
GENOMFÖRBARHETSSTUDIE E45.01



Illustration från detaljplanens planbeskrivning

VERSION 1.0 2017-12-08

UPPDRAGSNUMMER 2342863000

Innehållsförteckning

1	Bakgrund och syfte	1
2	Utförda utredningar	1
2.1	Trafikförslag och simuleringar av planerade åtgärder	2
2.2	Överdäckning av ramper och förändrade lastförutsättningar	3
2.3	Omgivningspåverkan med hänsyn till nya byggnader nära tunnel och tråg	6
2.4	Nya korsande ledningar	6
2.5	Tunnel- och brandsäkerhet med hänsyn till ändrad tunnellängd	7
2.6	Behov av ventilationstorn och samlokalisering med linbanetorn	8
2.7	Linbana över E45 som ett nytt trafikslag	9
2.8	Underlag för planläggning enligt vägplan	9
2.9	Övrigt	9
2.9.1	Planfrågor	9
2.9.2	Markåtkomst och servitut	9
3	Tidplan och kostnader	10
	Bilagor	11

Författare	Martin Swahn
Uppdragsledare	Javad Homayoun

1 Bakgrund och syfte

När Götatunneln invigdes år 2006 öppnades möjligheter att stadsutveckla och förtäta området mellan innerstaden och Göta Älv mellan Järnvågen och Lilla Bommen. Vid Järnvågen medförde Götatunneln minskade barriärer mellan Linnestaden och Masthugget och Göta Älv samt att stora områden frigjordes för exploatering. Framtagande av detaljplan för området kring Götatunnelns mynning vid Järntorget, kallad Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m.fl., pågår 2017.

Göteborgs Stad och Trafikverket har träffat ett medfinansieringsavtal där det bland annat ingår att ta fram en genomförbarhetsstudie för åtgärder till följd av detaljplanen. Genomförbarhetsstudien (även kallad GFS) ska pröva och jämföra olika utformningsalternativ. Studien ska svara på om de åtgärder som föreslås är tekniskt, säkerhetsmässigt, och ekonomisk genomförbara men inte vara så detaljerad att den beskriver hur åtgärderna genomförs.

Då detaljplanen berör den statliga infrastrukturen har Trafikverket bevakat arbetet och tillsammans med Göteborgs Stad kommit överens om studiens innehåll och detaljeringsgrad. Studiens resultat har redovisats kontinuerligt varje månad och resultat och slutsatser förankrats i Trafikverkets organisation.

Målet är att påvisa genomförbarheten för att parterna ska bli överens om vilka åtgärder som ska genomföras på den statliga infrastrukturen. Genomförbarhetsstudien ska vara klar under 2017 och är en förutsättning för detaljplanens antagande.

2 Utförda utredningar

Inom ramen för denna genomförbarhetsstudie har Göteborgs Stad och Trafikverket kommit överens om att studera följande områden:

- Trafikförslag och simuleringar av planerade åtgärder
- Överdäckning av ramper och förändrade lastförutsättningar
- Omgivningspåverkan med hänsyn till nya byggnader nära tunnel och tråg
- Nya korsande ledningar
- Tunnel- och brandsäkerhet med hänsyn till ändrad tunnellängd
- Behov av ventilationstorn och samlokalisering med linbanetorn
- Linbana över E45 som ett nytt trafikslag
- Underlag för planläggning enligt Vägplan
- Övrigt
 - o Planfrågor
 - o Markåtkomst och restriktioner

2.1 Trafikförslag och simuleringar av planerade åtgärder

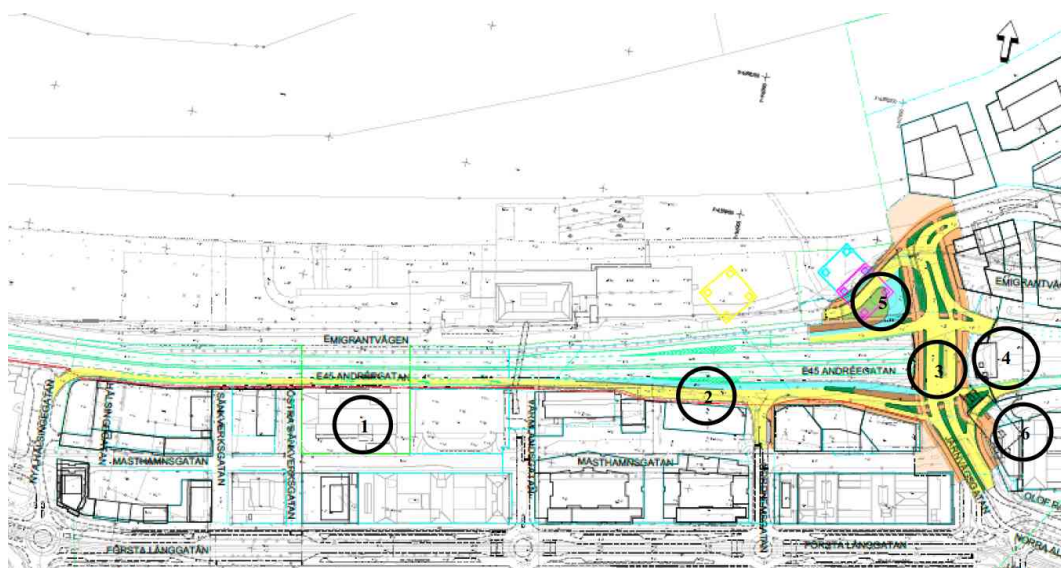
Genomförbarhetsstudien visar dels att föreslagna åtgärder uppfyller krav enligt VGU och dels att de inte inverkar negativt på trafiksäkerheten och framkomligheten på Oscarsleden. Som underlag för bedömningen av trafikförslagen har trafiksimuleringar av förslagen gjorts varpå förslagen har justerats och trimmats. Trafiksimuleringar har utförts med prognostiserad trafik för åren 2021, 2025, 2030 och 2040.

I samband med detaljplanens genomförande kommer vävningssträckor, signaler och kollektivtrafikhållplatser på det statliga vägnätet att påverkas dock utan att systemets funktion förändras.

Trafikförslag och slutsatser från trafiksimuleringar framgår av bilaga 1 samt kortfattat nedan.

Trafikförslaget berör i huvudsak följande delområden, som också redovisas geografiskt i Figur 1.

1. E45/Oscarsledens östgående körbana. På- och avfarten vid Östra Sänkverksgatan föreslås stängas och den befintliga betongbarriären kan därmed förlängas förbi korsningen. En ny påfart till E45 föreslås strax väster om Hälsingegatan kallad Nya Hälsingegatan. Utfarten till E45 vid fastigheten Masthugget 29:4 förblir oförändrad.
2. Avfartsramp från väster. Separata körfält för busstrafiken, nytt läge för busshållplats med utrymme för fler bussar samt förändringar av körfälten på avfartsrampen. Även huvudalternativ respektive reservalternativ för linbanestationens läge behandlas.
3. Järntorgsmotet och Järnvågsgatan. I princip signalreglerat som i nuläget men med utökning och breddning av gångbanor och cykelbanor, trafiksäkra passagemöjligheter för gång- och cykeltrafiken, signalprioritering av busstrafiken från väster samt körfälts- och trafiksignalförändringar (se även punkt 4).
4. Ramper till och från Götatunneln. Möjliga lösningar för att hantera köer i avfartsramp vid normal drift samt vid eventuell brand. Krav på detektering och på utrymmen över körbanan för vägvisning, belysning och ventilationsanläggning. Även storlek och placering av cykelparkering över tunneltaket berörs.
5. Busshållplatser nordväst om motet. Ny reglerhållplats för linjebussar mellan Emigrantvägen och påfartsrampen mot Oscarsleden. Busshållplats vid påfartsrampen förlängs, befintligt antal körfält på Emigrantvägen bibehålls.
6. Linbanestation vid Folkets hus. Tillgänglighet för gång- och cykeltrafiken samt utrymmen för fundament.



Figur 1 Trafikförslag, områden med förändringar markerade

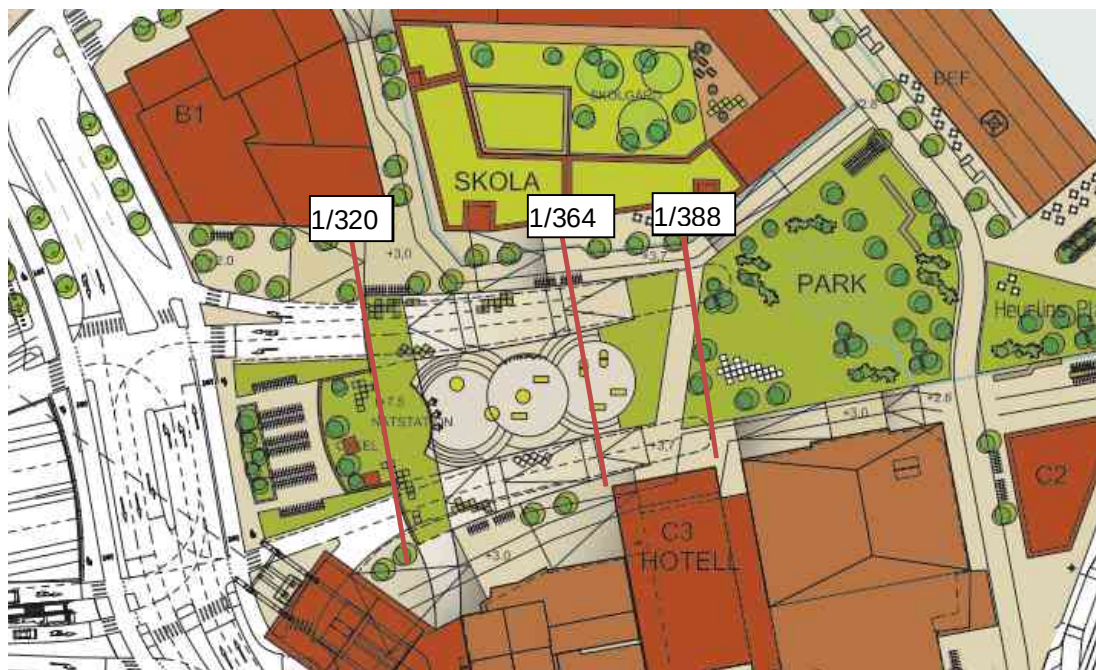
2.2 Överdäckning av ramper och förändrade lastförutsättningar

Studien påvisar att de föreslagna åtgärderna innebär laster och påkänningar som befintlig huvudtunnel och befintliga ramptunnlar är dimensionerade för. Studien visar vidare att de tråg som ska överdäckas i huvudsak klarar den nya belastningen. För delar av den södra påfartsrampen (ca 45 meter) innebär förslaget att en ny grundmur behöver anläggas för att rampen ska kunna överdäckas. En detaljerad redovisning av studien framgår av bilaga 2 med en sammanfattning nedan.

Föreslagen åtgärd innebär i huvudsak att befintlig avfartsramp för västgående trafik (norr om tunneln) och påfartsramp för östgående trafik (söder om tunneln) däckas över. Det betyder i praktiken en förlängning av de norra respektive södra avfartstunnlarna med cirka 80 respektive 70 meter. Fri höjd ordnas i tunnelramperna genom att tillse att ramperna har samma eller högre fri höjd än befintliga ramper. Fri höjd anpassas till kommande utrustningar i form av brandgasfläktar, brandbekämpningssystem och vägvisning. Ovanför Götatunneln planeras i huvudsak ett parkområde. Ovan tunneln, öster om korsningen med Järnvågsgatan och mellan ramptunnlarna planeras både teknikutrymmen och cykelgarage.

Föreslagna åtgärder inom detaljplanen omfattar området på och invid Götatunneln. Förändringen kommer att påverka Götatunneln genom delvis nya och högre belastningar. Befintlig avfartsramp för västgående trafik och påfartsramp för östgående trafik (söder om tunneln) däckas över genom att befintliga väggar förlängs och förses med tak. På huvudtunnel utformas överdäckningen med en bottenplatta på Götatunnelns befintliga

ramhörn, då dubbning i Götatunneln här anses olämpligt. Anslutning mellan bottenplatta och överdäckningens vägg utformas som en betongled. Detta för att tillkommande laster ska centreras över Götatunnelns ramben.

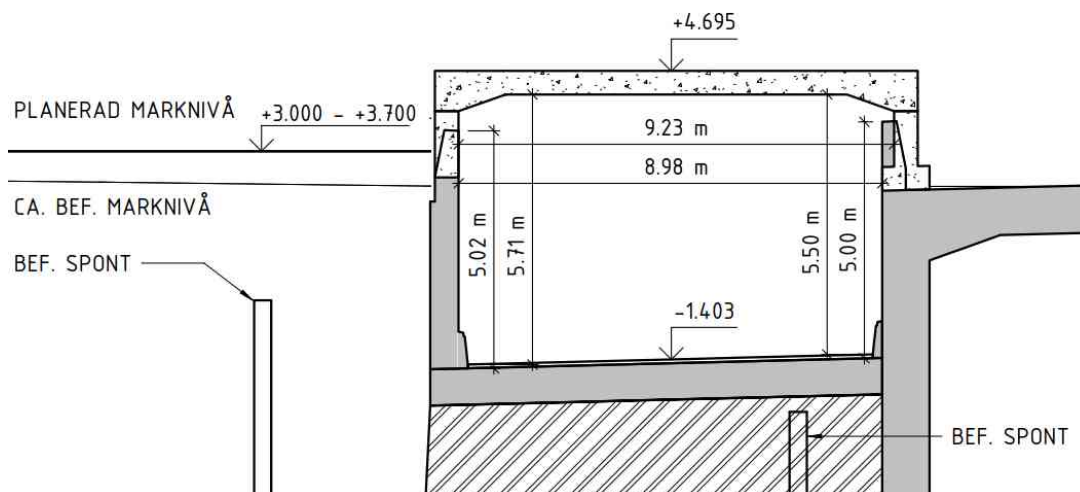


Figur 2 Planförslag med sektionsmarkeringar

På- och avfartsramperna till Götatunneln föreslås däckas över från sektion 1/320 och österut fram till dagens ramptunnlar, se Figur 2. Spännvidderna varierar mellan ca 10 och 15 meter.

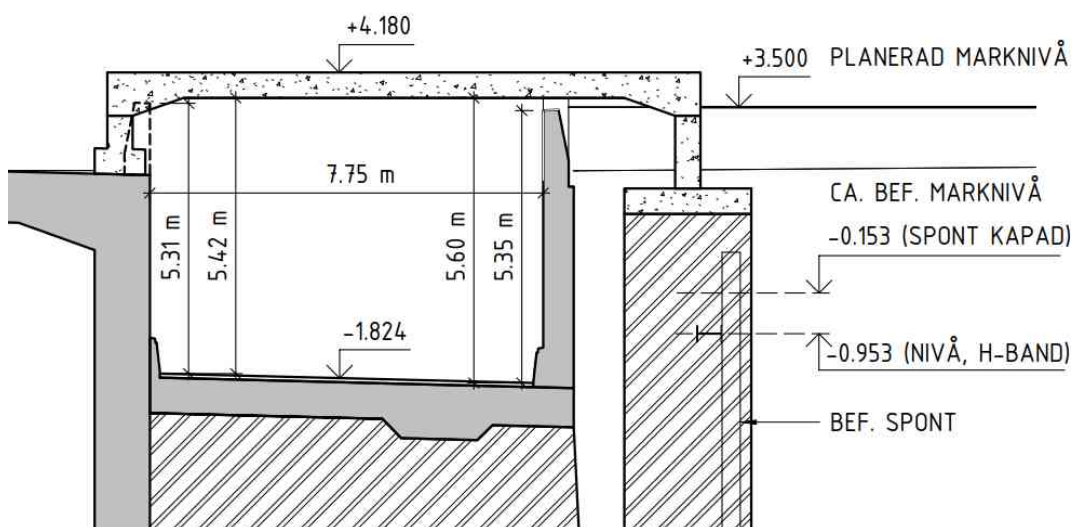
Från sektion 1/320 och österut är tunnel- och norra rampens norra trågväggdimensionerade för att bära ytterligare last. De södra rampväggarna däremot klarar inte en tillförd belastning av överdäckning mellan sektion 1/320 och 1/364 medan befintliga konstruktioner kan byggas på från sektion 1/364 fram till befintlig ramptunnel i sektion 1/388.

I de sektioner som redan är förberedda (i sin grundläggning) kommer befintliga trågväggar att förlängas och rampen förses med ett tunneltak, se Figur 3. I sektion 1/328, på norra sidan av Götatunnelns huvudrör, kröker väggen i sin längsgående utbredning för att möjliggöra en tillträdesficka till driftutrymme 1 (DU1). I denna sektion utförs en dilatationsfog i överdäckningen för att undvika tvång i konstruktionen på grund av krökningen. Konstruktionerna utförs som betongkonstruktioner.



Figur 3 Sektion 1/364 norra rampen

För den södra rampens västra delar mellan sektion1/320 och 1/364 behövs en ny bärande stomlinje söder om befintlig trågvägg. Överdäckningen vilar därmed dels på befintlig tunnelvägg och dels på en ny pålgrundlagd vägg strax söder om befintlig trågvägg, se Figur 4.



Figur 4 Sektion 1/364 södra rampen

Det finns kapacitet att ovanför ramptunneltaken anlägga en gräsmatta med maximal jorddjup ca 0,4 meter. Kapaciteten ökar öster ut längst rampen (högre sektionsnummer). Fortsatt projektering bör klargöra den exakta utformningen ovanför ramptunnlarna.

Ovanför huvudtunneln planeras i huvudsak ett parkområde. Marknivåerna för parken anpassas till gällande restriktioner och höga marknivåer utförs genom lastkompensation (lättfyllning). Parken utförs i huvudsak med lägre vegetation. I de områden där träd föreslås behöver ytterligare skyddsåtgärder vidtas.

Ovan tunneln, öster om korsningen med Järnvågsgatan och mellan ramptunnlarna planeras både teknikutrymmen och cykelgarage. Dessa byggnaders stomlinjer och belastning anpassas så att maximalt tillåten belastning på Götatunneln inte överskrids. Öster om sektion 1/320 anpassas taket på teknikutrymmena med fördel till ramptunneltaken för att skapa en sammanhängande yta. Planerad bebyggelse är därmed möjlig att genomföra, projektering och framtagning av konstruktionsritningar återstår.

2.3 Omgivningspåverkan med hänsyn till nya byggnader nära tunnel och tråg

Marken inom planområdet anses vara relativt sättningsbenägen och det pågår vissa sättningar inom området idag. Götatunneln är en pålad konstruktion och tillkommande överdäckning med ny grundläggning kommer också att utföras på grundlagd.

Alla nya byggnader och tyngre konstruktioner inom planområdet kommer att behöva på grundläggas på grund av den sättningskänsliga leran. De geotekniska risker som föreligger vid byggande i nära anslutning till Götatunneln är framförallt risk för skador på pålar (sidoförskjutning och/eller böjning) samt risk för vattenläckage orsakade av rörelser i tunnelelement. Dessa risker bedöms vara små men behöver hanteras i kommande skeden. En beskrivning av risker och möjliga åtgärder framgår av bilaga 3 med en sammanfattning av slutsatserna nedan.

För att reducera effekten av massundantågande arbeten, vilket kan orsaka skador på befintliga anläggningar och installationer till följd förskjutningar i marken (såväl vertikala rörelser som hävning/sättning), erfordras vissa åtgärder/tillvägagångssätt och kontroller. I samband med projekteringen upprättas ett kontrollprogram som beskriver metoder för hur grundläggning skall utföras, hur de ska kontrolleras samt vilka åtgärder som skall vidtas om rörelserna blir större än fastställda åtgärds- och stoppnivåer. Trafikverket kommer att vara remissinstans för kontrollprogrammet och informeras om eventuella larmgränser överskrids.

2.4 Nya korsande ledningar

Inga större ledningsstråk redovisas i detaljplanen. Staden kommer att skaffa sig ledningsrätt via servitut och avtal där behov uppstår i framtiden.

Om byggnad öster om Draken byggs behöver en gasledning flyttas, ledningen korsar Götatunnelns tak.

2.5 Tunnel- och brandsäkerhet med hänsyn till ändrad tunnellängd

I samband med rampernas överdäckning föreslås en rad säkerhetshöjande åtgärder. Totalt sätt bedöms överdäckningen inte ha en negativ påverkan på tunnelsäkerheten förutsatt att föreslagna åtgärder genomförs. Bland annat föreslås de överdäckade ramperna förses med brandbekämpningssystem (sprinklersystem) samt en förbättrad funktion för kö- och incidentdetektering. Dessutom förses ramptunnlarna med brandgasfläktar och kompletteras med nya nödskåp, utrymningsskyltning, kommunikationssystem och övervakningssystem enligt samma koncept som i den befintliga tunneln. Inga särskilda åtgärder behövs för att uppfylla krav på utrymning. En detaljerad redovisning av studien med genomgång av krav enligt tunnellagen samt föreslagna åtgärder i anläggningen framgår av bilaga 4.

I sammanhanget noteras att Trafikverket kommer att förse Götatunneln med ett brandbekämpningssystem (sprinklersystem) med start under hösten 2017. Formell ansökan till Transportstyrelsen för denna förändring och eventuell säkerhetsdokumentation sker efter byggstart. Efter utbyggnad förväntas anläggningen få godkänt säkerhetsdokumentation enligt tunnellagen, eftersom åtgärderna totalt sett förbättrar tunnelsäkerheten.

För att säkerställa säkerhetsaspekterna avseende direkt solljus mot trafikanter i avfartsrampen har simuleringar utförts. Resultaten visar att direkt solljus för stora delar av rampen (för positioner 1 till 8, se Figur 5) minskar påtagligt genom anläggandet av ramptak. För den nya ramptunnelmynningen (positionerna 9 till 12) är det en mycket liten förändring i mängden direkt solljus med tak jämfört med utan tak. De direkta antalet solljustimmar ökar i den nya ramptunnelmynningen jämfört med den gamla medan det totala antalet timmar av direkt solljus i uppfartsrampen minskar efter överdäckning.

Kraven på belysning uppfylls genom att de förlängda ramptunnlarna förses med belysning i tak och på väggar enligt samma koncept som i den befintliga tunneln.



Figur 5 Beräkningspunkter för solljusutredning.

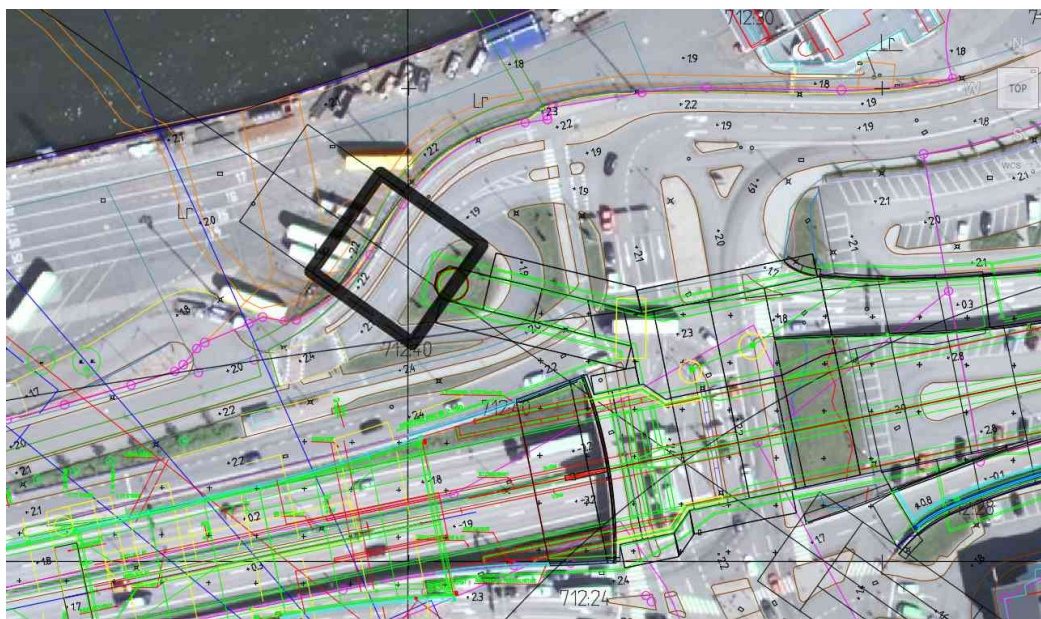
2.6 Behov av ventilationstorn och samlokalisering med linbanetorn

Analys av utomhusmiljön visar att en stor del av tunnel luften behöver ventileras bort för att uppnå luftkvalitetskrav för i detaljplanen föreslagna bebyggelse. Detaljerad beskrivning av simuleringar och dess slutsatser framgår av bilaga 5.

Befintligt driftutrymme kommer därmed att behöva nyttjas för att ventileras bort stora delar (cirka 95%) av tunnel luften. Ett framtida ventilationstorn förväntas behöva vara cirka 20–30 meter högt och samlokaliseras med intilliggande linbanetorn som ingår i föreslagna plan. Dessutom behöver avfartsramptunneln förses med impulsfläktar för att säkerställa att tunnel luften kan ventileras ut via driftutrymme 1 och ventilationstorn och inte riskerar att läcka ut via tunnelavfarten. En beskrivning av föreslagna åtgärder för Götatunneln framgår av bilaga 6.

Utformning av tänkt linbanetorn kräver en samlokalisering av ventilationstorn och linbanetorn, se Figur 6. Det planerade ventilationstornet bör integreras i linbanetornet vilket kräver en viss ombyggnad av den del av ventilationskulverten som berörs av linbanetornets grundläggning. Möjliga alternativ och dess konsekvenser framgår av bilaga 7.

Åtgärderna är tekniskt möjliga men eftersom det saknas information om linbanans torn kan detaljerna kring en samlokalisering inte specificeras inom ramen för genomförbarhetsstudien.



Figur 6 Ortofoto över Götatunneln och driftutrymme 1 samt planerat läge för linbanetornet

2.7 Linbana över E45 som ett nytt trafikslag

Planerad linbana har bedömts inte påverka väg E45 direkt. En riksinventering har tagits fram av Göteborgs Stad i samråd med Trafikverket som behandlar hittills identifierade risker och förslag på hantering av dessa. Riskinventeringen framgår av bilaga 8.

Ett avtal kommer att skrivas mellan Trafikverket och Göteborgs Stad avseende rätt att förlägga linbana över väg och järnväg. Bedömningen görs att detta avtal inte behöver vara klart innan planen går till antagande.

2.8 Underlag för planläggning enligt vägplan

Ett underlag för den fysiska planläggningen enligt väglagen togs fram under 2017. I underlaget provas överdäckning av tunnelramper som inte bedöms innebära byggande av väg varpå formaliserad fysisk planläggning ej krävs.

Ställningstagandet – Ej byggande av väg för planerade överdäckningar av Götatunnelns på- och avfartsramper vid Järnvågen i Göteborgs stad ligger i december 2017 för beslut. Ett utkast till ställningstagandet framgår av bilaga 9.

2.9 Övrigt

2.9.1 Planfrågor

Trafikverket kommer att skriva avtal med Göteborgs Stad om ansvar, utförande och finansiering av föreslagen överdäckning. Befintliga avtal med restriktioner över och kring Götatunneln kompletteras med anledning av överdäckning av tunnelramper.

Gällande vägplan medger överdäckning av avfartsramp och cirka halva påfartsrampen. Överdäckningen kommer därför att delvis hamna utanför befintlig vägplanegräns men inom detaljplan som medger trafik. Mark kommer att behöva tas från kommunens fastighet. Avtal om frivillig överenskommelse om markåtkomst kommer att skrivas med Göteborgs Stads Fastighetskontor. Övriga mark som behövs för överdäckning ägs av Göteborgs Stad. Linbanans anslutning till Folkets Hus bedöms inte påverka överdäckningen. Befintliga fastigheter kommer att påverkas av föreslagna åtgärder men bedömningen görs att detta inte görs på ett påtagligt sätt.

2.9.2 Markåtkomst och servitut

Trafikverket och Göteborgs Stad arbetar för att ta fram ett avtal som reglerar markrätt och servitut. Det finns ett befintligt gränssnitt mellan det kommunala och det statliga driftansvaret som kan behöva uppdateras så snart parterna har träffat avtal. Eventuella restriktioner anges i samband med tecknandet av detta avtal.

3 Tidplan och kostnader

Tidsplanering av planens genomförande pågår under 2017. Det står dock klart att överdäckningen bör utföras som en av de första åtgärderna i syfte att minimera riskerna under byggtid, utföra arbeten logistiskt i rätt ordning och frigöra utrymmen för etablering. I samband med anläggandet av överdäckning bör även åtgärder kopplade till installationer utföras (ventilation, sprinkler, detektering, skyltning och signalering).

En preliminär tidplan för projektering, upphandling och genomförande av rampernas överdäckning baserat på ett genomförande år 2018 har tagits fram, se bilaga 10. Överdäckningen av ramperna kommer dock inte att genomföras under 2018.

Normal utbyggnadsordning för föreslagna trafikåtgärder är att infrastrukturen, gator och ledningar byggs först och därefter sker utbyggnader på kvartersmark (byggnader och markanläggningar). Erforderliga och/eller önskvärda etapputbyggnader och deras konsekvenser analyseras behöver klarläggas i fortsatta utredningar i samråd mellan berörda parter.

Uppförande av ventilationstorn kommer att planeras inom planens genomförandetid. Ventilationstorn bör vara uppfört och i drift innan inflyttning av de kvarter som berörs av tunneln och inte klarar miljö kvalitetskraven utan tunnelventilation.

Kostnaderna för de föreslagna åtgärder som berör det statliga vägnätet direkt eller indirekt (se uppdelning nedan) bedöms uppgå till cirka 160 miljoner kronor exklusive kostnader för uppförande av ventilationsanläggning för Götatunneln. Kostnaderna är fördelade enligt Tabell 1 där generella osäkerheter respektive byggherrekostnader ingår med 15% vardera. En mer detaljerad kostnads kalkyl enligt Trafikverkets mall framgår av bilaga 12.

Tabell 1; Anläggningskostnader

Del	Anläggnings kostnad
1 Åtgärder i den statliga infrastrukturen	
1a. Ombyggnad av E45.01 av- och påfartsramp inkl. överdäckning och installationer vid Järntorgsmotet	130 MSEK
1b. Kollektivtrafikåtgärder vid Järntorgsmotet	8 MSEK
2. Ombyggnad av det statliga vägnätet som är föranledd av detaljplanen	2 MSEK
3. Ombyggnad av det kommunala vägnätet som är föranledd av detaljplanen	20 MSEK
Summa anläggningskostnad	160 MSEK

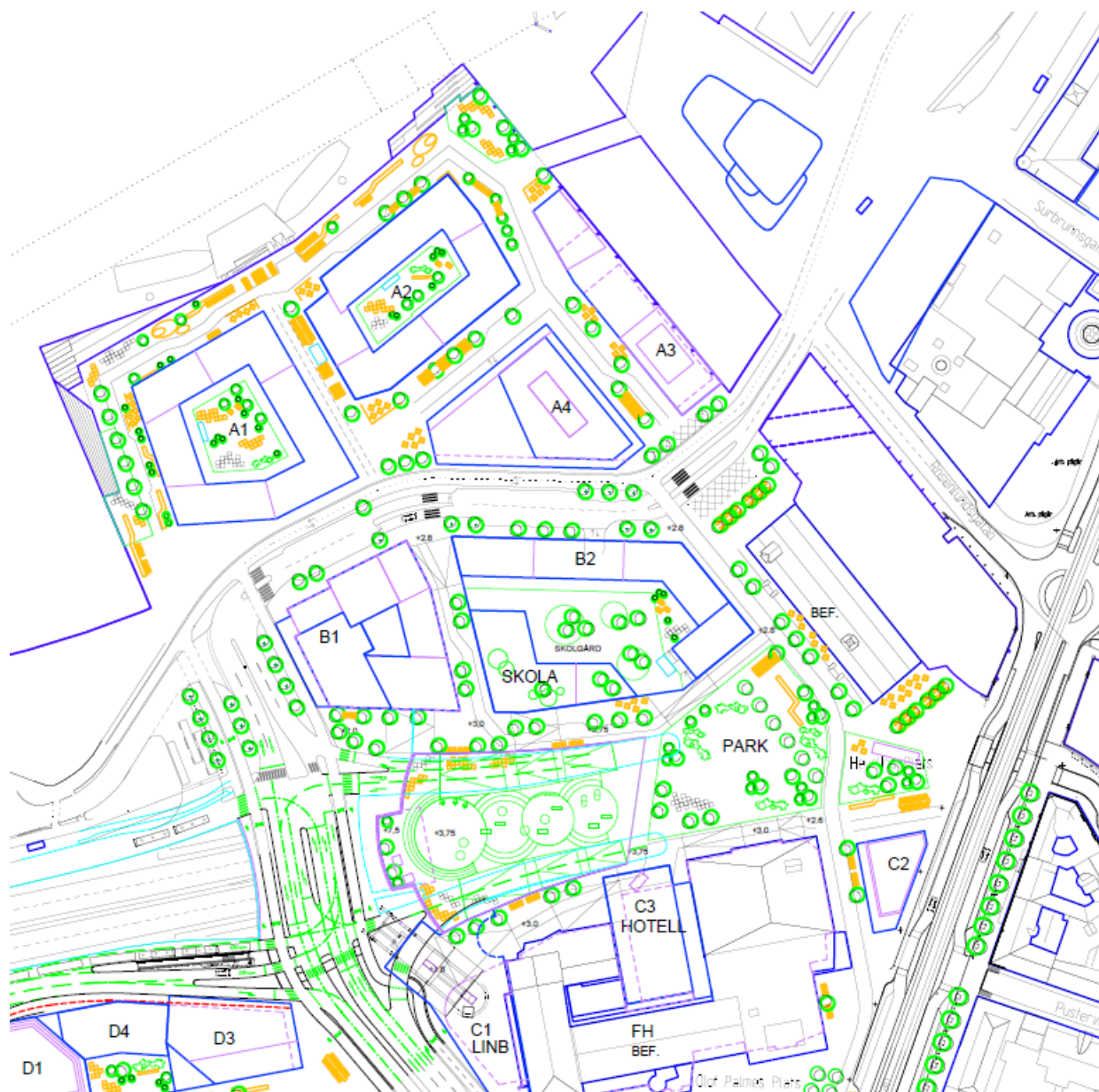
10(11)

GENOMFÖRBARHETSSTUDIE E45.01

VERSION 1.0 2017-12-08

Bilagor

1. Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag (Koncept)
Utformning av Järntorgsmotet inklusive ramper till och från väg E45 samt anslutande gator, TKDnr: 2239/13, daterad 2017-10-27
2. Rapport – Byggnadstekniska förutsättningar för detaljplan Järnvågen, Nr 2342863102, revidering A, daterad 2017-11-28
3. PM - Järnvågen - Riskhantering Götatunneln – risker samt beskrivning av möjliga åtgärder, Nr 1451220160, daterad 2017-06-05
4. PM Tunnelsäkerhet - Överdäckning av Götatunnelns ramper vid Järntorgsmotet, daterad 2017-11-30
5. Underlagsrapport Luftkvalitetsutredning till detaljplan för Järnvågsgatan m fl inom stadsdelen Masthugget, A096695 daterad 2017-06-28 samt tillhörande tillägsrapport version 2, daterad 2017-12-05
6. Underlagsrapport Beräkningar avluftsventilation vid Götatunnelns västra mynning, A096695, version 2 daterad 2017-12-04
7. PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet, daterad 2017-08-08
8. Rapport-Risikinventering Linbana, daterad 2017-06-22
9. Utkast Ställningstagandet – Ej byggande av väg för planerade överdäckningar av Götatunnelns på- och avfartsramper vid Järnvågen i Göteborgs stad, daterad 2017-12-08
10. Utbyggnad överdäckning av ramper - preliminär tidplan, daterad 2017-10-01
11. Kostnadskalkyl Järnvågen, åtgärder som påverkar statliga vägnätet, daterad 2017-12-05



**Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan
m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag**
**Utformning av Järntorgsmotet inklusive ramper till och från väg E45
samt anslutande gator**

**Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl
(Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag**

**Utformning av Järntorgsmotet inklusive ramper till och från väg E45
samt anslutande gator**

Underlagsutredning till granskningshandling av detaljplan

2017-10-27 Koncept

TKDnr: 2239/13

Medverkande:



Göteborgs Stad
Trafikkontoret

Beställare:

Trafikkontoret Göteborgs Stad
Box 2403
403 16 GÖTEBORG
Vxl 031-368 00 00

Kontaktperson:

Daniel Sjölund

Norconsult 

Konsult:

Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg
031-50 70 00
xx.xx@norconsult.com

Uppdragsansvarig:

Karin Gamberg/Jörgen Knutsson

Handläggare:

Tove Andersson, Erland Kjellson,
Ebbe Spjuth, Fredrik Svensson

Underkonsulter:

Torgil Otterdahl, Jonas Sparthan

Innehållsförteckning

1	Bakgrund, syften och avgränsningar	5
1.1	Detaljplanen, samråd.....	5
1.2	Syften och mål.....	7
1.3	Avgränsningar, behandling av alternativ, linbanestationens läge. Trafiksimuleringar	8
2	Förutsättningar	10
2.1	Samhällspåverkande faktorer	10
2.1.1	Trafiksystem.....	10
2.1.2	Trafikdata. Trafiksimuleringar	16
2.1.3	Tillgänglighet och framkomlighet	21
2.1.4	Trafiksäkerhet	22
2.2	Tekniska faktorer	22
2.2.1	Kablar och ledningar samt belysning.....	22
2.2.2	Mark- och byggnadsfrågor	23
3	Trafikförslag.....	24
3.1	Allmänt	24
3.2	Dimensioneringsförutsättningar	24
3.3	Avfart Oskarsgatan.....	27
3.4	Påfart Nya Hälsingegatan, stängning av Östra Sänkverksgatan	27
3.5	Avfart från Oscarsleden i väster till Järntorgsmotet.....	28
3.5.1	Huvudalternativ för linbanestationens läge. Trafiksimuleringar	28
3.5.2	Reservalternativ för linbanestationens läge. Trafiksimuleringar	31
3.6	Järnvågsgatan – korsning Järntorgsmotet	32
3.7	Överdäckning av tunnelramper	33
3.8	Avfartsramp från tunneln. Trafiksimuleringar	34
3.9	Cykelparkeringsanläggning.....	37
3.10	Emigrantvägen, regleringsyta och busshållplats vid påfartsrampen mot väster. Trafiksimuleringar	37
3.11	Linbanestation	39
3.12	Belysning.....	39
3.13	Byggskede.....	40

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

3.14	Befintliga ledningar	40
4	Konsekvenser av trafikförslaget.....	41
4.1	Samhällspåverkande faktorer	41
4.1.1	Trafiksystem.....	41
4.1.2	Trafikdata.....	41
4.1.3	Tillgänglighet och framkomlighet. Trafiksimuleringar	41
4.1.4	Trafiksäkerhet	42
4.2	Tekniska faktorer	42
4.2.1	Kablar och ledningar samt belysning.....	42
5	Kostnader	43
6	Bilagor	43



Figur 2 Avgränsning av detaljplaneområdet.

karaktär, med hög täthet och goda kopplingar till omgivande delar. Stråket från Linnégatan föreslås förlängas ned mot vattnet genom att skapa en tydlig koppling över Järntorget och vidare ner mot älven.

Området består idag till stor del av hårdgjorda ytor där biltrafiken dominerar stadsbilden i form av vägar och stora parkeringsytor. Ett program har tagits fram för området, Program för Norra Masthugget, antaget 19 juni 2012.

Detaljplanen medger uppförande av cirka 1 200 bostäder (118 900 kvm) samt 149 600 kvm verksamheter. Planen medger även bland annat förskola, högstadieskola, tre parkeringsanläggningar, läge för linbanestation, park och en vårdcentral.

Masthuggskajen ska bli en stadsdel där cykel och gående prioriteras och där det ska vara lätt att välja att leva utan bil i vardagen. Läge för linbanestation medges i planhandlingarna vilket möjliggör ett nytt kollektivtrafikmedel i staden. Stationsläget medges i två kvarter, med ett huvudalternativ vid Folkets Hus och ett reservalternativ i östra delen av Masthamnsgatan, i och med att beslut om stationsläget inte är taget under granskningsskedet.

Den valda principen är att försöka ändra så lite som möjligt vad gäller befintlig trafikstruktur för av- och påfart till E45/Oscarsleden.

Emigrantvägen föreslås få en ny sträckning vilken innebär bättre möjligheter för kvarterutformningarna norr om Götatunneln. Första Långgatan får en mer stadsmässig karaktär och Masthamnsgatan föreslås få ett stråk med låg intensitet, med dämpad karaktär med möjlighet för möten.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	--	----------------

Samråd om detaljplanen, Trafikverkets synpunkter

Detaljplanen var utställd för samråd under juni-augusti 2015. Yttranden över detaljplanen inkom från Länsstyrelsen, Trafikverket m fl statliga myndigheter, från kommunala nämnder och politiska partier, från föreningar och organisationer, samt från enskilda. Inkomna synpunkter har sammanställts i en samrådsredogörelse som kommer att ingå när planen ställs ut för granskning.

Trafikverket är den instans som främst redovisat synpunkter på och kritik mot trafikfrågornas behandling i detaljplaneförslaget. De kritiska synpunkterna gäller framförallt de valda dimensionerande trafikförutsättningarna; den kapacitet Järntorgsmotet får med den föreslagna lösningen vilket kan medföra problem med säkerhet och framkomlighet på avfartsrampen från Götatunneln; utformningen av avfartsrampen från väster inklusive eget körfält för busstrafiken som inte klarar gällande krav på trafiksäkerhet; samt Trafikverkets förvaltningsgräns.

1.2 Syften och mål

En trafikutredning utförs och ett trafikförslag upprättas för följande delar av detaljplaneområdet: berörda delar av Oscarsleden/väg E45 inklusive av- och påfartsramperna i Järntorgsmotet från väster respektive från Götatunneln; gatuanslutningar från söder till Oscarleden; Järntorgsmotet inklusive anslutande gator från Järntorget i söder och från Skeppsbron i norr; samt ett område nordväst om Järntorgsmotet vid Emigrantvägen (se översikt av utredningsområdet i *figur 11 i kap 3.1*).

Trafikutredningen med trafikförslag har följande huvudsyften:

- Att redovisa ett väg- och gatunät som motsvarar detaljplanens intentioner att ge området en hög tillgänglighet, att prioritera framkomligheten för gång- och cykeltrafik och även busstrafik före biltrafikens framkomlighet, samt att säkerställa en hög trafiksäkerhet för alla trafikslag.
- Att redovisa en utformning av berörda delar av Oscarsleden inklusive anslutande ramper och gator, som ger hög tillgänglighet och trafiksäkerhet för såväl buss- som biltrafiken, ger hög framkomlighet för busstrafiken, minimerar riskerna på grund av köande trafik på avfartsrampen från Götatunneln, samt ger en tillfredsställande framkomlighet för den genomgående vägtrafiken på Oscarsleden. Kraven i *Vägars och gators utformning, VGU*, skall uppfyllas.
- Att redovisa lösningar som ger en hög tillgänglighet för gång- och cykeltrafikanter till en linbanestation placerad i Folkets hus närmast Järnvågsgatan, samt tillgodose kraven på utrymmen för linbanans fundament. Komplettering och revidering kan senare bli aktuellt beträffande frågor kopplade till diskussionen om placering av linbanestation.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	--	----------------

1.3 Avgränsningar, behandling av alternativ, linbanestationens läge. Trafiksimuleringar

Denna trafikutredning och detta trafikförslag omfattar Järntorgsmotet med ramper till och från väg E45, d v s Götatunneln i öster och Oscarsleden i väster, samt anslutande gator. Avfartsrampen från Oscarsleden studeras inom detaljplaneområdets hela längd med hänsyn till att rampen där påverkas av flera anslutande lokalgator. Frågor kring säkerheten gör att även avfartsrampen från Götatunneln studeras på en längre sträcka. Några framtida förändringar av trafiken vid Järntorget har inte förutsatts.

Några egentliga alternativ till det nu redovisade trafikförslaget har inte studerats i utredningen. Ett framtida nollalternativ – i vilket inga förändringar genomförs av den nuvarande utformningen av Järntorgsmotet, av- och påfarterna till Oscarsleden m m – har inte behandlats. Ett nollalternativ skulle stå i strid med detaljplanens förslag såväl till gatunät norr och söder om motet som till nya byggnader. Vidare erhålls i ett nollalternativ inga av de önskade förbättringarna av tillgänglighet, framkomlighet och säkerhet för gång-, cykel- och busstrafiken.

Alternativa utformningar har inte utretts närmare. Vad avser Järntorgsmotet analyserades i ett tidigt skede den i samrådshandlingens illustrationskarta redovisade lösningen: en form av cirkulationsplats kompletterad med signalreglering av vissa korsningspunkter. Det klarlades då att denna lösning inte är möjlig inom det utrymme som finns tillgängligt på bron över Oscarsleden – de geometriska förutsättningarna medger inte en fungerande cirkulationsplatslösning. För ett gatuavsnitt, Emigrantvägens anslutning från norr till Järntorgsmotet, redovisas ett möjligt utformningsalternativ (se kap 3.10).

Trafikförslaget har alltså utgått från nuvarande principiella utformning, men innebär inte ett framtida nollalternativ. Järntorgsmotets befintliga utformning har utvecklas på ett avsevärt antal punkter, främst så att gångbanor och cykelbanor ges ökade utrymmen och trafiksäkra passagemöjligheter. Bussavfarten från väster går på eget körfält med ökad kapacitet, säkerhet och framkomlighet som följd. Motets signalreglering utformas så att längre köer på avfartsrampen från Götatunneln kan undvikas.

Alternativa placeringar av linbanestationen

Trafikkontoret, Västtrafik m fl har utvärderat sex tänkbara lägen för en linbanestation i närheten av Järntorget, därav är fyra placerade i eller i anslutning till planområdet. Ytterligare bedömningar och analyser har gjorts efter att detaljplanen varit ute på samråd. De har resulterat i att det bästa läget för linbanestationen är i anslutning till och nordväst om Folkets hus, vid Järnvågsgatan. Detaljplanearbetet har utgått från detta läge som ett **huvudalternativ**, och denna förutsättning gäller även i föreliggande utredning.

I och med att beslut om linbanestationens läge ännu inte har fattats, främst på grund av att staden inte vet om alla de som yttrat sig accepterar läget vid Folkets Hus, ger dock detaljplanen möjlighet för ytterligare ett läge: i norra delen av

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	--	----------------

kvarteret mellan Nordhemsgatan och Järnvågsgatan, vid avfartsrampen från Oscarsleden. Detta **reservalternativ** innebär minskad utrymme för avfartsrampen till Järntorgsmotet. I utredningen har en möjlig utformning av avfartsrampen i reservalternativet tagits fram och gjorts trafiksimuleringar för.

Trafiksimuleringar

För några av de i kapitel 3 redovisade åtgärdsförslagen hänvisas till att frågorna måste studeras mer ingående med hjälp av trafiksimuleringar. Sådana har utförts av Trafikkontoret, med ÅF som konsult och under medverkan av Ramböll vad avser trafiksignaler. Förutsättningar för och resultat från trafiksimuleringarna redovisas i ett PP-dokument, "Järnvågen – Trafiksimulering" (Robin Hjalmarsson/Johan Hallberg, ÅF, 2017-10-25), och har även erhållits vid muntliga föredragningar och via mejl.

Trafiksimuleringarna utgår från trafikdata enligt föreliggande rapport, men med viss komplettering av nuvarande trafikmängder och förändrade förutsättningar för trafikprognoser. Resultaten från simuleringarna har medfört vissa justeringar av utformningen av Järntorgsmotet, dessa redovisas i kapitel 3 Åtgärdsförslag under respektive del av motet.

Alla tillägg beträffande trafiksimuleringar nedan i rapporten är markerade med röd stil. Bifogade planritningar är reviderade med hänsyn till resultaten från trafiksimuleringarna.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx		

2 Förutsättningar

2.1 Samhällspåverkande faktorer

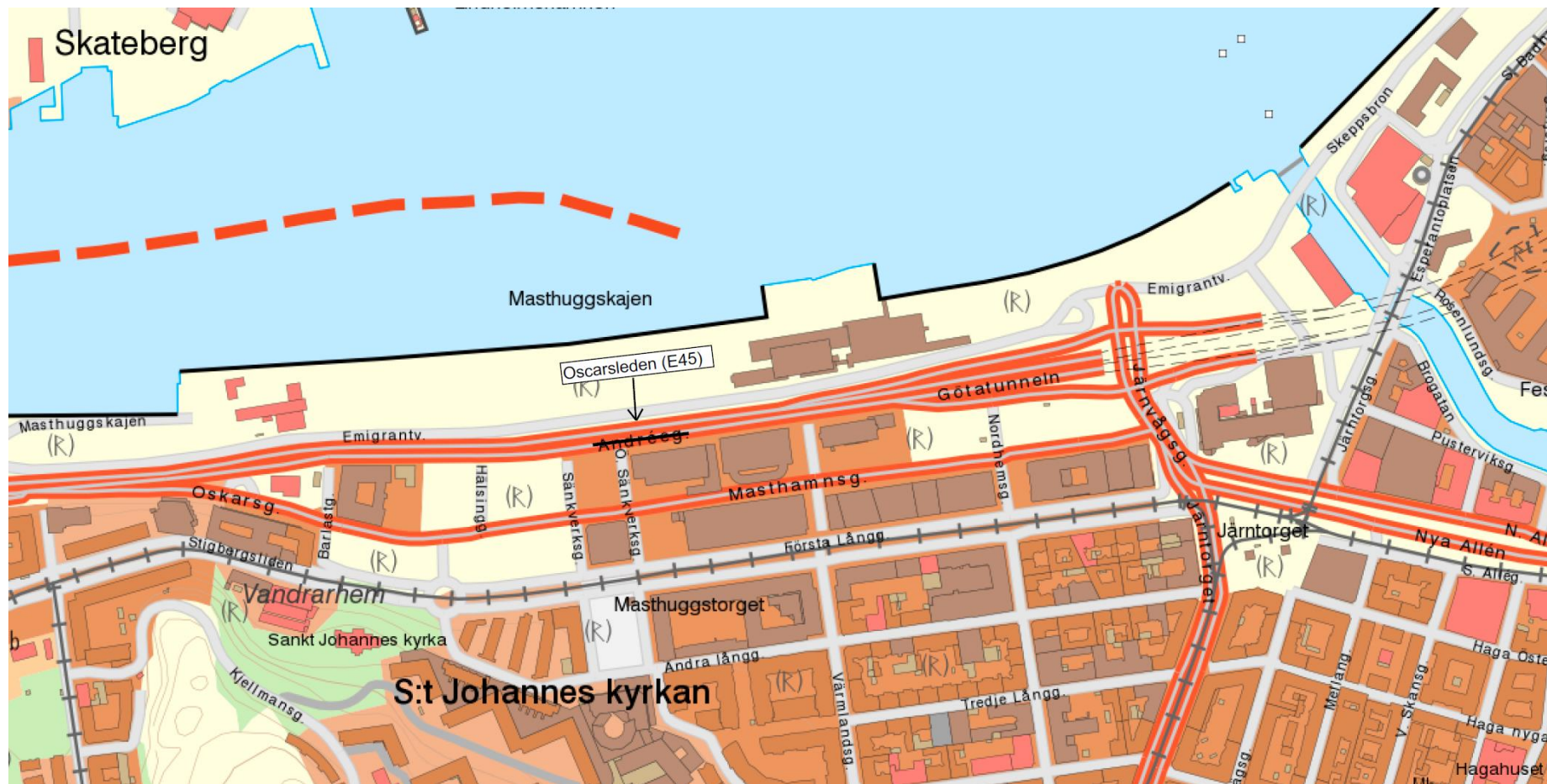
2.1.1 Trafiksystem

En översikt av vägar och gator inom utredningsområdet redovisas i *figur 3*.

Järntorgsmotet med ramper till och från Oscarsleden respektive Götatunneln har viktig funktion för alla de fyra trafikslagen gång, cykel, buss och bil. Utredningen omfattar även Oscarsleden västerut med anslutande gator, här går linjebussar och biltrafik. För varje trafikslag redovisas nedan med figurer samt korta texter dagens trafiksystem (med *blått*) och de förändringar (med *rött*) som det framtida trafiksystemet innebär (observera att det framtida trafiksystemet här är en *förutsättning* för utredningsförslaget, inte en *konsekvens* av detta). Figurerna har formen av skelettbilder, de visar alltså inte precisa lägen för olika trafikstråk, deras bredder, antal körfält etc. Sist i detta avsnitt redovisas omledningsväg för E45-trafiken samt gränsen mellan kommunens och Trafikverkets förvaltningsansvar.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx



Figur 3 Översikt av området med gatunamn

Gångtrafik – se figur 4

Den i nuläget viktigaste gångförbindelsen genom Järntorgsmotet går i nord-sydlig riktning, på motets västra sida. Till denna förbindelse ansluts gångvägar åt väster till busshållplats längs avfartsrampen från Oscarsleden respektive längs påfartsrampen mot Oscarsleden. På motets östra sida finns gångväg bara delvis utbyggd. Vidare finns gångbanor längs Emigrantvägen österut mot Skeppsbron.

Trafikförslaget utgår från att det skall finnas gångbanor i nord-sydlig riktning på motets båda sidor. Gångbanorna skall ges ökad bredd och vara tydligt åtskilda från cykelbanor som går parallellt. Nya övergångsställen tillskapas på två ställen.



Figur 4 Principiella förändringar av gångnätet

2017-10-27

Detaljplan för blandad stadsbebyggelse
vid Järnvågsgatan m fl (Norra
Masthugget) – Trafikutredning och
trafikförslag

TKDnr:
2239/13

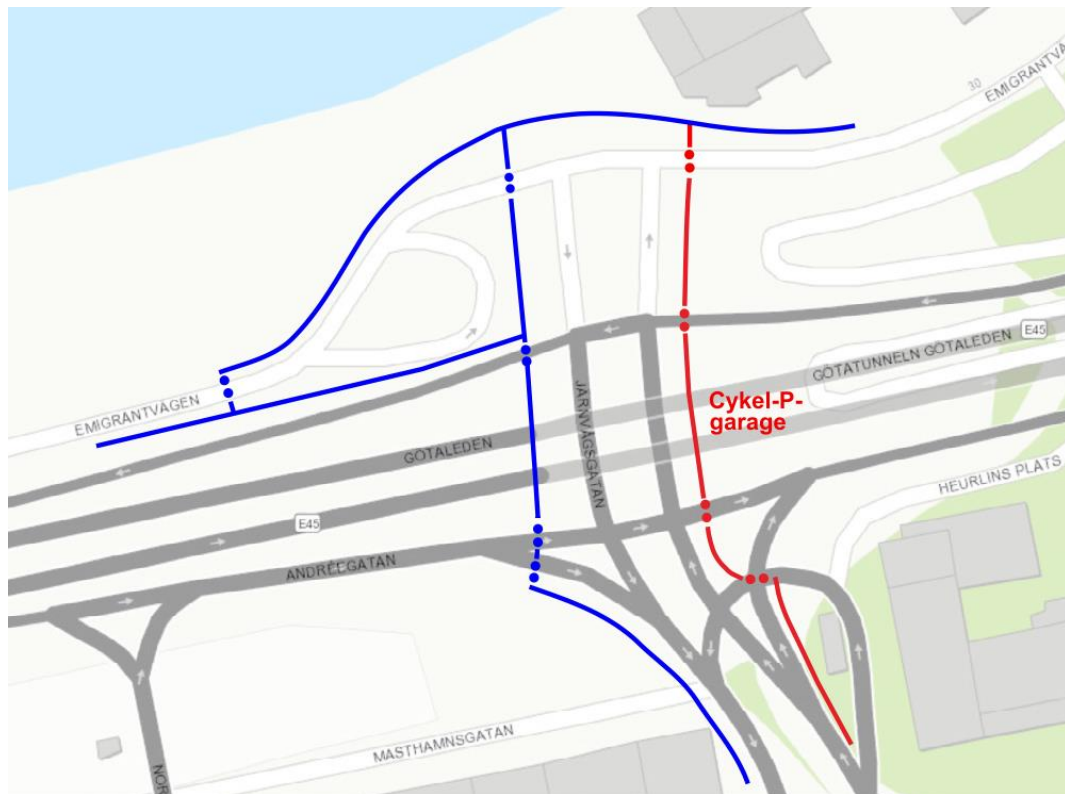
N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning
och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

Cykeltrafik – se figur 5

I Järntorgsmotet finns idag ett nord-sydligt huvudstråk för cykeltrafiken, beläget på motets västra sida. Längs Emigrantvägen går en viktig öst-västlig cykelbana, den växlar läge vid busshållplatsen längs påfartsrampen.

Detaljplanen innebär kraftfulla satsningar på cykelnätet. En cykelbana från Skeppsbron och längs Emigrantvägens norra sida kommer att ingå i stadens pendelcykelnät. Cykelbanor i nord-sydlig riktning på båda sidor om Järntorgsmotet skall utgöra länkar i det övergripande cykelnätet, dessa ges fullgod bredd och lämplig avgränsning relativt körbana och gångbana, i enlighet med Trafikkontorets Teknisk handbok.

Ett större parkeringsgarage för cyklar byggs på Götatunnelns tak öster om Järntorgsmotet, i direkt anslutning till den östliga cykelbanan genom motet.



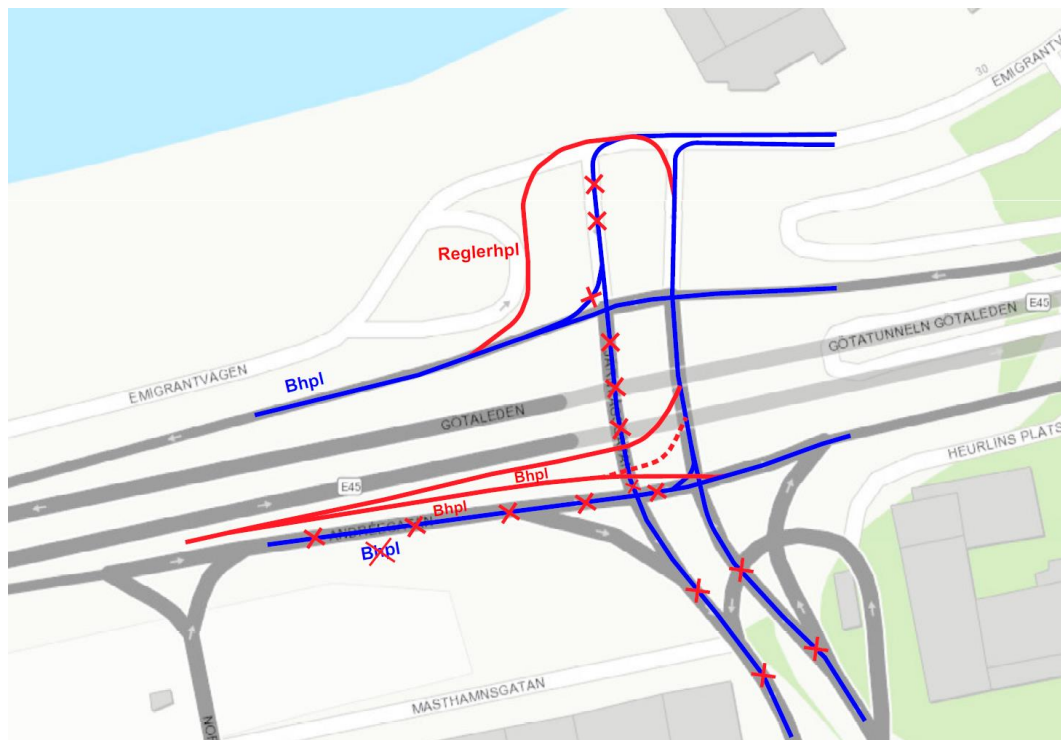
Figur 5 Principiella förändringar av cykelnätet

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvägsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx		

Busstrafik – se figur 6

I nuläget passerar linjebusstrafiken genom Järntorgsmotet via tre olika sträckningar. Nulägesbilden och de planerade framtida förändringarna av busslinjer och linjesträckningar sammanfattas i följande punkter.

- Två genomgående linjer som går mellan Oscarsleden i väster och Götatunneln (linjerna 290 och 291) förändras inte.
- Två befintliga linjer mellan Oscarsleden och Stenpiren (50 och Röd express) förändras inte, förutom att körvägen mot väster dras via en ny reglerhållplats nordväst om motet. En ny linje i samma sträckning (114) tillkommer.
- Fyra befintliga linjer mellan Oscarsleden i väster och Stenpiren (90, 91, 194 och 197) kommer i stället att vända i Järntorgsmotet och köra tillbaka på Oscarsleden, via den nya reglerhållplatsen.
- Två befintliga linjer mellan Järntorget och Stenpiren (60 och Blå express) kommer i framtiden inte att gå via Järntorgsmotet utan i stället passera öster om Folkets hus.



Figur 6 Principiella förändringar av bussnätet

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx		

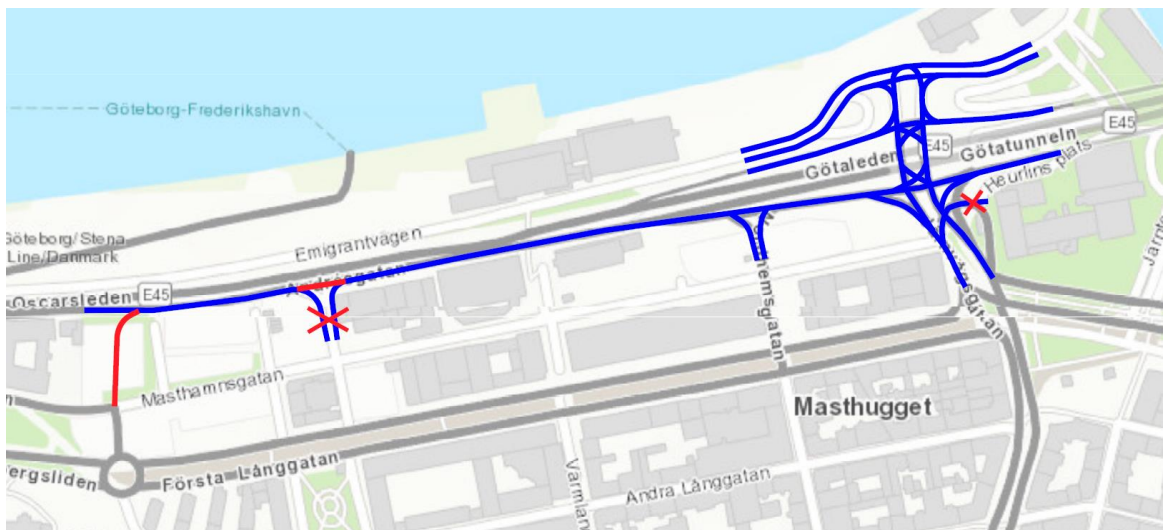
Busshållplatsernas kapacitet, utrymmet för stannande bussar, ökas kraftigt. Vid avfartsrampen från Oscarsleden ersätts den befintliga busshållplatsen med ett nytt hållplatsläge med två bussplatser och utrymme för ytterligare tre stannande bussar. Söder om den nya busshållplatsen tillskapas ytterligare en hållplats med utrymme för två bussar. Denna hållplats skall fungera för busslinjer som fortsätter ner i Götatunneln och som reservhållplats för avveckling av köande bussar vid olycka eller haveri. Vid påfartsrampen mot väster ökas antalet bussplatser från en till två.

Biltrafik – se figur 7

Det bilväg nät som omfattas av trafikutredningen är Järntorgsmotet inklusive avfartsramper, påfartsramper och anslutande gator, Oscarsledens södra körbana samt gator som ansluter till denna.

De principiella förändringarna av bilvägnätet är relativt små. I Järntorgsmotet tas anslutningen från området norr och väster om Folkets hus bort. I övrigt planeras avsevärda förändringar beträffande bilkörfält, trafiksignalsystem och Emigrantvägens läge.

Anslutningen av Nordhemsgatan till Oscarsleden ligger kvar. Östra Sänkverksgatans anslutning tas bort. Längst i väster tillkommer en ny påfart från Nya Hälsingegatan.



Figur 7 Principiella förändringar av bilvägnätet

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	--	----------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

Omledningsväg

Omledningsväg för väg E45 på sträckan Järntorgsmotet-Götatunneln är Emigrantvägen-Skeppsbron-Västra sjöfarten-Christina Nilssons gata-Lilla bommen. Förbitrafik kan också ledas via Alléstråket-Ullevigatan.

Förvaltningsgräns och vägområde

Oscarsleden, Götatunneln samt av- och påfarterna fram till Järntorgsmotet (d v s till stopplinje) ingår i Trafikverkets förvaltningsansvar. Järntorgsmotet i övrigt och de lokala gatorna fram till Oscarsleden har Trafikkontoret ansvaret för.

Avgränsningen av vägområdet, d v s fram till fastighetsgräns, behandlas i kapitlen 3.3 och 3.5.

2.1.2 Trafikdata. Trafiksimuleringar

På samma sätt som för *Trafiksystem* redovisas trafikdata både i *nuläget* och efter detaljplanens genomförande år 2035 (antaganden om framtida trafikmängder är i högsta grad en förutsättning för trafikförslaget).

Till trafikdata hör översiktliga uppgifter om dygnstrafiken på vägnätet inklusive andelar tung trafik, räkningar av fordonstrafiken i motet under representativ eftermiddagsmaxtimme och antal passerande bussar under samma tid, samt verbala uppgifter om gång- och cykeltrafikens omfattning.

Med nuläge menas här 2013-2016, medan framtid är lika med 2035. Några uppgifter om etapper eller andra stora händelser fram till 2035 har inte framkommit utan utformningen skall utgå från bedömd trafiksituation 2035.

Nuvarande trafiksituation

En översikt av räknad dygnstrafik inom utredningsområdet redovisas i *figur 8*.



Figur 8 Dygnstrafik

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	--	----------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

På Oscarsleden går enligt Trafikverkets räkningar omkring eller drygt 50 000 fordon/årsdygn. Från Trafikverket finns ingen aktuell trafikräkning i Götatunneln, men baserat på Trafikkontorets räkning bedöms trafiken vara något högre i Götatunneln än på Oscarsleden och uppgå till närmare 55 000 fordon/årsmedeldygn. Trafiken på Järnvågsgatan genom Järntorgsmotet är 27 000 fordon/årsmedelvardagsdygn söder om respektive 9 000 norr om. På lokalgatorna i väster, vilka kan komma att beröras av förändringar av anslutningarna till Oscarsleden, är trafikmängderna relativt små, 2 000-3 000 fordon/årsmedelvardagsdygn.

Andelen tung trafik är 9,9 % på Oscarsleden strax väster om Järntorgsmotet. På lokalgatorna inom utredningsområdet bedöms, baserat på det fåtal tungtrafikräkningar som utförts, andelen tung trafik uppgå till omkring eller drygt 5 %.

Enligt den trafikräkning (under eftermiddag, 15-minutersintervall) som redovisas i *PM: Trafikanalys av möjlig framtida utformning av Järntorgsmotet (Trivector 2015)* infaller maxtimtrafiken under eftermiddagar kl 16 00-17 00. Med ytterligare räkningar under 2016, utförda i denna utredning, finns en komplett bild av fordonstrafiken under eftermiddags-maxtimmen, se *figur 9*. Högst ramptrafik noteras på avfartsrampen från väster. Förutom busstrafiken - som behandlas som en egen kategori - har den tunga trafiken mycket liten omfattning under denna maxtimme.

Busstrafikens omfattning, mätt i antalet passerande bussar per riktning och timme under höghärfik (alltså inklusive eftermiddagsmaxtimmen kl 16 00-17 00), redovisas i *figur 10*. Antalet bussar som i nuläget kommer från Oscarsleden är 32, därav fortsätter 4 mot Götatunneln medan övriga 28 kör via Skeppsbron till Stenpiren. Från Järntorget och till Stenpiren går 21 bussar. Antalen passerande bussar i omvänd riktning är desamma.

Gång- och cykeltrafiken på de nord-sydliga gång- och cykelbanorna i Järntorgsmotets västra del är betydande. En stor del av denna trafik har start- eller målpunkter vid busshållplatserna längs ramperna åt väster mot Oscarsleden. Cykeltrafik ansluter också till det öst-västliga pendelcykelstråket längs Emigrantvägen. Gångtrafiken på motets östra sida är idag liten.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

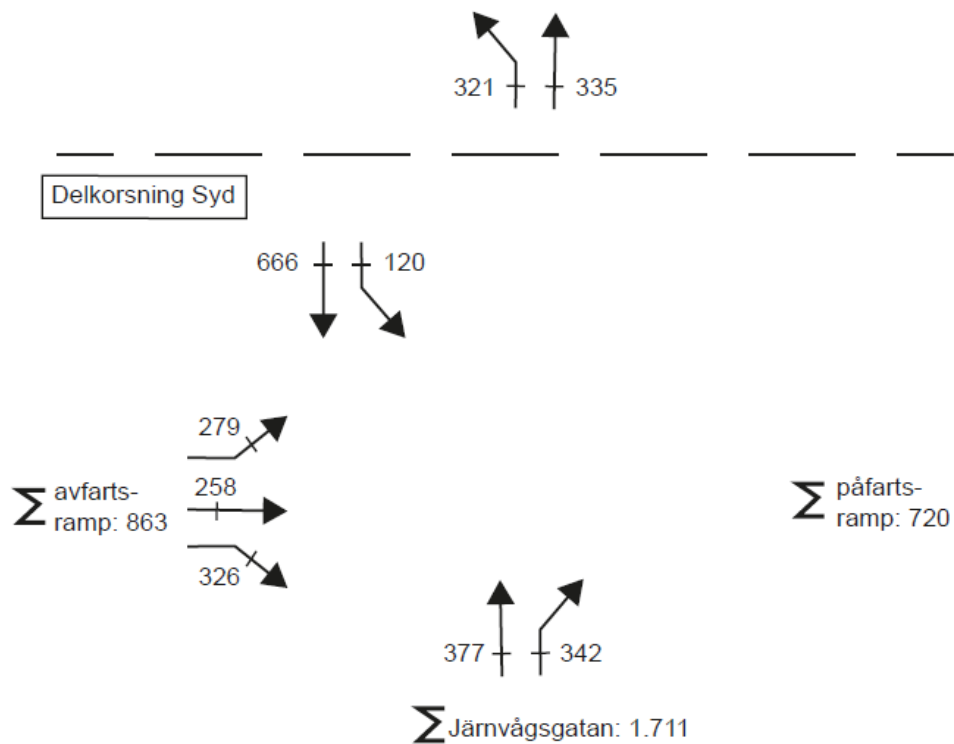
Figur 9.
Järntorgsmotet, maxtimtrafik
kl 16.00 - 17.00
(trafikeräkningar 2015-2016)



Delkorsning Nord



Delkorsning Syd

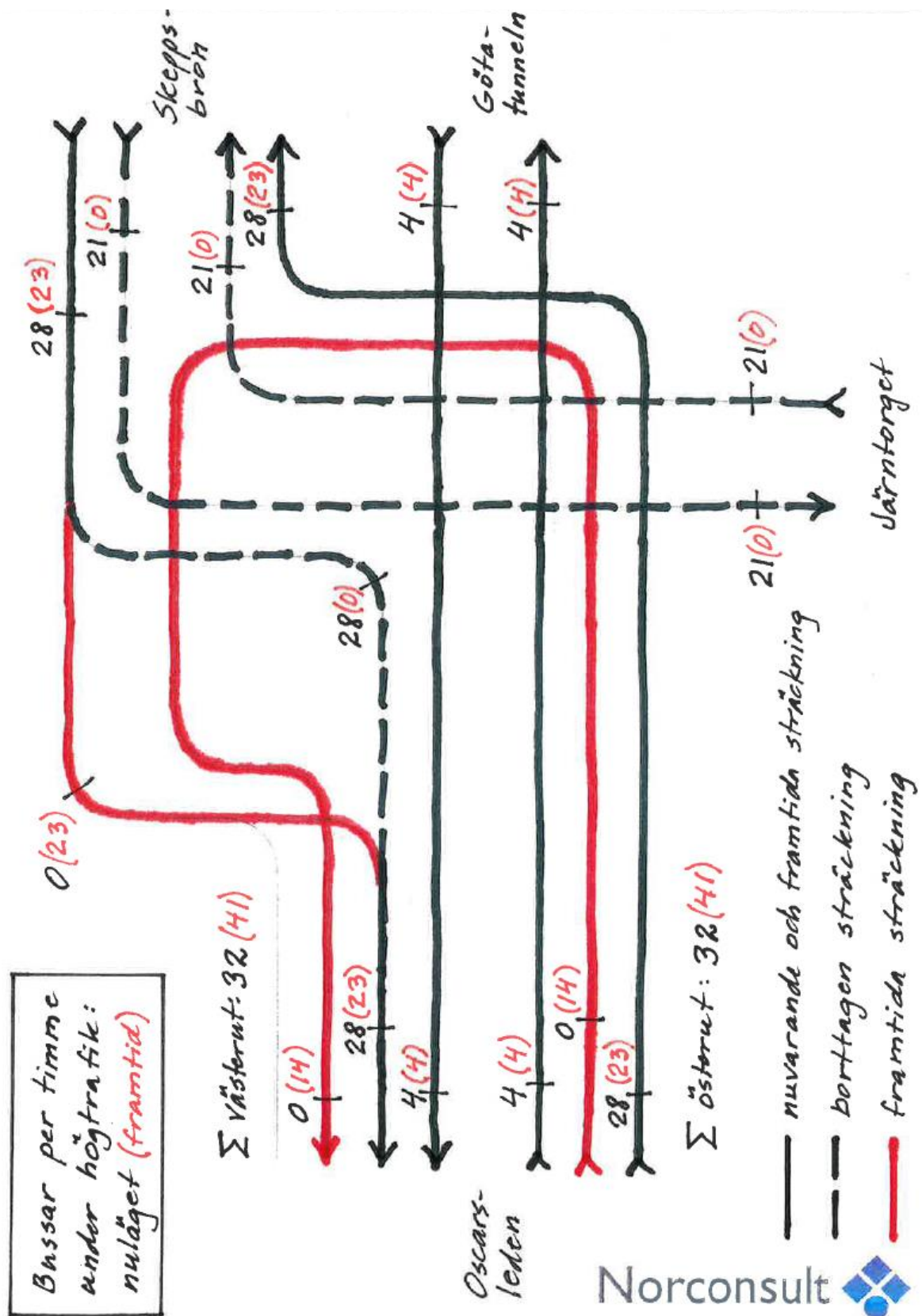


2017-10-27 Arbetsmaterial

Detaljplan för blandad stadsbebyggelse
vid Järnvågsgatan m fl (Norra
Masthugget) – Trafikutredning och
trafikförslag

TKDnr:
2239/13

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx



Figur 10 Busstrafik

2017-10-27

Detaljplan för blandad stadsbebyggelse
 vid Järnvågsgatan m fl (Norra
 Masthugget) – Trafikutredning och
 trafikförslag

TKDnr:
 2239/13

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning
 och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

Trafikprognoser

Detaljplanen för Norra Masthugget är en av de första större detaljplaner där *Göteborg 2035. Trafikstrategi för en nära storstad (Trafiknämnden 2014)* avses tillämpas fullt ut. Trafikstrategins mål för fördelningen av personresandet på olika färdmedel motsvaras av att antalet personresor med bil skall minska med 25 % under perioden 2011-2035.

Hur Trafikstrategins mål skall uppnås i aktuell detaljplan redovisas i *PM. Trafikanalys enligt trafikstrategin. Detaljplan för Norra Masthugget 2015-05-08 (Trafikkontoret 2015)*. För ett område av Masthuggets karaktär och lokalisering bedöms att minskningen av antalet bilresor måste vara större än genomsnittet, 25 %, och analysen i PM:n utgår därför från en minskning med 30 %. Vad avser Järntorgsmotet anges för av- och påfartsramperna en genomsnittlig minskning av personbilstrafiken mellan 2013 och 2035 med ca 30 %.

Trafikverkets prognoser, vilka redovisas för det övergripande vägnätet, anger däremot betydande framtida trafikökningar - se *Rapport. Prognos för persontrafiken 2040. Trafikverkets basprognoser 2016-04-01* samt motsvarande rapport för *godstransporter (Trafikverket publikation 2016:059 respektive 2016:632)*.

Resultaterande trafikprognoser kan i ett första steg erhållas som regionala genomsnitt, i detta fall genomsnittlig ökning av personbilstrafiken i Stor-Göteborg och genomsnittlig ökning av godstransporterna med lastbil i Västra Götalands län. För perioden 2014-2035 redovisas då en ökning av personbilstrafiken med 24 % och en ökning av godstransporterna med 49 %, motsvarande en total ökning med 26 %. För E45/Oscarsleden strax väster om Järntorgsmotet skulle detta innebära en ökning av årsdygnstrafiken från 51 000 (varav 9,9 % tunga fordon) år 2014 till 64 000 (varav 11,7 % tunga fordon) år 2035.

Från Trafikverkets prognoser kan dock resultat erhållas även på geografisk detaljnivå och för olika perioder under dygnet. I samma snitt som ovan, Oscarsleden väster om Järntorgsmotet, fås för perioden 2014-2040 en ökning av trafiken under eftermiddagsmaxtimmen med 10 %.

Baserat på de redovisade uppgifterna om framtida trafikförändringar från såväl kommunen som Trafikverket har i utredningen valts följande utgångspunkt för analyserna av kapacitet, belastning, framkomlighet och körlängder år 2035:

Trafikströmmarna i Järntorgsmotet under dimensionerande maxttimme kl 16 00-17 00 förutsätts vara lika stora 2035 som i nuläget, därtill utförs känslighetsanalys för en ökning av alla trafikströmmar med 10 %.

Viktiga framtida förändringar av busstrafiken planeras, se *figur 10* och även *kapitel 2.1.1, avsnittet Busstrafik inklusive figur 6*. Busslinjen mellan Järntorget och Stenpiren får en ny sträckning öster om Folkets hus. En reglerhållplats anläggs nordväst om Järntorgsmotet, förbi denna kommer samtliga bussar som

2017-10-27	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse	TKDnr: 2239/13
	vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

kör av eller vänder i Järntorgsmotet att passera. Antalet bussar som går på Oscarsleden och alltså har hållplatser längs ramperna åt väster ökas från 32 till 41 per riktning, en ökning med nära 30 %.

Några lokala prognoser för de framtida ökningarna av gång- och cykeltrafiken genom Järntorgsmotet finns inte, utan följande uppgifter är hämtade från övergripande kommunala dokument. I *Göteborgs Trafikstrategi* anges som mål att gång- och cykeltrafikens andel av det totala personresandet i Göteborg skall öka från 26 % år 2011 till 35 % år 2035; detta motsvarar en ökning av gång- och cykeltrafiken under perioden med drygt 70 %. I *Cykelprogram för en nära storstad 2015-2025 (Trafiknämnden 2015)* bedöms att cykelresorna har potential att öka mer än gångresorna eftersom antalet gångresor i nuläget är mycket högre än antalet cykelresor. Det antagna målet för framtida ökning av cykelresandet är därför en tredubbling mellan 2011 och 2025, motsvarande en ökning av andelen cykelresor av det totala personresandet från 6 % till 12 %.

Trafiksimuleringar

Data beträffande **nuvarande biltrafik- och busstrafikmängder under den dimensionerande eftermiddagsmaxtimmen** överensstämmer, med ett undantag, helt med dem som redovisats ovan. Undantaget gäller trafiken som kommer fram till trafiksignalen i Järntorgsmotet på avfarten från väster, d v s trafik på avfartsrampen från Oscarsleden inklusive trafik från Östra Sänkverksgatan och Nordhemsgatan som kör på avfarten. Här har hänsyn tagits främst till ökad trafik från Nordhemsgatan. Den totala trafiken på avfarten från väster under eftermiddagsmaxtimmen har därmed ökat från 863 till 1133, d v s med 31 %.

Trafikprognoser har gjorts för åren 2021, 2025, 2030, 2035 och 2040. Biltrafiken under eftermiddagsmaxtimmen förutsätts då öka i enlighet med Trafikverkets genomsnittsprognos för personbilstrafik i Stor-Göteborg (se ovan). Detta innebär en ökningstakt för biltrafiken med 1,01 % per år. Från nuläget år 2017 förutsätts därmed biltrafiken öka med 8 % till år 2025, med 14 % till år 2030 och med 26 % till 2040. Ökningen till 2030 (d v s inom detaljplanens genomförandetid) är således klart högre än vad som förutsatts ovan, d v s att trafikströmmarna förblir oförändrade fram till 2035, men bara obetydligt högre än de +10 % som använts vid känslighetsanalys. Prognoserna för busstrafiken är oförändrade.

2.1.3 Tillgänglighet och framkomlighet

Den egentliga tillgängligheten är i huvudsak tillfredsställande. För i första hand cykeltrafiken är dock avsaknaden av cykelbana från Järntorget och längs Järntorgsmotets östra sida mot Skeppsbron en påtaglig brist. Även gångförbindelsen i detta läge har dålig anknytning till Järntorget.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

Vad gäller framkomlighet för olika trafikslag är bilden i stort sett motsatt. För gång- och cykeltrafiken är framkomligheten relativt god även om den skulle kunna vara något bättre med prioritering i de signalreglerade korsningarna.

Busstrafiken från väster på Oscarsleden har betydande framkomlighetsproblem under högttrafik, generellt till följd av köerna på avfartsrampen och i synnerhet när bussar skall svänga ut från hållplatsen vid rampen och korsa två körfält för att kunna svänga till vänster i Järntorgsmotet (gäller 28 av sammanlagt 32 bussar från Oscarsleden under maxtimmen).

För biltrafiken finns motsvarande köproblem på avfartsrampen vilka också förstärks genom de körfältsbyten som krävs före korsningen vid Järntorget. I avfartsrampen från Götatunneln finns också tendenser till köer, dessa kan innebära problem med säkerheten.

2.1.4 Trafiksäkerhet

Inom utredningsområdet har under femårsperioden 2012-2016 rapporterats 23 trafikolyckor med personskada (*uttag från STRADA*). Samtliga olyckor har medfört lindrig personskada, några olyckor som resulterat i dödsfall eller allvarliga personskada har således inte rapporterats. 20 av olyckorna är motorfordonsolyckor, fördelat på 4 singelolyckor, 12 upphinningsolyckor och 4 korsningsolyckor. Därtill har rapporterats en fotgängarolycka (fotgängare-motorfordon), en cykelolycka (singel) samt en övrig olycka (grävmaskin inblandad).

70 % av olyckorna har inträffat i Järntorgsmotet inklusive på ramperna till och från Oscarsleden respektive Götatunneln. Det är här som korsningsolyckorna, de allra flesta upphinningsolyckorna och båda olyckorna med oskyddade trafikanter har skett. I Järntorgsmotet finns en mycket tydlig koncentration av olyckorna till den södra signalkorsningen.

En viss, fast mycket mindre olyckskoncentration kan noteras på den västligaste delen av Oskarsgatan, dvs på avfarten från Oscarsleden. Här redovisas 3 singelolyckor med motorfordon. Olycksbeskrivningarna i alla tre fallen pekar på att bilister här kör in med för hög hastighet från Oscarsleden utan att beakta att Oskarsgatan är en lokalgata med låg standard, inte en fullgod rampavfart.

På Oscarsleden i övrigt har endast några enstaka upphinningsolyckor rapporterats.

2.2 Tekniska faktorer

2.2.1 Kablar och ledningar samt belysning

Befintliga kablar och ledningar redovisas på bilagda ritningar.

I samband med utbyggnaden av Götatunneln blev ledningar som påverkades av tunneln och leden omlagda och anpassade till vägens utformning.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	--	----------------

Teknikhus för el, trafiksignaler m m finns öster om Järnvågsgatan mot Folkets hus.

Oscarsleden har belysning på stolpar placerade på vägens mittbarriär. Ramperna har kompletterande sidoplacerad belysning.

Järnvågsgatan har den stadsmässiga utformningen av stolpar och armaturer.

2.2.2 Mark- och byggnadsfrågor

Mark- och byggnadsfrågor redovisas i planbeskrivningen tillhörande detaljplanen.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx		

3 Trafikförslag

3.1 Allmänt

Trafikförslaget redovisas i första hand med ritningar. Texter kompletterar i syfte att förtydliga förslaget, att där så behövs motivera vald lösning etc. De förändringar trafikförslaget innebär redovisas uppdelat på följande områden, se även *figur 11*.

1. **E45/Oscarsledens östgående körbana.** Gatuanslutningar från planområdet till Oscarsleden samt avgränsning av vägområde. **Se kap 3.3 och 3.4.**
2. **Avfartsramp från väster.** Separata körfält för busstrafiken, nytt läge för busshållplats med utrymme för fler bussar samt förändringar av körfälten på avfartsrampen. Även huvudalternativ respektive reservalternativ för linbanestationens läge behandlas. **Se kap 3.5.**
3. **Järntorgsmotet och Järnvågsgatan.** I princip signalreglerat som i nuläget, men med utökning och breddning av gångbanor och cykelbanor, trafiksäkra passagemöjligheter för gång- och cykeltrafiken, signalprioritering av busstrafiken från väster samt körfälts- och trafiksignalförändringar (se även punkt 4). **Se kap 3.6.**
4. **Ramper till och från Götatunneln.** Frågor kring överdäckning av ramperna, prioritering av ramptrafiken i Järntorgsmotets signalreglering av säkerhets- och framkomlighetsskäl, samt placering av cykelparkeringsgarage på tunneltaket. **Se kap 3.7, 3.8 och 3.9.**
5. **Busshållplatser nordväst om motet.** Ny reglerhållplats för linjebussar mellan Emigrantvägen och påfartsrampen mot Oscarsleden, förlängd busshållplats vid påfartsrampen, samt antal körfält på Emigrantvägen. **Se kap 3.10.**
6. **Linbanestation vid Folkets hus.** Tillgänglighet för gång- och cykeltrafiken samt utrymmen för fundament. **Se kap 3.11.**

Avslutningsvis behandlas frågor om belysning, byggskede och befintliga ledningar. **Se kap 3.12, 3.13 respektive 3.14.**

3.2 Dimensioneringsförutsättningar

På den aktuella sträckan av väg E45/Oscarsleden gäller i dagsläget hastighetsgränsen 70 km/h. Denna hastighet har därför använts vid utformning av på- och avfarter längs sträckan. För lokalgatunätet gäller idag 50 km/h, denna hastighetsgräns planeras att sänkas till 40 km/h vilken därför har förutsatts vid utformningen av trafikförslaget för dessa gator. Övergången från 70 km/h till 40 km/h på avfartsrampen från Oscarsleden i väster antas ske vid korsningen med Nordhemsgatan.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

Valda körfältsbredder redovisas på planritningarna samt på sektionsritningen. Körfältsbredderna har valts med utgångspunkt från sidoavståndsmått enligt tabell 2.4-2 i VGU Råd. Sidoavståndsmått enligt utrymmesklass A har använts. Utöver detta har ett minsta mått på 3,5 m använts mellan refuger för att ge utrymme för underhållsfordon.

För utrymmesanalyser med körspår i korsningspunkter har typfordonen ”Boggibuss” samt ”Lastbil med påhängsvagn eller släpvagn” använts. Tre busshållplatser på ramperna ingår i trafikförslaget. Dessa har dimensionerats för boggibussar, med hållplatslängd 18 m.

Angående huvudmannaskap för Allmän plats föreskriver detaljplanens Planbeskrivning och Planbestämmelser angivna på detaljplanens Plankarta följande.

Anläggningar inom allmän plats

Detaljplanen föreskriver att kommunen är huvudman för allmän plats och därmed ansvarig för utbyggnad och framtida drift och underhåll.

Trafikverket ansvarar för utbyggnad inom GENOMFART (E45/Götatunneln).

Anläggningar inom kvartersmark

Fastighetsägare och/eller exploatör (inklusive konsortiet) ansvarar för utbyggnad inom kvartersmark.

För tekniska anläggningar inom detaljplanen (planbestämmelse E, transformatorstationer, pumpstation etcetera) svarar huvudmannen för respektive anläggning.

Drift och förvaltning

*Områden redovisade som allmän plats **HUVUDGATA, LOKALGATA**, kommer att förvaltas av kommunen, genom trafiknämnden. Områden redovisade som allmän plats **PARK, TORG** kommer att förvaltas av kommunen, genom park- och naturnämnden. Trafikverket förvaltar område för **GENOMFART (E45)**.*

Mark ingående i allmän plats, inlösen

Kommunen, i egenskap av huvudman för allmän plats, har både rättighet och skyldighet enligt Plan- och bygglagen att lösa in områden som är utlagda som allmän plats.

Trafikverket är huvudman för E45 och anläggningen tryggas genom vägplan och vägrätt. Kommunen ska, enligt Väglagen, tillhandahålla motsvarande markområden till Trafikverket. Kommunen kan därmed behöva lösa in samt upplåta markområden för detta syfte.

Exploatören uppför bullerskydd och taköverbyggnad över/inom allmän platsmark.

2017-10-27	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
------------	--	----------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

Avtal mellan kommun och Trafikverket

Kommunen och Trafikverket har träffat avtal angående genomförbarhetsstudie till följd av detaljplanen och dess påverkan på E45/Oscarsleden. Beroende av vad den studien kommer fram så kan det bli aktuellt att träffa ytterligare avtal mellan kommunen och Trafikverket angående genomförandet.

Nuvarande utformning av E45 ligger inom gällande vägområde. I Trafikförslaget föreslås två åtgärder som erfordrar visst utökat vägområde:

Breddning av avfarten från väster samt överdäckning av påfartsrampen mot Götatunneln. Åtgärderna medför mindre avvikelse och bedöms ha stöd i gällande vägplan.

För breddningen av avfarten från väster redovisar detaljplanen Genomfart (vägområde). Området avgränsas mot söder av befintliga och föreslagna byggnadskvarter.

För driften av allmän platsmark gör Trafikverket och Trafikkontoret i samråd en mer detaljerad gränsdragning som visar respektive parts ansvarsområden. En översyn av den nu avtalade gränsdragningen föreslås ske inom kommande projektering och genomförande.

3.3 Avfart Oskarsgatan

Längst i väster i det aktuella området finns en befintlig avfart från östergående E45 mot Oskarsgatan, se ritning 2239/13-0201. Vi denna avfart föreslås ingen förändring jämfört med befintlig utformning i det aktuella trafikförslaget, dock föreslås inom detaljplanen ett nytt parkeringshus vilket redovisas längst österut på samma ritning. Det nya parkeringshuset påverkar trafiken i området. Parkeringshuset nås från en ny gata, Nya Hälsingegatan, och från Östra Sänkverksgatan. Utfart till Oscarsleden kan ske via den föreslagna påfarten från Nya Hälsingegatan.

Trafikmängden på Oskarsgatans avfart är idag drygt 2 000 fordon/medelvardagsdygn. Med det nya parkeringshuset kan trafiken komma att öka med omkring 1 000 till drygt 3 000 fordon/medelvardagsdygn. Denna trafikmängd ryms med stor marginal inom gatans trafikkapacitet.

3.4 Påfart Nya Hälsingegatan, stängning av Östra Sänkverksgatan

Mellan avfarten mot Oskarsgatan och Järntorgsmotet finns en befintlig på- och avfart vid Östra Sänkverksgatan samt en utfart från fastigheten Masthugget 29:4 strax öster om Östra Sänkverksgatan. Övriga tvärgator till E45 är stängda ut mot leden. Se ritningarna 2239/13-0201 till 03. På- och avfarten vid Östra Sänkverksgatan föreslås stängas, och den befintliga betongbarriären kan därmed förlängas förbi korsningen. En ny påfart till E45 föreslås strax väster om

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

Hälsingegatan, i ritning 2239/13-0201 kallad Nya Hälsingegatan. Utfarten till E45 vid fastigheten Masthugget 29:4 föreslås oförändrad.

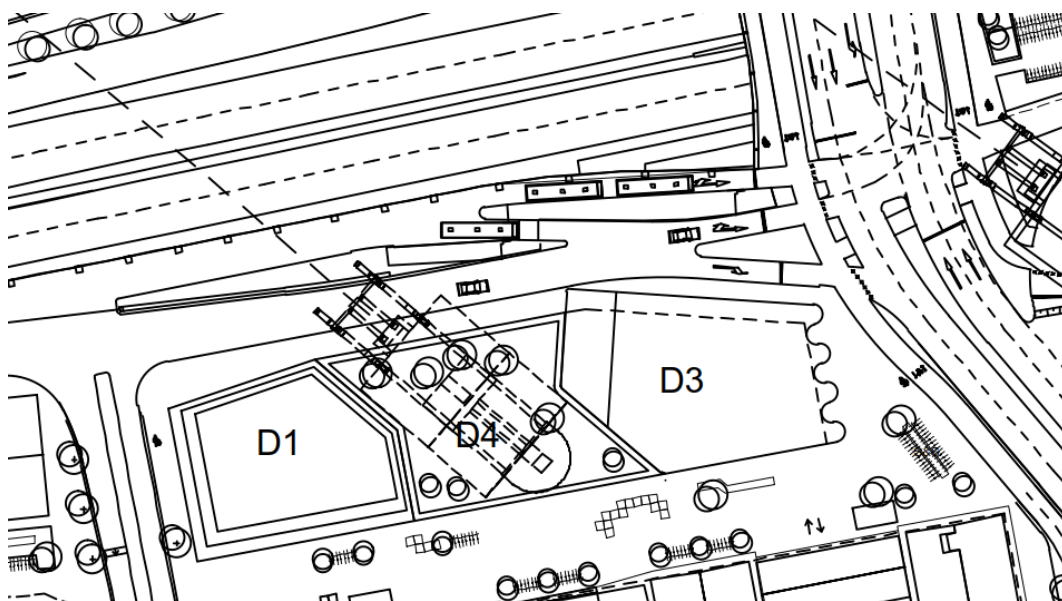
På den aktuella sträckan av E45 gäller hastighetsbegränsningen 70 km/h. Enligt VGU skall växlingssträckan mellan påfart och avfart då vara minst 300 m (VGU Krav, figurerna 4.3-3 och 4.3-4). Mellan befintlig påfart vid Östra Sänkverksgatan och befintlig avfart vid Järntorgsmotet är avståndet cirka 240 m. Mellan den nya föreslagna påfarten vid Nya Hälsingegatan och avfarten vid Järntorgsmotet med ny utformning enligt trafikförslaget blir växlingssträckan längs E45 cirka 280 m långt.

Den föreslagna påfarten har en minsta radie på 25 m vilket motsvarar minimikravet i VGU med Trafikverkets godkännande. Detta kan jämföras med den befintliga påfarten vid Östra Sänkverksgatan som har en kurvradie på cirka 10-12 m.

3.5 Avfart från Oscarsleden i väster till Järntorgsmotet

3.5.1 Huvudalternativ för linbanestationens läge. **Trafiksimuleringar**

Befintlig avfart vid Järntorgsmotet från E45 i väster består av ett körfält som sträcker sig från påfarten vid Östra Sänkverksgatan (se ritningarna 2239/13-0202 och 2239/13-0203). För avfart till Nordhemsgatan tillkommer ett separat körfält för högersväng. Öster om Nordhemsgatan förgrenas avfarten till fyra körfält varav två fält nyttjas för högersväng mot Järntorget, ett fält för färd rakt fram genom motet ned i tunneln och ett fält för vänstersväng mot Rosenlund och Skeppsbron (se ritning 2239/13-0204). Busshållplatsen ligger i den befintliga utformningen vid det högra körfältet på rampen, vilket medför att bussar som kör ut från hållplatsen måste korsa två bilkörfält för att kunna fortsätta mot tunneln eller svänga vänster i motet.



Busshållplatser på avfartsrampen. Utdrag ur illustrationsplan.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

I trafikförslaget breddas leden på delen Järnvågsgatan och västerut till i höjd med Värmlandsgatan för att ge plats för en separat avfart för kollektivtrafiken närmast leden. Syftet med att ge kollektivtrafiken ett eget körfält på avfarten är att förbättra framkomligheten för bussarna och ge utrymme för fler stannande bussar.

Avfartsrampens vänstra körfält blir reserverat för kollektivtrafik hela vägen fram till korsningen med Järnvågsgatan. I och med detta separata körfält kan bussarna ges prioritet i den signalreglerade korsningen. Nytt hållplatsläge med två permanenta platser förläggs till kollektivkörfältet för de bussar som skall svänga norrut på Järnvågsgatan. Utrymme för ytterligare bussar i vänteläge finns i detta körfält.

För bussar som skall fortsätta rakt fram ned i tunneln anordnas en separat hållplats med avkörning till höger från det separata busskörfältet. Hållplatsen skall även fungera som reserv vid olyckor eller haverier i busskörfältet. Utfart från hållplatsen sker till bilkörfältet som leder ned mot tunneln och norrut på Järnvågsgatan.

Den föreslagna kilavfartens geometri (busskörfältet) uppfyller krav på linjeföring enligt VGU för 70 km/h och får ett ”fönster” på cirka 68 m – se figur nedan. Bromssträckor från kilavfarten fram till busshållplatsen har kontrollerats i händelse av att köbildning uppstår vid busshållplatsen. Hållplatsplattformen är dimensionerad för två boggibussar. Om totalt tre bussar står vid hållplatsen finns en sträcka på cirka 115 m tillgänglig för inbromsning (räknat från det läge där hela bussen lämnat E45). Nödvändig bromssträcka från 70 km/h med mjuk retardation är enligt VGU cirka 110-115 m (figur 4.3-11 i VGU Krav). Om totalt fem bussar står i kö vid hållplatsen så blir den tillgängliga sträckan 80 m. Den nödvändiga bromssträckan med hård retardation är cirka 75 m enligt VGU (figur 4.3-11 i VGU Krav).

Mellan det separata busskörfältet och avfartens körfält för bilar föreslås en betongbarriär, som förhindrar sena körfältsbyten från avfartens högra körfält tillbaka ut på E45. Barriären hindrar även bilister från att gena förbi köande bilar på avfarten genom att nyttja bussfältet.

Den befintliga betongbarriären till höger om rampen mot kvarteren föreslås även i framtiden sträcka sig österut fram till Nordhemsgatan.

Liksom i befintlig utformning breddas rampen för biltrafiken till två körfält varav det högra utgör högersvängfält mot Nordhemsgatan och Järnvågsgatan. Fältet förlängs i förhållande till det befintliga ca 40 m västerut. Det vänstra körfältet utformas för trafik rakt fram mot Götatunneln och mot vänster och norr i Järntorgsmotet. Siktförhållanden har kontrollerats vid utfart från Nordhemsgatan. Enligt VGU skall sikten mätas 5 m in på den anslutande vägen, och vid 70 km/h hastighetsbegränsning på primärvägen så krävs en minsta sikt längd på 125 m (VGU Krav figur 4.1-2). Denna sikt är nödvändig åt vänster i korsningen eftersom trafiken kommer enbart från den riktningen. Åt höger i korsningen krävs enbart stoppsikt vilken skall vara 50 m vid 40 km/h (VGU Krav figur 3.1-5).

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

I trafikförslaget förgrenas rampens körfält till totalt tre fält vid korsningen i motet. Det vänstra av dessa är ett kollektivtrafikkörfält, det mittersta är för trafik rakt fram och till vänster och det högra för högersvängande trafik.

En konsekvens av den föreslagna kilavfarten är att avfartsrampen kommer närmare den befintliga bebyggelsen. Vid sektion B-B, vid kvarteret Pirogen, varierar vägrenens ytterkant på en sträcka av cirka 20 m mellan 2 m till som minst 1,1 m från den befintliga byggnaden. Den östra delen av byggnaden behöver rivas för att förslaget skall kunna genomföras. Vid sektion A-A, vid befintligt P-hus, föreslås ingen förändring av vägens utformning. Dock är det befintliga avståndet från väggkant till byggnad mindre än två meter.

Generellt bör byggrätten utanför vägområdet begränsas så att trafiken ej påverkas och så att vägområde ej behöver tas i anspråk för byggnation eller underhåll av fastigheter.

Trafiksimuleringar

Trafiksimuleringarna visar att avfarten från väster behöver utformas med ytterligare ett körfält till totalt tre körfält för biltrafiken vid anslutningen till Järnvågsgatan. Detta utförs för att undvika att kö på avfarten kommer att sträcka sig ut på leden.

Dessutom behöver förbindelsen från Järnvågsgatan mot Södra Allégatan, förbi Järntorget, utformas med två körfält.

Busstrafiken avgränsas till kollektivtrafikkörfältet till vänster om biltrafikens körfält. Hållplatsen utformas med två fasta hållplatslägen. Från båda lägena kör bussarna fram till stopplinjen för att påkalla prioritet. Normalt kör en buss i taget ut i korsningen.

Busskörfältet utformas, efter kilavfarten, med två körfält så att bussar som skall stanna på den främre hållplatsen närmast Järnvågsgatan inte hindras av en buss som står i eller väntar på att köra in i det västra hållplatsläget. Utformningen medger att fyra bussar kan rymmas vid hållplatserna och i bussskörfältet och att en femte buss kan köra in mot hållplatserna med en mjuk inbromsning.

Vid händelse av att en buss får stopp och blockerar tillfarten vid signalen för utkörning mot Järnvågsgatan så föreslås att det västra hållplatsläget nyttjas av alla linjer. Utkörning sker därifrån över refugen (sänkt, fasad kantsten) till de högra bilkörfälten.

Nedan visas utdrag av Trafikförslaget med de ovan beskrivna förändringarna.

Med denna revidering av avfartsrampen ger trafiksimuleringarna som resultat att Järntorgsmotet får en trafikkapacitet som medger god framkomlighet under hela den studerade tidsperioden, d v s för prognostiserade trafikmängder till och med år 2040.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------



Trafiksimuleringar

Trafiksimuleringar har utförts för den beskrivna utformningen av avfartsrampen i reservalternativet, med prognostiserad trafik åren 2021, 2025, 2030, 2035 och 2040. För år 2021 redovisas tillfredsställande framkomlighet i Järntorgsmotet inklusive på avfartsrampen. År 2025 uppstår köer och år 2030 kraftiga köer främst på Nordhemsgatan. Från 2035 visar simuleringarna att hela motet blir överbelastat.

Slutsatsen är att i reservalternativet för linbanestationens läge saknas tillräckliga utrymmen för trafiken på avfartsrampen, för att Järntorgsmotet på längre sikt skall kunna fungera tillfredsställande och inte bli överbelastat.

3.6 Järnvågsgatan – korsning Järntorgsmotet

För Järntorgsmotet föreslås en signalreglerad korsning med utformning liknande befintlig korsning men med förändringar avseende antal körfält, se ritning 2239/13-0204. Från Järntorget i söder kommer idag fyra körfält varav två går österut ner på påfartsrampen till Götatunneln. Dessa två minskas i förslaget till ett körfält ner mot tunneln. I motsatt riktning mot Järntorget finns idag tre körfält. Detta minskas till två stycken då biltrafik mot Linnégatan inte längre kommer att vara möjlig. Enbart högersväng mot Första Långgatan och vänstersväng mot Norra Allégatan kommer att tillåtas.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

På bron över E45 i Järntorgsmotet minskas de södergående körfälten från fyra till tre stycken varav enbart ett körfält för påfart till E45 ner mot tunneln. Antal och fördelning av norrgående körfält behålls.

Från Emigrantvägen i norr finns idag fyra stycken södergående körfält varav tre leder upp på bron och ett är för påfart på E45 västerut. Detta föreslås minskas till två körfält varav ett leder upp på bron och ett är kombinerat för högersväng samt färd upp på bron. De två norrgående körfälten föreslås få bevarad funktion.

Emigrantvägen föreslås i detaljplanen att få en ny sträckning i ett läge längre norrut vilket innebär att Järnvågsgatan förlängs och korsningen mellan Järnvågsgatan och Emigrantvägen får ny utformning. Den nya utformningen innebär att den västra delen av Emigrantvägen får en tydligare status som sekundärväg i korsningen med Järnvågsgatan.

Det utrymme som frigörs vid minskningen av antal körfält i de olika delarna av Järntorgsmotet föreslås användas till en ökning av utrymmet för gång- och cykeltrafik. I trafikförslaget föreslås dubbelriktad cykelbana och gångbana på båda sidor av Järnvågsgatan, till skillnad mot den befintliga gatan som på östra sidan enbart har gångbana. Både gångbana och cykelbana föreslås dessutom få ökad bredd och vara separerade taktilt och med heldragen linje.

För att utvärdera utrymmet i den föreslagna nya korsningen har utformningen analyserats med körspår. Som tidigare nämnts har körspårsanalyser utförts för typfordonen ”Boggibuss” samt ”Lastbil med påhängsvagn eller släpvagn”. Vid analysen har hastigheter mellan 5 km/h och 40 km/h förutsatts. Generellt har 40 km/h använts för rörelser rakt fram genom korsningen, 15 km/h för de svängande rörelserna av och på ramperna till E45, samt 5 km/h för svängande rörelser från och till de anslutande gatorna.

Dimensionerande trafiksituation för två svängande körfält är LBn+Pb, utrymmesklass A. Det gäller både vid sväng från avfarten österifrån från tunneln och mot Järntorget och söderifrån på Järnvågsgatan och mot påfartsrampen västerut till Oscarsleden.

I arbetet med korsningsutformningen har möjlig framtida placering av signalstolpar samt vägskyltar utretts. Utrymme för dessa har säkrats genom att refugerna har breddats upp närmast korsningspunkterna vilket syns på ritning 2239/13-0204.

3.7 Överdäckning av tunnelramper

I detaljplanen föreslås en överdäckning av tunnelramperna. I dagsläget är tunnelramperna öppna ca 100 m ner från Järnvågsgatan men med den föreslagna utformningen kommer dessa att överbyggas till ca 30 m från korsningen, se ritning 2239/13-0204.

Överdäckningen av tunnelramperna studeras i en separat utredning.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

Säkerheten i tunneln kommer till viss del att påverkas av att en längre del av tunnelns ramper överdäckas. Riskreducerande åtgärder kommer dock att kompensera för de negativa följderna av en överdäckning så totalt sett kommer tunnelns säkerhet inte att påverkas negativt av rampernas förlängda överdäckning.

Genom att ett fast brandbekämpningssystem (BBS) monteras i tunneln, vilket skall utföras 2017, beräknas att dimensionerande brandlast kan sänkas till 50 MW eller lägre. Detta medför att efter en komplettering av tunnelns ventilationssystem kommer systemet att kunna hantera brandgaser i ramperna och tunneln får bättre möjlighet att hantera en körock. De överdäckade ramperna föreslås utrustas med mindre impulsfläktar. Avfartsrampen förses med radardetektering av stillastående kö och incidenter så att trafiken ut från tunneln kan prioriteras i Järntorgsmotets signalsystem (se närmare i *kap 3.8*).

Vid överdäckningen måste beaktas krav på utrymmen över körbanan för vägvisning, belysning, ventilationsanläggning samt vad avser avfartsrampen även anordningar som begränsar risk för bländning.

Siktbehovet från avfartsrampen ut i korsningen med Järnvågsgatan har beaktats i detaljplanen enligt VGU Krav Figur 4.1-2, så att ”önskvärd sikt” erhålls.

3.8 Avfartsramp från tunneln. Trafiksimuleringar

Avfarten från Götatunneln mot väster vid Järnvågsgatan kommer att vara signalreglerad och i vissa trafiksituationer kommer fordonsköen på avfartsrampen att växa ner i tunneln.

Köbildningen innebär en ökad risk vid t.ex. brand i tunneln och för upphinnandeolyckor.

Signalanläggningen i Järntorgsmotet som tillhör Trafikkontoret kommer att byggas om, men kommer att få en liknande utformning som dagens anläggning.

Nödtömning av Götatunneln vid t.ex. brand

Vid nödsituationer t.ex. vid brand eller större olyckor i tunneln behöver fordon snabbt kunna lämna tunneln. Trafiksignalerna vid avfartsrampen från Götatunneln växlas då omedelbart till grönt och förblir gröna så lång tid som krävs för att alla fordon skall kunna lämna tunneln. Bilkö med en längd på ca 250 meter bedöms behöva evakuera tunneln via denna avfart, dvs avståndet från början av heldragen linje inne i tunneln fram till trafiksignallyktorna. Detta motsvarar ca 40 fordon. Tidsåtgång för denna nödtömning bedöms till ca 2 minuter vid maximal trafik. Detta förutsätter dock att bilar som kör ut ur tunneln inte hindras i intilliggande korsningar av annan trafik.

Styrorder till trafiksignalen skickas från Trafikverkets styrsystem för Götatunneln (DU2) via en reläutgång i Trafikverkets mynningsskåp som sitter i samma byggnad som Trafikkontorets styrutrustning för trafiksignalanläggningen.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

Styrordern genereras manuellt av trafikoperatören på Trafik Göteborg genom ett styrsteg i åtgärdsplanen för akutavstängning av Götatunnelns norra tunnelrör. I tunneln finns det separata system för branddetektering och incidentdetekteringssystem som larmar till Trafik Göteborg som verifierar branden eller olyckan och manuellt väljer vilken åtgärdsplan som skall aktiveras.

Långa bilköer vid "normal" trafiksituation

I normal högtrafik finns det också risk att bilkön på avfartsrampen växer ner i tunneln.

För att minska risken för upphinnandeolyckor i tunneln utrustas trafiksignalanläggningen därför med anordningar som omfördelar gröntiden så att kön blir kortare. Med hjälp av nya detektorer i avfartsrampen upp mot Järntorgsmotet inkopplas en alternativ funktionsplan varvid konflikterande signaler ges kortare gröntider och gröntid för fordon ifrån tunneln blir längre. Fordonskön från rampen blir då kortare på bekostnad av konflikterande fordonsköer som eventuellt blir längre. Återgång till normal funktionsplan sker automatiskt. Detta system för avkortning av bilkön kan arbeta helt autonomt och behöver alltså ingen styrorder från Trafikverkets system.

Liknande system för minimering av upphinnandeolyckor i motorvägsavfarter i närheten av trafiksignalanläggningar finns i drift redan idag i Sverige och flera system är planerade.

Pågående arbete med trafiksimulering kommer att ge underlag för placering av detektorer och prioriteringar i trafiksignalsystemet.

Tekniska lösningar och intrimning

Styrapparaten är placerad i befintligt teknikhus vid Olof Palmes plats. I södra änden av teknikhuset finns Götatunnelns mynningsskåp och därmed en säker anslutning/gränssnitt för styrning från Trafikverkets tunnelsystem. Teknikhuset kommer att flyttas till ny plats som blir över Götatunneln strax öster om Järnvågsgatan.

Systemet kommer att trimmas in efter driftstart för optimal funktion. Ändring av t.ex. gröntider utförs då enkelt genom omprogrammering. Detekteringsytor för kö kan enkelt flyttas om t.ex. radar- eller videodetektering används.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------



Järntorgsmotet, nuvarande utformning

Trafiksimuleringar

Det avspärrade avfartsfältet från Götatunneln har en längd på 336 m varav 106 m enligt VGU utgör bromssträcka vid mjuk inbromsning. Detta innebär att sträckan fram till stopplinjen vid trafiksignalen kan rymma en kö på ca 230 m.

Utförda trafiksimuleringar (avser *huvudalternativet* för linbanestationens placering) visar att för prognosåret 2030 kommer köerna under eftermiddagsmaxtimmen sällan (90-percentil) att överskrida 65 m och maximalt uppgå till 125 m. Med 2040 års trafik uppgår 90-percentilen av köerna till 150 m och maximal kölängd till 370 m.

Eftersom Järntorgsmotet i *reservalternativet* på längre sikt beräknas bli överbelastat ger simuleringarna inga tillförlitliga resultat för kölängderna, de redovisas därför inte här.

Med hänsyn till resultaten från simuleringarna breddas avfarten till tre körfält närmare trafiksignalen, det tillkommer ett fält till vänster med en längd på 80 m och ett till höger på ca 50 m. Vad gäller de erhållna kölängderna kan det på sikt bli aktuellt att förlänga den heldragna spärrlinjen längs avfartsfältet i tunneln, i syfte att upprätthålla bromssträckan för mjuk inbromsning. Med beräknad maximal kö år 2040 om 370 m skulle förlängningen av spärrlinjen behöva uppgå till 140 m.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx		

Bild på avfarten med vägmarkeringar visas nedan.



Avfarten från tunneln med vägmarkering samt maximala tillåtna kölängden tillsammans med mjuk retardering.

3.9 Cykelparkeringsanläggning

Ett cykelparkeringsgarage föreslås anläggas på östra sidan av Järnvågsgatan, på taket ovan Götatunneln. Garaget kommer då att bli direkt tillgängligt från den föreslagna nya cykelbanan, eventuellt blir det också tillgängligt från öster och den nya parkytan på tunneltaket. Garagebyggnaden avgränsas så att tunnelavfarten får ”önskvärd sikt” enligt VGU.

Ett cykelparkeringsgarage i ett plan beräknas rymma ca 400 cyklar varav 5 % lastcyklar. Då förutsätts parkering i 90 graders vinkel mot passagen mellan raderna av cyklar samt tvåvåningsställ för cyklarna. Ett tvåplansgarage kan rymma ca 530 cyklar varav 5 % lastcyklar.

Från cykelbanan längs Järntorgsgatan ges tillgång till olika utrymmen: för cyklar som parkerats vid övergång till kollektivt färdmedel (samordning med Västrafik), för hyrcyklar, elcyklar, lastcyklar etc.

3.10 Emigrantvägen, regleringsyta och busshållplats vid påfartsrampen mot väster. Trafiksimuleringar

På ytan mellan Järnvågsgatan, Emigrantvägen och den västergående påfartsrampen till E45 föreslås en reglerplats för busstrafik (se ritning 2239/13-0204).

Ytan är i förslaget utformad för att ge plats för två parkerade boggibussar och samtidigt möjliggöra förbifart med en tredje buss. På så sätt kan busslinjer som kör sträckan från Stenpiren via Emigrantvägen och fortsätter västerut på E45 köra

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

via den föreslagna reglerytan och undvika trafiksignalerna och eventuell köbildning i korsningen på Järnvågsgatan.

På påfartsrampen finns en befintlig busshållplats. Denna föreslås bevaras i befintligt läge men justeras och förlängs så att två bussar ryms på hållplatsen.

På grund av det begränsade utrymmet för reglerytan har det inte gått att utforma ytan så att bussar som kommer från reglerytan kan svänga ut på påfartsrampen helt utan konflikt med trafiken på påfartsrampen. Utfarten från reglerytan behöver därför regleras med väjningsplikt. (Justeringar i utformningen för att undvika dessa effekter kommer att ske vid färdigställandet av Trafikförslaget.)

Avståndet från en trafiksignal till nästa konflikerande trafikström skall vara minst 30 m. Detta avstånd uppfylls från signalerna i korsningen på Järnvågsgatan till bussutfarten.

Alternativet till väjningsplikt skulle vara att även utfarten från reglerytan regleras med en trafiksignal. Det skulle dock innebära att en extra fas behövs i korsningens signalsystem vilket skulle minska kapaciteten i hela korsningen. Kapaciteten på påfartsrampen är dessutom god och utfarten från reglerytan bedöms därmed vara godtagbar.

Reglerytan berör till viss del en yta avsatt för ett torn för evakuering av ventilationsluft från Götatunneln. Även Emigrantvägens föreslagna läge vid anslutning till Järnvågsgatan berör ventilationstornet. Ett torn för linbanan föreslås norr om det nya läget för Emigrantvägen och är också i viss konflikt med vägen. Detta bedöms kunna samordnas i det fortsatta arbetet genom smärre justeringar i den fysiska utformningen.

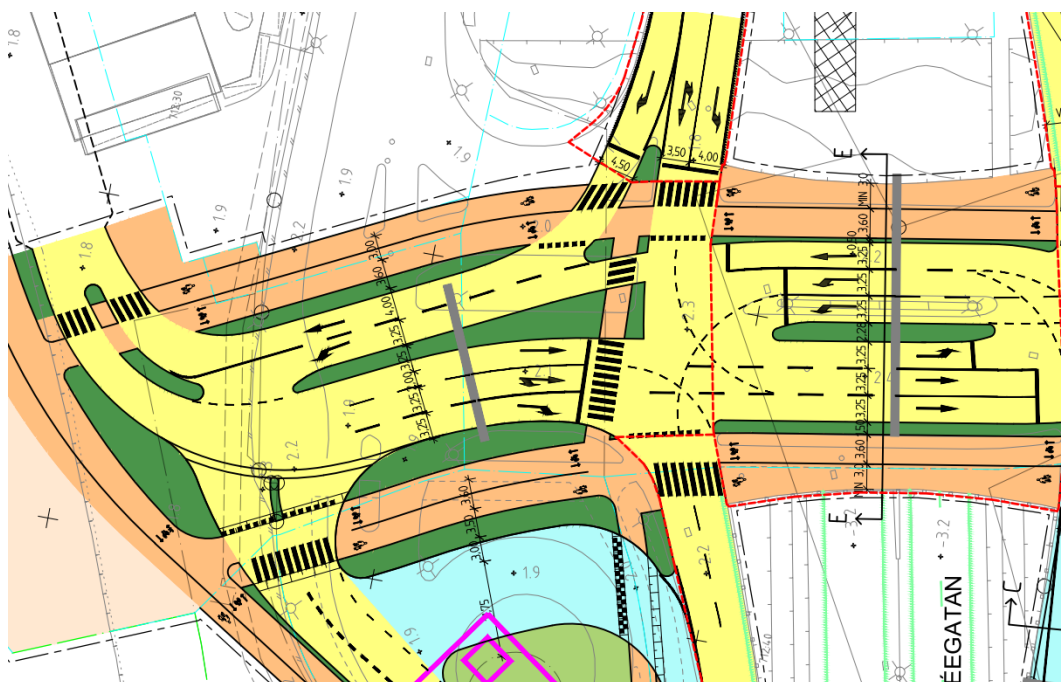
Trafiksimuleringar

Trafiksimuleringarna visar att köer uppstår västerut på Emigrantvägen från Skeppsbron vid utfarten mot trafikplatsen. Köerna hindrar då även busstrafiken, som via regleringsytan skall angöra hållplatserna längs påfartsrampen mot väster.

För att begränsa köerna föreslås att ett ytterligare körfält utförs i Emigrantvägen för högersvängande mot påfarten västerut till Oscarsleden. Den slutliga utformningen får samordnas med placeringen av linbanetorn och ventilationstorn som nämnts ovan.

På skissen nedan visas utrymmesbehovet och en principiell lösning för detta extrakörfält.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------



Alternativ lösning med tre st körfält från Emigrantvägen in i korsningen.

3.11 Linbanestation

I detaljplanen ingår två alternativa lägen för utbyggnad av en linbanestation och linbana över Göta Älv. *Huvudalternativet* för linbanestationen förslås norr om Järntorget vid nuvarande Folkets hus. Se ritning 2239/13-0204. En del av stationsbyggnadens huskropp kommer att sträcka sig ut över vägbana och gångbana. Byggnaden stöttas av två pelare som placeras i nära anslutning till trafikytorna. På ritningen redovisas två rastrerade områden där pelarna lämpligen placeras. Den norra pelaren placeras i refugen mellan körfälten som leder ner på tunnelrampen och bör inte placeras närmare körbanekanten än 1 meter. Då minskas risken för att svepet från ett större fordon som kör intill kantstödet kan komma i konflikt med fundamentet. Utrymmet redovisas som skrafferad yta på trafikförslaget. Det södra fundamentet bör placeras minst 2,5 m från vägkanten för att ge tillräcklig sikt för biltrafik som svänger österut ner på tunnelrampen. Gränsen är dragen så att ca 30 m stoppsikt erhålls.

Det andra alternativet för stationsläget, *reservalternativet*, är beläget väster om Järnvågsgatan i kvarteret mellan Masthamnsgatan avfarten från E 45.

3.12 Belysning

Trafikförslaget redovisar utrymme för förslag med motsvarande utformning och omfattning som den befintliga belysningen har. I första hand hur utrymme

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

tillgodoses i refuger och skiljeremisor. Belysningen i leden berörs inte. Justeringar av befintlig belysning erfordras vid ombyggnader av ramperna.

3.13 Byggskede

I arbetet med trafikförslaget har inga separata utredningar utförts med koppling till genomförandet av detaljplanen. Normal utbyggnadsordning är att infrastrukturen, gator och ledningar byggs först och därefter sker utbyggnader på kvartersmark (byggnader och markanläggningar). Erforderliga och/eller önskvärda etapputbyggnader och deras konsekvenser analyseras behöver klarläggas i fortsatta utredningar i samråd mellan berörda parter.

Trafikförslagets anläggningar bedöms behöva utföras i ett sammanhang. Järnvågsgatans förändrade utformning förutsätter foljdutbyggnader av befintliga gator både mot Järntorget och mot Järnvågen/Emigrantvägen.

Överdäckningen av ramperna förutsätter att förlagna säkerhetsåtgärder är utförda i tunneln.

3.14 Befintliga ledningar

Befintliga ledningar inom trafikförslagets utredningsområde redovisas på ritningarna 2239/13-4001 - 2239/13-4004.

Trafikförslaget innebär huvudsakligen en omfördelning av utrymmen för trafiken på befintliga ytor och till en mindre del utbyggnad av nya körytor. Det innebär att va-ledningar bedöms bli påverkade i mycket begränsad omfattning och att det är ledningar för avvattningen av hårdgjorda ytor som främst berörs.

Grunt förlagda el/tele/optokablar kan behöva anpassas till det nya utformningsförslaget.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx		

4 Konsekvenser av trafikförslaget

4.1 Samhällspåverkande faktorer

4.1.1 Trafiksystem

Det framtida trafiksystemet, som har varit en förutsättning för trafikförslaget, redovisas i kapitel 2.1.1.

4.1.2 Trafikdata

Förutsatta framtida trafikdata redovisas kapitel 2.1.2.

4.1.3 Tillgänglighet och framkomlighet. **Trafiksimuleringar**

Konsekvenserna av den nya detaljplanen och trafikförslaget vad avser *framkomlighet* kan inte klarläggas närmare förrän trafiksimulering av Järntorgsmotet är utförd. Nedan redovisas endast preliminära, grova bedömningar.

Gång- och cykeltrafik. Tillgängligheten för dessa trafikförslag ökar väsentligt genom tillkomsten av nya och/eller bredare och välseparerade gångbanor och cykelbanor samt nya övergångsställen (se t ex principfigurerna 4 och 5).

Framkomligheten påverkas i mindre grad. Under högtrafiktid blir det i praktiken svårt att ge gång- och cykeltrafiken prioritet i signalsystemet på grund av den förväntade höga totala trafikbelastningen i motet. Under annan tid däremot kan prioritering medföra betydande framkomlighetsfördelar.

Busstrafik. Tillgängligheten förbättras i och med det mycket kraftigt ökade antalet hållplatser och det (med den föreslagna körfältsindelningen) ökade utrymmet för tätare busstrafik.

Framkomligheten ökas kraftigt till följd av det separata kollektivkörfältet och prioritet i signalkorsningen.

Biltrafik. Tillgängligheten påverkas obetydligt.

Framkomligheten förbättras för trafiken på avfartsrampen från Götatunneln i och med att systemet med detektorer och prioritering i signalkorsningen gör att långa köer inte skall kunna bildas. För biltrafiken i övrigt genom Järntorgsmotet bedöms – givet förutsatta framtida trafikmängder – vissa mindre försämringar av framkomligheten som sannolika. Framkomligheten för den genomgående trafiken på E45 försämras inte, trafikförslaget bedöms snarare minska de störningar från trafik på avfartsramperna som kan påverka även genomgående trafik.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

Trafiksimuleringar

Efter vissa revideringar av utformningen ger trafiksimuleringarna som resultat att Järntorgsmotet – i huvudalternativet för linbanestationens placering – får god framkomlighet under hela den studerade tidsperioden, d v s för prognostiserade trafikmängder till och med år 2040.

I reservalternativet för linbanestationen visar trafiksimuleringarna att Järntorgsmotet på sikt kommer att bli överbelastat och därmed tidvis få mycket låg framkomlighet.

4.1.4 Trafiksäkerhet

Trafiksäkerheten bedöms generellt öka till följd av trafikförslaget. Det gäller särskilt för busstrafiken och därmed också för den biltrafik som den idag ofta är i konflikt med. För gång- och cykeltrafiken bedöms säkerheten öka väsentligt, i och med de bredare och välseparerade banor som föreslås för både gångtrafiken och cykeltrafiken. Att fler banor byggs ut gör också att gång- och cykelnätet blir mer komplett vilket minskar tendensen till regelöverträdelser.

Trafikförslaget innehåller även i övrigt förändringar av betydelse för trafiksäkerheten: längre växlingssträcka på avfarten från väster, förlängningen av tvåfältig avfart, barriär mellan kollektivfältet och bilkörfält, barriär mot kvarteren m fl.

4.2 Tekniska faktorer

4.2.1 Kablar och ledningar samt belysning

Om- och nybyggnaderna av trafikytor bedöms inte medföra några behov av omläggningar av vatten- och avloppsledningar. För avvattning av nya trafikytor erfordras kompletteringar av dagvattenledningar.

Kablar förlagda i och i anslutning till trafikytor fodrar anpassning till de nya utformningarna.

Teknikhus placerat mellan Järnvågsgatan och Folkets hus föreslås få ett nytt läge ca 70 m norrut ovan tunneltaket till Götatunneln.

Flyttning av belysningsstolpar erfordras längs berörda gator och ramper. Kompletteringar erfordras vid de tillkommande trafikytorna.

2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
---------------------------	---	-------------------

N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx

5 Kostnader

Kostnaderna för utförande av trafikförslaget, med en omfattning och utformning enligt denna rapport och bilagda ritningar, bedöms till 36 milj. kr.

I summan, som avser dagens prisnivåer, inkluderas projektadministration, projektering och osäkerheter.

6 Bilagor

Bilaga 1	Planritningar
Bilaga 2	Typsektionsritningar
Bilaga 3	Ledningar

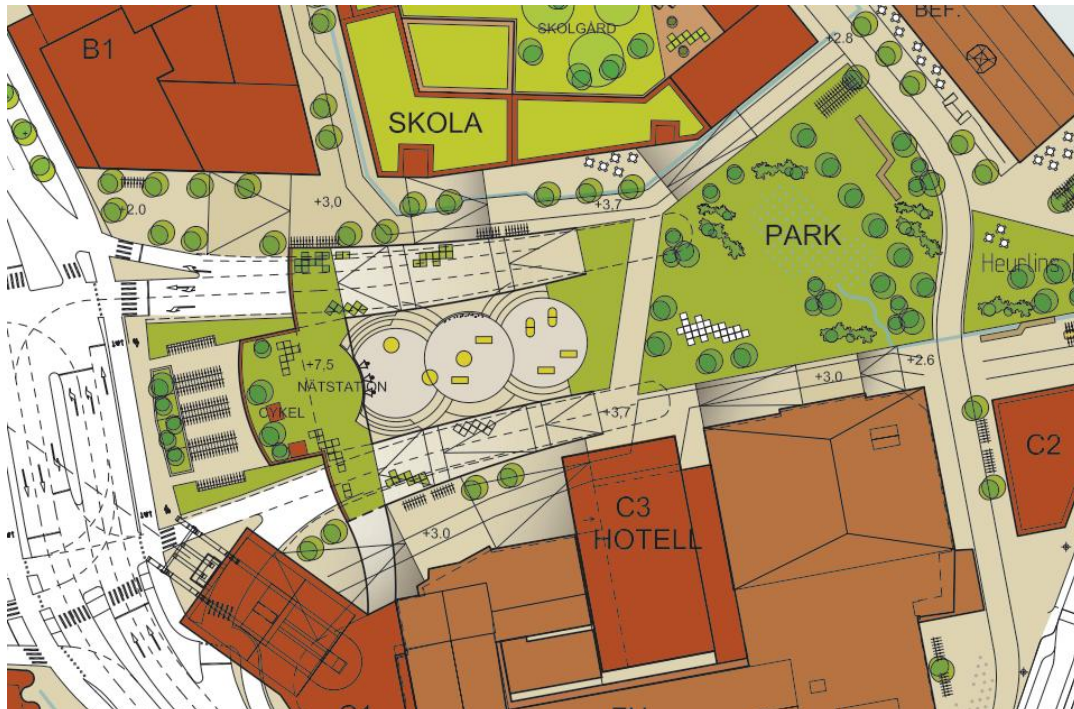
2017-10-27 Arbetsmaterial	Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m fl (Norra Masthugget) – Trafikutredning och trafikförslag	TKDnr: 2239/13
N:\104\23\1042357\5 Arbetsmaterial\01 Dokument\U\Trafikutredning och trafikförslag - aktuell version\Trafikutredning och trafikförslag, koncept 2017-10-27.docx		

RAPPORT

DETALJPLAN JÄRNVÅGSGATAN - GENOMFÖRANDESTUDIE

UPPDRAGSNUMMER: 2342863102

BYGGNADSTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR DETALJPLAN JÄRNVÅGEN



REVIDERING A: 2017-11- 28

SWECO CIVIL AB

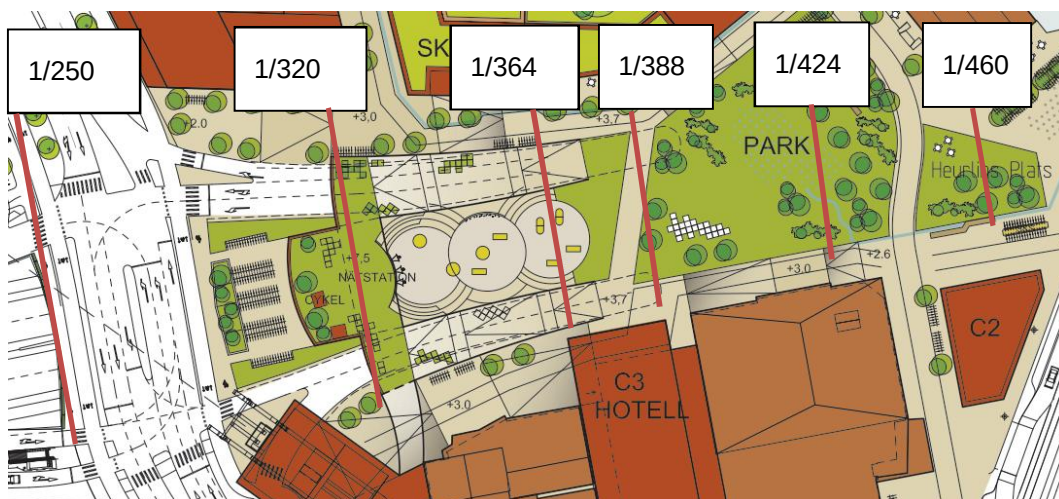
DAVID JOHANSSON

Sammanfattning

Arbetet med detaljplanen Järnvågen i Göteborg omfattar området på och invid Götatunneln. Götatunneln färdigställdes 2006 och består, i aktuellt område, av ett kohesionspålat tråg i väster som övergår i en pålad tunneldel i sektion 1/250. Götatunneln har i samband med uppförandet förberetts för tillkommande laster mellan sektion 1/320 och 1/450. Dessutom är tunneln förberedd för ökad last från markfyllning.

Föreslagen åtgärd innebär i huvudsak att befintlig avfartsramp för västgående trafik (norr om tunneln) och påfartsramp för östgående trafik (söder om tunneln) däckas över. Det betyder i praktiken en förlängning av de norra respektive södra avfartstunnelnarna med cirka 80 meter respektive 70 meter. Ovan tunneln, öster om korsningen med Järnvågsgatan och mellan ramptunnelnarna planeras både tekniktrymmen och cykelgarage. Ovanför och intill Götatunneln planeras i övrigt ett parkområde.

Förändringen av detaljplanen kommer att påverka Götatunneln genom att den kommer att belastas annorlunda än den gör idag. Denna rapport visar att Götatunneln, under förutsättning att utformning sker enligt vissa antaganden, inte överskrider laster som tunneln är dimensionerad för. Lastjämförelsen är utförd genom att laster från nya konstruktioner, eller överfyllning, kontrollerats mot dimensionerade laster. Rapporten behandlar karakteristiska laster på tunnel och till viss del snittkrafter i tunnelkonstruktionen.



Enligt detaljplanen ska ned- och uppfartsramp överdäckas. Götatunneln är konstruerad för laster av nya ovanpåliggande byggnader från sektion 1/320 och österut. I sektion 1/320 börjar därför överdäckningen av tunnelramper. Överdäckningen antas utföras i betong med tvärsnittsmåttet 0,5 meter.

RAPPORT

REVIDERING A: 2017-11-28

DAVID JOHANSSON

Norra rampen kan överdäckas genom att förlänga norra trågväggen samt att anlägga en ny vägg på Götatunnelns norra tunnelvägg. Det finns tillräcklig kapacitet kvar i konstruktionen för att anlägga ett parkområde ovanpå överdäckningen. Jordfyllnaden får inte överskrida 0,4 meter sektion 1/320.

Södra rampen kan överdäckas genom att ett nytt ramben uppförs söder om rampen, väster om sektion 1/364. Detta på grund av att trågväggarna här inte är förberedda för extra last. Öster om sektion 1/364 kan överdäckningen anläggas på befintliga trågväggar. I nedfartrampen kommer fläktar att installerats i sektion 1/350. Över hela överdäckningen finns det kapacitet i konstruktionen att anlägga ett parkområde med maximalt jorddjup på 0,4 meter.

Väster om sektion 1/320, mellan rampernas förlängning, ska ett cykelgarage anläggas. Cykelgaraget består av två våningar med cykelparkering och byggnaden kommer vara högre än antagna marknivåer öster om byggnaden. Taket på cykelgaraget är antaget som en lättkonstruktion, vilket ej är tillgänglig för fotgängare. Cykelgaraget kan utföras väster om sektion 1/320 utan att belastningar som Götatunneln är dimensionerad för överskrids.

Direkt öster om cykelgaraget, i sektion 1/320 och mellan överdäckningen av upp- och nedfartsrampen ska en teknikbyggnad uppföras. Byggnadens tak utgör ytan för ovanliggande parkområde. Teknikbyggnaden kan utföras utan att belastningar som Götatunneln är dimensionerad för överskrids.

Parkområdet öster om cykelgaraget har en höge planerad höjd för markytan än vad Götatunneln är konstruerad för. Detta kan åstadkommas genom att höjningen och delar av befintlig jordfyllnad ersätts med lättfyllning, typ cellplast.

Sammantaget redovisar rapporten att i detaljplanen föreslagna åtgärder är genomförbara. Den exakta utformningen av överdäckningen och parken avgörs i kommande detaljprojektering och efter fortsatt samråd med Trafikverket.

Vid fördjupad kontroll av överdäckningen har vissa förändringar i utformningen projekterats. Grundläggningen på Götatunnelns ramhorn har förändrats till en bottenplatta. Detta medför att dubbnings in i Götatunnelns huvudrör förebyggs. För att förhindra att resultanten av överdäckningen förs in excentriskt i den befintliga konstruktionen, samt för att minska horisontella belastningen och därmed momentet i befintliga trågväggar, har anslutningen mellan bottenplattan och överdäckningens ramben utformas som en momentled.

Det har tillkommit ett krav på att fläktar ska installeras även i den norra uppfartsrampen. Detta kan rymmas inom en sektion utan att påverka tillgängligheten.

Grundläggningen av den södra rampens ramben har justerats att kunna gränsla en kvarsittande spont. Utförda beräkningar och information om den fortsatta projekteringen hittas i Bilaga E.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Förutsättningar	1
1.2	Metod	1
1.3	Normer och bestämmelser	2
1.4	Avgränsningar	2
1.5	Höjdsystem, då och nu	2
1.6	Markdjup för parkområde	2
2	Götatunneln	3
2.1	Beskrivning av lastförutsättningar	3
2.2	Generella ytlaster på och intill tunneln	6
2.3	Dilatationsfog	8
2.4	Kvarsittande Spont	8
3	Kontroll av förslag på utformning av detaljplan	9
3.1	Överdäckning av nedfartsramper	9
3.2	Norra rampen	10
3.3	Södra rampen	14
3.4	Cykelparkering under tak med bullerplank, väster om sektion 1/320	20
3.5	Teknikutrymme öster om sektion 1/320	22
3.6	Parkområde öster om Teknikutrymme	24
3.7	Omgivande mark	24
4	Utbyggnadsordning	24
5	Slutsatser	28

RAPPORT

REVIDERING A: 2017-11- 28

DAVID JOHANSSON

BILAGOR

Bilaga A	1
1 Allmänt	2
1.1 Sektion 1/320 Norra rampen	2
1.2 Sektion 1/340 Norra rampen	3
1.3 Sektion 1/364 Norra rampen	4
1.4 Sektion 1/400 Norra rampen	4
1.5 Sektion 1/320 Södra rampen	5
1.6 Sektion 1/352 Södra rampen	6
1.7 Sektion 1/364 Södra rampen	7
1.8 Sektion 1/388 Södra rampen	9
Bilaga B	1
1 Överdäckning Norra rampen	2
2 Överdäckning Södra rampen	3
Bilaga C	1
1 Inledning	2
1.1 Laster	3
1.2 Variabla laster	6
2 Resultat	8
2.1 Permanenta laster	8
2.2 Variabla laster	9
Bilaga D	1
1 Inledning	2
1.1 Systemmodell	2
2 Laster	3

RAPPORT

REVIDERING A: 2017-11-28

DAVID JOHANSSON

3	Resultat	4
3.1	Jämt utbredd last	4
3.2	Cellplast och bottenplatta	4
3.3	Enhetslaster för bestämning av influenslinjer	5
4	Jämförelse av snittkrafter.	6
Bilaga E		1
1	Inledning	2
2	Systemmodell	4
2.1	Laster	5
2.2	Resultat	7
3	Slutsatser	9

1 Inledning

Vid arbeten med planering av detaljplan Järnvågsgatan krävs utredning kring mark- och byggnader som planeras inom aktuella detaljplanen. På uppdrag av Älvstranden Utveckling AB skall Sweco utreda lämplig utformning på uppbyggnader av mark och byggnader som planeras uppföras ovanpå och invid Götatunneln.

1.1 Förutsättningar

Som underlag för utredningen finns:

- Förslag alternativa utformningar över Götatunneln från Kanozi arkitekter.
- Arbetsritningar på Götatunneln (O 1561, 14-1561-XX).
- Utdrag från beräkningsrapporter (Entreprenad J2, 1K331210 samt 1K332301) för Götatunneln.
- Teknisk beskrivning tunnelarbeten, O 1561 Betongtunnel inkl ramper och driftutrymmen DU1 och DU2 samt ventilationstorn (TBt101 J2) daterad 2000-11-15.

1.2 Metod

Utredningen bygger på information hämtad från förfrågningsunderlag, beräkningsrapporter samt inmätningar av marknivåer. Från dessa källor inhämtas information om vilka laster Götatunneln är konstruerad för samt vilka marknivåer som nu gäller på aktuella platser.

Lasteffekten från föreslagen detaljplan kontrolleras för att inte överstiga lastförutsättningarna, inhämtade från förfrågningsunderlag samt beräkningsrapporter. I de fall belastning från ny utformning överskrider tillåtna lastförutsättningarna, föreslås en åtgärd så att tillåten belastning ej överskrids, t.ex. ett materialval eller att typ av utfyllnadsmassor.

Överdäckningen av ned- och uppfartsramp kontrolleras mot tillåtna linjelaster, se kapitel 2.1, medans konstruktioner och marknivåer mellan ramper kontrolleras mot övriga permanenta laster Götatunneln är dimensionerad för, dvs. överfyllnad.

Vid belastning av tunneltak jämförs snittkrafter orsakade av ny överbyggnad med snittkrafter orsakade av dimensionerad överfyllnad. Om snittkrafter från koncentrerade laster på tunneltak överskrider snittkrafter från jordtryck, föreslås en utformning av dessa så att tillåtna snittkrafter inte överskrids.

1.3 Normer och bestämmelser

Gällande normer och bestämmelser vid tidpunkt för utredning är Eurokoder samt EKS10. När Götatunneln projekterades gällde istället "Tunnel 99" och "Bro 94". De laster som Götatunneln är dimensionerad och förberedd för är angivna som karakteristiska laster. Det bedöms vara tillräckligt noggrant att i detta skede beräkna karakteristiska laster för nya konstruktioner och jämföra dessa med de karakteristiska laster som tunnel förberetts för, utan att göra någon sorts omvandling av lastvärdena.

Vid ombyggnad gäller samma krav som vid nykonstruktion. Det betyder att överbyggnaderna ska dimensioneras för laster enligt Eurokod samt Krav Brobyggande och lastkombineras därefter.

För befintliga konstruktioner genomförs sedan en bärrighetsberäkning inklusive de nya lasterna, alternativt en lastjämförelse av karakteristiska laster som tunneln är dimensionerad för.

I denna rapport jämförs endast karakteristiska laster av nya konstruktioner med föreskrivna karakteristiska laster i förfrågningsunderlag samt beräkningsrapporter.

1.4 Avgränsningar

I utredningen görs vissa förenklingar vad gäller stommars verkningsätt och laster som verkar på och i bygnadsverk. Resultaten ger därför en överslagsmässig bild av vilken typ av markuppbbyggnader och byggnader som är möjliga att upprätta på aktuell plats. Endast karakteristiska laster kontrolleras i dessa överslag.

Då Götatunneln är dimensionerad för trafiklast enligt Tunnel 99, anses detta vara tillräckligt för att klara laster från nya variabla laster. I rapporten kommer således endast permanenta laster kontrolleras, undantaget variabla laster ovanpå överbyggnad på tunneldel som ej är förberedd för extra laster, se kapitel 2.1.

1.5 Höjdsystem, då och nu

Vid projektering av Götatunneln användes Göteborgs Stads lokala höjdsystem, GH88. Nu har hela riket infört samma referenssystem i höjd, RH2000. Detta medför ingen påverkan på resultaten av utredningen, mer än att höjder på ritningar och i rapporter från projektering av Götatunneln räknas om till nu gällande höjdsystem. Skillnaden mellan systemen är att nollplanet för RH2000 ligger 9,953m över nollplanet för GH88.

1.6 Markdjup för parkområde

Jorddjupet för parkområden planerade för buskar behöver vara 0,4 – 0,6 m. För områden med gräs krävs ett jorddjup av cirka 0,2 m.

2 Götatunneln

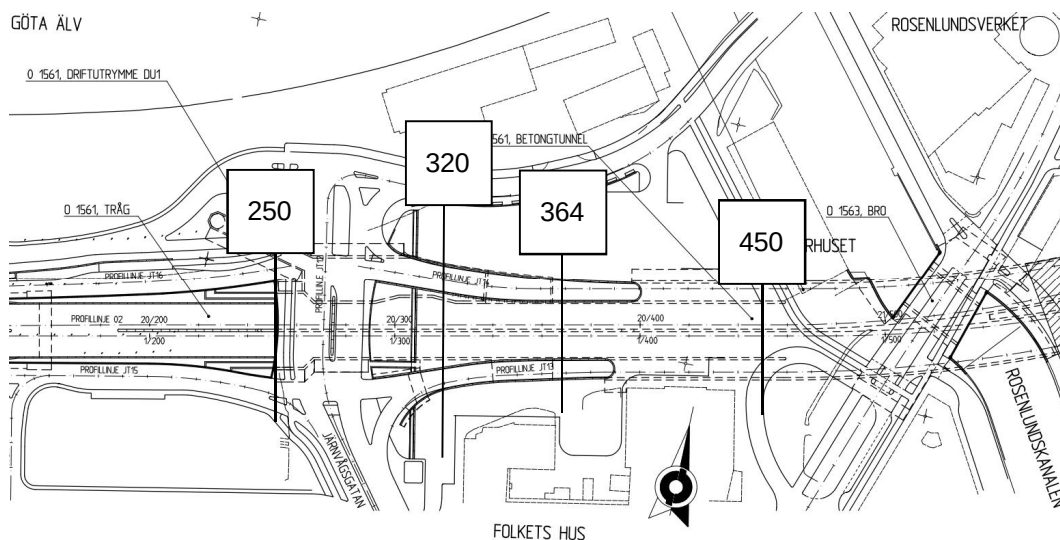
Götatunneln färdigställdes 2006 och består, i aktuellt område, av ett kohesionspålat tråg i väster som övergår i en kohesionspålad tunneldel i sektion ~1/250. I sektion 1/364 övergår grundläggningen av tunneln till att vara stödpålad. Runt sektion 1/500 övergår tunneln till att vara grundlagd direkt på berg för att mellan sektion ~1/520 till ~1/600 vara stödpålad. Ungefär i sektion 1/600 är bergpåslaget för tunneln.

Undersökt del av Götatunneln är mellan mynningen (1/250) till sektion ca 1/460. Ovanpå denna del är det i detaljplanen förslaget ett parkområde. Området är alltså förlagt både över den kohesionspålade delen, samt den stödpålade delen, av tunneln.

2.1 Beskrivning av lastförutsättningar

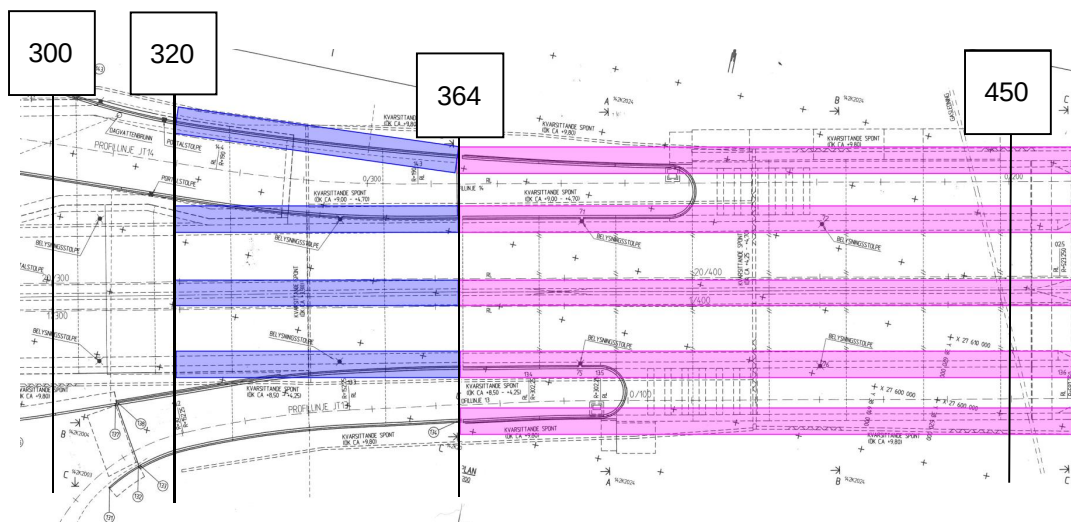
I rapport "Väg 45, Götatunneln, Obj. 429013, Fiskhamnsmotet-Järntorget, Entreprenad J2, Teknisk beskrivning tunnelarbeten O 1561 Betongtunnel inkl ramper och driftutrymmen DU1 och DU2 samt ventilationstorn (TBt101 J2)" beskrivs att tunnel och ramper i olika delar skall förberedas för påbyggnader ovan tunneln. Detta bekräftas av beräkningsrapporter för tunneln. Det bekräftas att endast norra rampen är dimensionerad för laster från framtida byggnader.

I rapporten presenteras lastförutsättningar för delar av tunnel placerade mellan sektion 1/320 och 1/450. Aktuellt område för utredning i denna rapport är ett område som sträcker sig från sektion 1/300 till sektion 1/450. I Figur 2-1 visas plan med linjer i olika sektioner för olika längder längs med tunneln markerade.



Figur 2-1. Översiktsplan över aktuellt område.

Väster om sektion 1/320 är tunneln ej förberedd för ytterligare belastningar från byggnader. I Figur 2-2 visas en plan, med linjer i sektioner, förberedda för ytterligare belastningar markerade.



Permanent last = 430 kN/m, Variabel last 80 kN/m

Permanent last = 215 kN/m, Variabel last 40 kN/m

Figur 2-2. Plan över belastningslinjer förberedda för tillkommande last.

2.1.1 Lastförutsättningar mellan sektion 1/300 och 1/320

Mellan sektion 1/300 och 1/320 är Götatunneln grundlagd på kohesionspålar. I detta område är inte tunneltak- eller väggar förberedda för extra last. Generellt markdjup som området är dimensionerat för är ca 1m. Detta djup inkluderar hänsyn till framtida markhöjningar på ca 0,5m.

2.1.2 Lastförutsättningar mellan sektion 1/320 och 1/364

Mellan sektion 1/320 och 1/364, se figur som följer, är Götatunneln grundlagd på kohesionspålar. Här kan tunnelväggar och vissa trågväggar belastas med last från husbyggnader. Enligt beräkningsrapporter kan tunnel- och trågväggar belastas med följande karakteristiska linjelaster:

$G_{\text{permanent}} = 215 \text{ kN/m}$

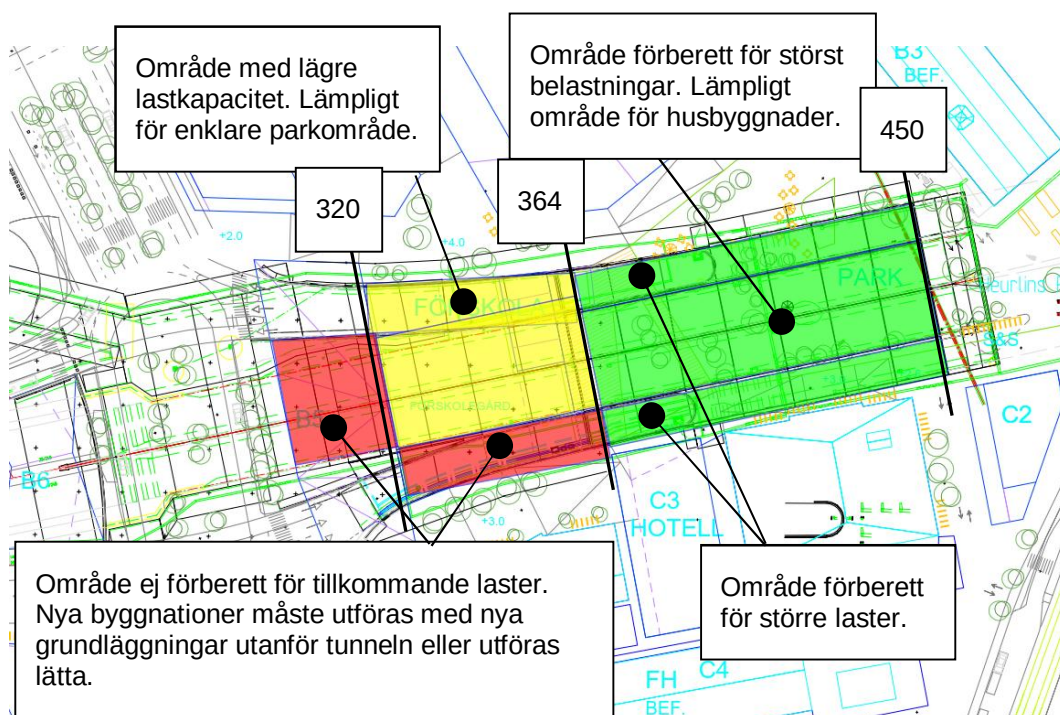
$Q_{\text{variabel}} = 40 \text{ kN/m}$

2.1.3 Lastförutsättningar mellan sektion 1/364 och 1/450

Mellan sektion 1/364 och 1/450 är Götatunneln grundlagd på stödpålar till berg. Enligt beräkningsrapporter kan tunnel- och trågväggar belastas med följande karakteristiska linjelaster:

$$G_{\text{permanent}} = 430 \text{ kN/m}$$

$$Q_{\text{variabel}} = 80 \text{ kN/m}$$



Figur 2-3. Översiktsplan där olika ytor och dess förutsättningar beskrivs.

2.2 Generella ytlaster på och intill tunneln

Enligt "Väg 45, Götatunneln, Obj. 429013, Fiskhamnsmotet-Järntorget, Entreprenad J2, Teknisk beskrivning tunnelarbeten O 1561 Betongtunnel inkl ramper och driftutrymmen DU1 och DU2 samt ventilationstorn (TBt101 J2)" och beräkningsrapporter gällde bl.a. "Tunnel 99" och "Bro 94" generellt som föreskrifter avseende belastningar på tunneln. I detta avsnitt listas vissa slutsatser som dras från genomgången underlag.

2.2.1 Befintliga fyllningar

I område mellan linje i sektion 1/236 och 1/364 (1/363 enligt TBt) skall tunnel ha dimensionerats enligt de fyllnadsnivåer som framgår av förslagsritningarna (markritningar) vilket motsvarar 0,2 – 0,4 m fyllning. I beräkningar har detta förenklats till 0,4 m fyllning med ett lastvärde på 8 kPa. Utöver dessa nivåer skall tunneln vara dimensionerad för ytterligare 0,5 m fyllning eller ytterligare 10 kPa. Sammanlagd last från fyllning på tunnel mellan linje i sektion 1/236 och 1/364 som tunnel är dimensionerad för är således 18 kPa.

I område mellan linje i sektion 1/364 (1/363 enligt TBt) och 1/460 har tunnel dimensionerats för marknivåer baserat på ritningar i förfrågningsunderlag, B:05:16 J2, daterad 1999-11-15. Utifrån bilaga till konstruktionsberäkningar för Götatunneln (Entreprenad J2, 1 K 33 2 301 Bilaga 1 samt 1 K 33 1 210) dras slutsatsen att följande belastningar har använts i aktuellt område:

- Vägbeläggning: 1,8 kPa
- Jordfyllnad i sektion 1/364: 18,9 kPa (motsvarar 0,945 m fyllnad)
- Jordfyllnad i sektion 1/400: 18,5 – 23,9 kPa (motsvarar 0,9 – 1,2 m fyllnad)
- Jordfyllnad i sektion 1/448: 34,1 – 37,9 kPa (motsvarar 1,7 – 1,9 m fyllnad)
- Jordfyllnad i sektion 1/460: 64,2 – 65,5 kPa (motsvarar 3,2 – 3,3 m fyllnad)

Mellanliggande värden på jordfyllnad kan interpoleras mellan sektionerna.

Enligt konstruktionsritningar är marknivån i den västra delen av området (vid sektion 1/260) ca +12,741 i GH88 systemet vilket blir +2,788 i RH2000 systemet.

Enligt konstruktionsritningar är marknivån i området (vid sektion 1/304) ca +13,279 till +13,578 i GH88 systemet vilket blir +3,326 till +3,625 i RH2000 systemet.

Enligt konstruktionsritningar är marknivån i området (vid sektion 1/340) ca +12,839 till +13,459 i GH88 systemet vilket blir +2,886 till +3,506 i RH2000 systemet. Enligt grundkartan är befintlig marknivå ca +2,8 i området.

Enligt konstruktionsritningar är marknivån i området (vid sektion 1/388) ca +12,1 till +12,72 i GH88 systemet vilket blir +2,147 till +2,766 i RH2000 systemet. Enligt grundkartan är befintlig marknivå ca +2,4 till +2,5 i området.

6(28)

RAPPORT

REVIDERING A: 2017-11-28

DAVID JOHANSSON

Enligt konstruktionsritningar är marknivån i mitten av området (vid sektion 1/424) centriskt ovan tunnelns mittenvägg +12,688 i GH88 systemet vilket blir +2,735 i RH2000 systemet. I kanterna ovan de yttersta tunnelväggarna (inte rampväggarna) är marknivåerna +12,386 i GH88 systemet vilket blir +2,433 i RH2000 systemet. Enligt grundkartan är befintlig marknivå ca +2,2 till +2,4 i området.

Enligt konstruktionsritningar är marknivån i den östra delen av området (vid sektion 1/460) centriskt ovan tunnelns mittenvägg +12,677 i GH88 systemet vilket blir +2,724 i RH2000 systemet. I kanterna ovan de yttersta tunnelväggarna är marknivåerna +12,16 i GH88 systemet vilket blir +2,207 i RH2000 systemet. Enligt grundkartan är befintlig marknivå ca +2,2 – 2,30 i området.

Enligt konstruktionsritningar är marknivån i den östra delen av området (vid sektion 1/480) +13,1 i GH88 systemet vilket blir +3,147 i RH2000 systemet. Enligt grundkartan är befintlig marknivå ca +2,2 i området.

Tabell 2-1. Planerade och föreslagna marknivåer ovan tunneln mellan sektion 1/260 och 1/480

Sektioner	Nivåer grundkarta	Nivåer K-ritningar (skalmätning)	Nivåer beräknings-rapport	Nya föreslagna nivåer
Sektion 1/260	+2,10 – +2,40	+2,79	+2,6 – +2,9	+2,4
Sektion 1/304	+1,40 – +2,60	+3,33 – +3,63	+2,9 – +3,2	+2,4
Sektion 1/340	+2,80	+3,25	+3,2	+3,0 – +3,5
Sektion 1/388	+2,40 – +2,50	+2,15 – +2,80	+3,1	+3,7
Sektion 1/424	+2,20 – +2,40	+2,43 – +2,74	+3,35	+3,0
Sektion 1/460	+2,20 – +2,30	+2,20 – +2,72	+3,0	+2,6
Sektion 1/480	+2,20	+3,15		+2,6

2.2.2 Variabla laster

Tunneln är generellt dimensionerad för trafiklast på tunneltaket enligt Bro 94. Där fyllningen är större än 3 m ovan tunneltaket motsvarar trafiklasten en utbredd last på 17 kN/m².

2.3 Dilatationsfog

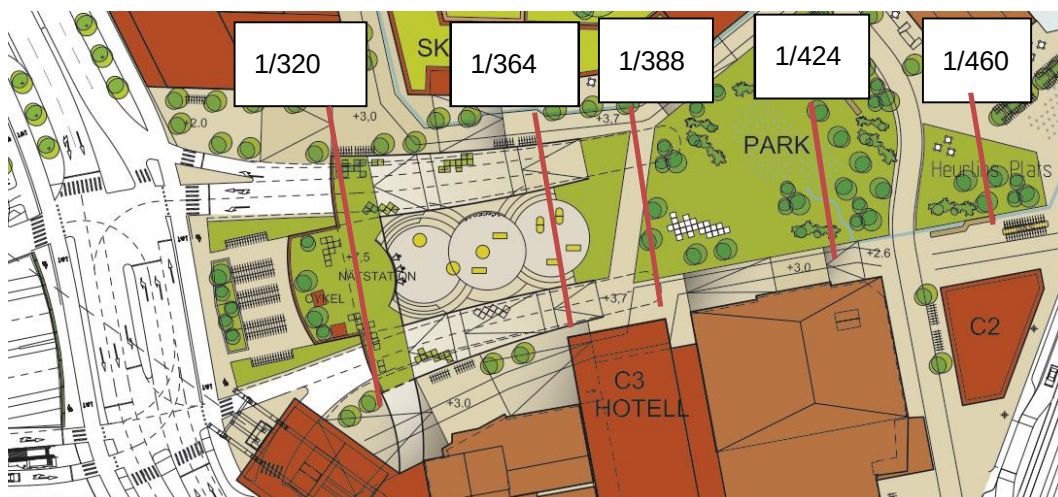
I sektion 21/36, 1/364 och 1/460 ligger det dilatationsfogar. Dilatationsfogen i sektion 1/460 har vid en garantibesiktning blivit reparerad och fungerar nu tillfredställande.

2.4 Kvarsittande Spont

Runt tunnelmynningen löper en spont som är kapad på höjden -0.15. Sponten närmast det södra tråget fyller ingen funktion och kommer troligen att behöva kapas i samband med södra överdäckningens grundläggning.

3 Kontroll av förslag på utformning av detaljplan

Kanozi arkitekters förslag på plan för aktuellt område daterat 2017-05-24 beaktas i denna rapport. I figur visas planförslag med relevanta sektionsmarkeringar markerade.



Figur 3-1. Planförslag från Kanozi daterat 2017-05-24 med sektionsmarkeringar.

Kontrollerna har haft som utgångspunkt att den inbyggda extrakapacitet som finns i konstruktionen används till nedfartsramper. Övriga nya konstruktioner mellan dessa nedfartsramper, antas inte överskrida kapaciteter i Götatunneln från andra laster, egentligen utbredd last från jord.

3.1 Överdäckning av nedfartsramper

På- och avfartsramperna till Götatunneln ska däckas över från sektion 1/320 och öster ut. Från sektion 1/320 och öster ut är tunnel- och rampväggarna dimensionerade för att bära last av tillkommande byggnader, med undantag av den södra rampens väggar mellan sektion 1/320 och 1/364, se kapitel 2.1. Denna lasten har beaktats som en last från byggnad, i förfrågningsunderlag samt beräkningsrapporter. I denna rapporten har endast karrateristiska laster antagits, alltså ingen hänsyn till om den tillkommande lasten härrörs från byggnadsverk eller fyllnadsmassor.

3.2 Norra rampen

Den norra uppfartsrampen är förberedd för att bära tillkommande permanenta laster. Mellan sektion 1/320 och 1/364 är konstruktionen förberedd för en tillkommande permanent last om 215 kN/m. Från sektion 1/364 är rampen förberedd för en tillkommande permanent last om 430 kN/m.

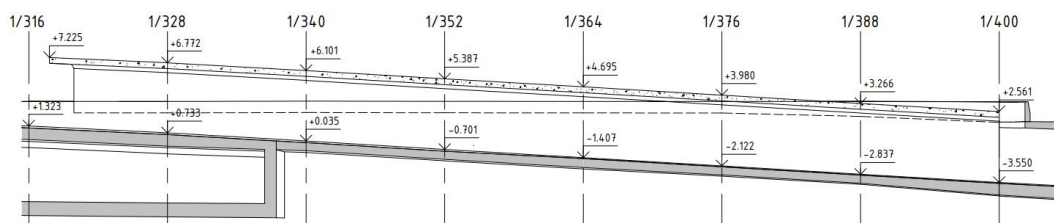
Idag står den södra trågväggen av den norra uppfartsrampen på valvet för driftutrymme DU1 fram till sektion 1/340, se Figur 3-3. Driftutrymmet är inte konstruerat för att ta upp extra laster från en överdäckning. Därför måste överdäckningen väster om sektion 1/340 sträcka sig längre än nuvarande södra trågvägg för att landa på tunnelväggen.

En lastjämförelse mellan tillåtna och nya (permanent) laster har genomförts för att kontrollera genomförbarheten vid en överdäckning från sektion 1/320 och vidare öster ut. Överdäckningen antas vara utförd i betong med tjockleken 500 mm.

Längst randen av ramperna kommer ett fallskydd att uppföras, i rapporten antaget med en vikt av 2kN/m.

Analysen är utförd på en meterstrimla vid fyra olika sektioner längst uppfartsrampen. I sektion 1/320 är överdäckningen som längst samt att befintliga murar är som längst, vilket medför att höjden på överdäckningen är som störst i detta snitt.

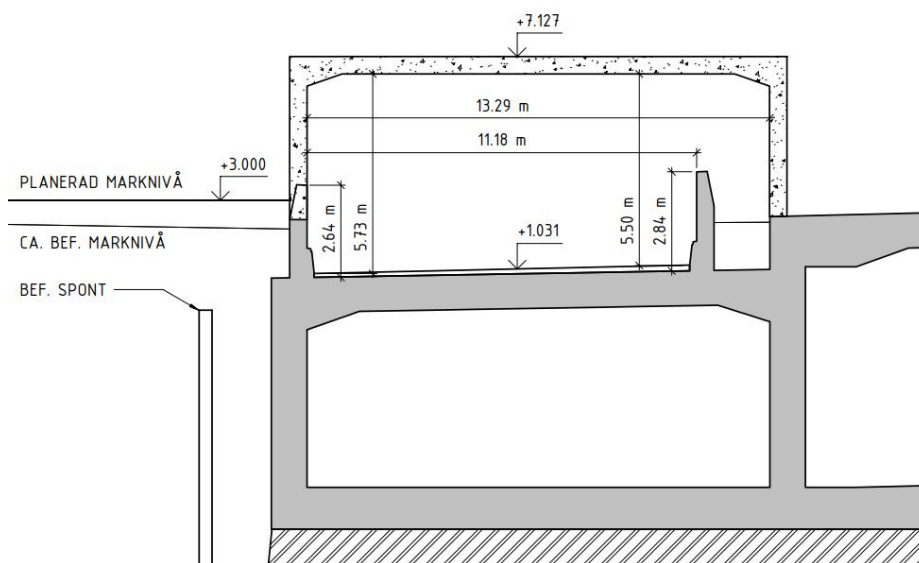
Vidare kontrolleras reaktionerna i några sektioner längst uppfartsrampen för att interpolera fram tillåten belastning (markdjup) på överdäckningen. Resultaten från analyserna redovisas vidare i detta kapitel. Analyserna och kontrollen är redovisade i Bilaga A.



Figur 3-2. Längdsektion, Norra rampen.

3.2.1 Snitt 1/320

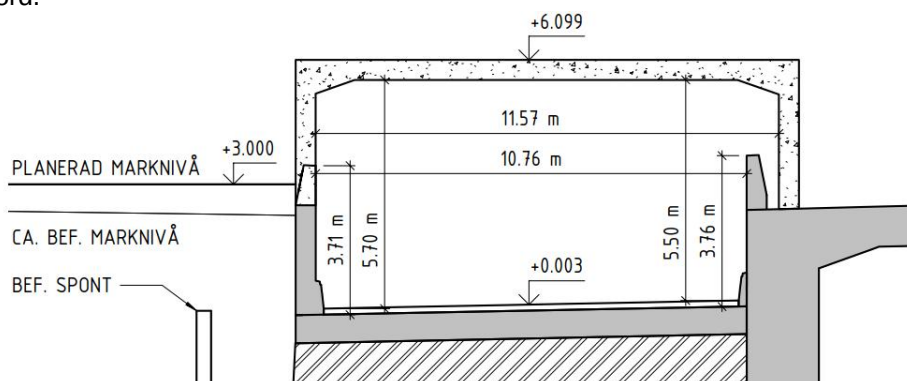
Vid mynningen av överdäckningen, sektion 1/320, kan konstruktionen belastas med ca $8,5 \text{ kN/m}^2$. Detta motsvarar en uppfyllnad på ca 0,4m jord. Omgivande marknivå är här lägre än vad tunneln är dimensionerad för. Ingen växling av massor, eller extra last på tunnel från omgivande mark behöver beaktas i detta snitt.



Figur 3-3. Sektion 1/320, Norra rampen.

3.2.2 Snitt 1/340

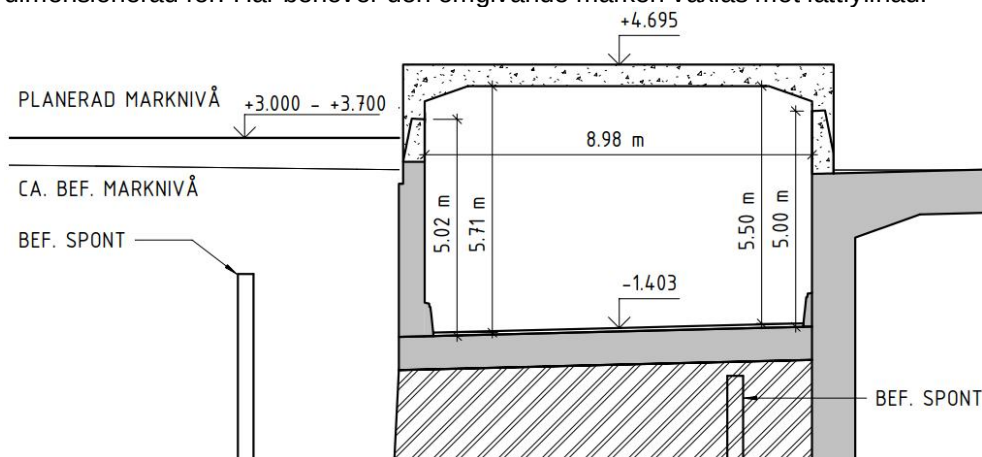
Ungefär i sektion 1/340 möter den inre trågväggen tunnelväggen. I detta snitt kan överdäckningen belastas med ca 14 kN/m^2 . Detta motsvarar en uppfyllnad på ca 0,7m jord.



Figur 3-4. Sektion 1/340, Norra rampen.

3.2.3 Snitt 1/364

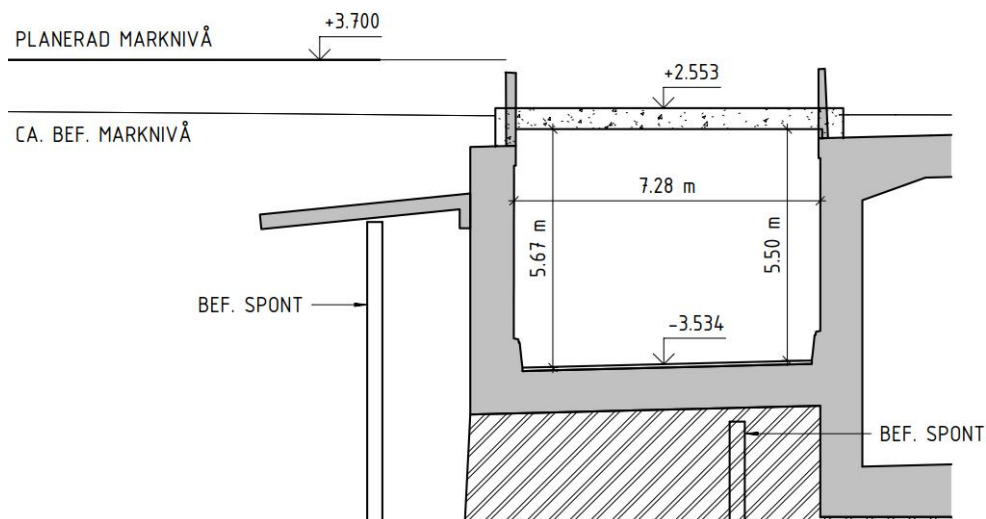
I sektion 1/364 övergår grundläggningen från att vara kohesionspålad till att vara stödpålad. Precis väster om denna sektion kan konstruktionen belastas med en utbredd last på ca 24,5kN/m² och precis öster om sektionen ca 70kN/m². Detta motsvarar fyllning på ca 1,2m respektive 3,5m. I denna sektion är omgivande mark högre än vad tunneln är dimensionerad för. Här behöver den omgivande marken växlas mot lättfyllnad.



Figur 3-5. Sektion 1/364, Norra rampen.

3.2.4 Sektion 1/400

I sektion 1/400 övergår rampen till tunnel, här kan konstruktionen belastas med ca 97 kN/m^2 , vilket motsvarar 4.8m överfyllnad. I sektion 1/400 är omgivande mark högre än vad tunneln är dimensionerad för. Även här behöver marken växlas mot lättare massor.



Figur 3-6. Sektion 1/400, Norra rampen.

3.2.5 Utförande

Vid projektering ska djupet på lättfyllnaden dimensioneras med hänsyn till stadens vattennivåer. Sponten som löper tunneln behöver beaktas i projekteringen.

Vid överdäckning av rampen kan extra armering komma att behöva borrar in i tunneltaket. Detta får detaljprojekteringen avgöra. En preliminär dimensionering av överdäckningens tak har genomförts för att kontrollera att antagna dimensioner är användbara. Dimensioneringen har utförts för sektion 1/320 och redovisas i Bilaga B.

3.3 Södra rampen

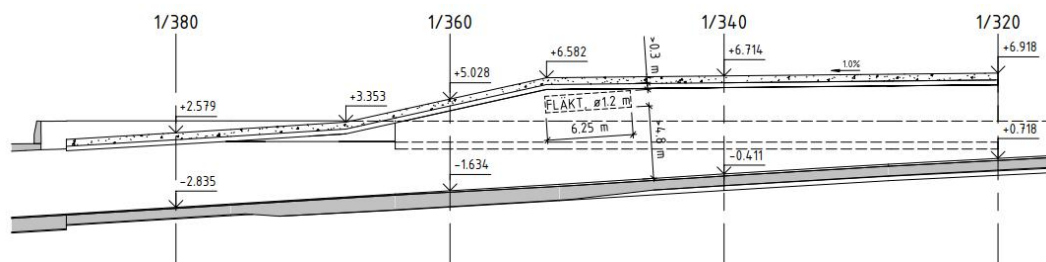
Södra rampens trågvägg är inte förberedd för tillkommande laster, enligt befintliga beräkningar. Här behövs en ny mur grundläggas utanför befintlig trågvägg. Den nya muren antas behöva byggas ca 2m utanför den befintliga trågmuren.

Överdäckningen kontrolleras i fyra snitt längt nedfartsrampen. Överdäckningen har som störst spännvidd vid mynningen, ca 15,5 meter, och blir kortare längst med nedfartsrampen. Där spännvidden är som kortast är den ca 10,5 meter.

Längst randen av ramperna kommer ett fallskydd att uppföras, i rapporten antaget med en vikt av 2kN/m.

Överdäckningen av den södra rampen antas utföras identisk med överdäckningen av den norra rampen, med skillnaden att ena muren av överdäckningen grundläggs utanför befintlig trågvägg mellan sektion 1/320 och 1/364. Detta medföra att endast norra väggen av överdäckningen landar på befintlig tunnel. Därför kontrolleras endast denna reaktion.

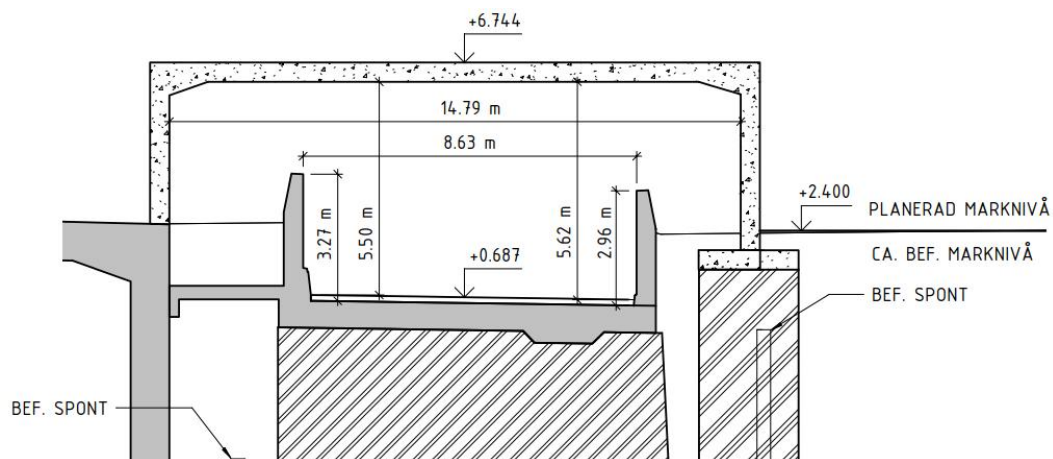
Resultaten från analyserna redovisas vidare i detta kapitel. Analyserna och kontrollerna är redovisade i Bilaga A



Figur 3-7. Längdsektion Södra rampen.

3.3.1 Sektion 1/320

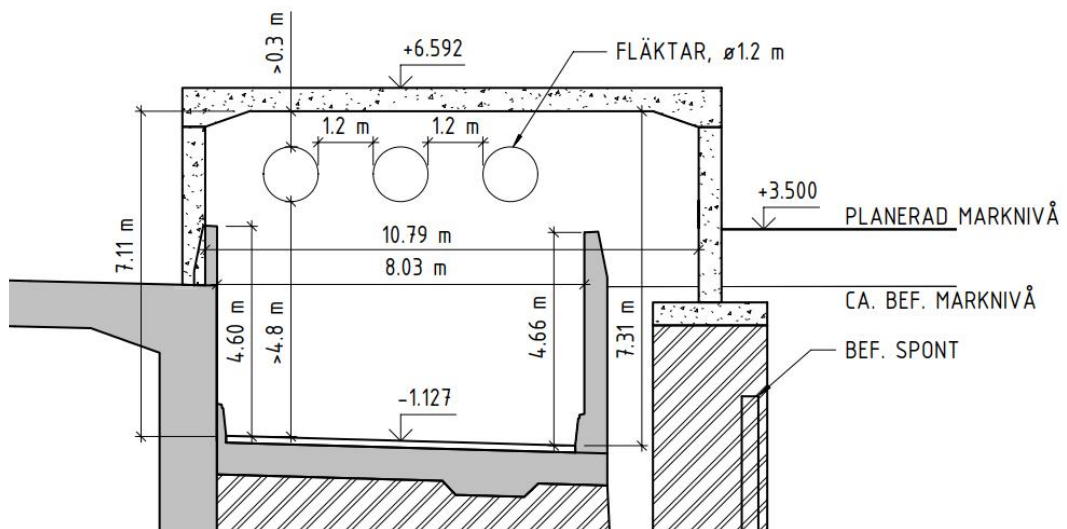
I sektion 1/320 har överdäckningen kapacitet att belastas med ca 8,5 kN/m². Detta motsvarar ca 0,4m jord. Omgivande marknivå är lägre i detta snitt än vad tunneln är beräknad för, så ingen kompensation för högre marknivå behöver beaktas.



Figur 3-8. Sektion 1/320, Södra rampen.

3.3.2 Sektion 1/352

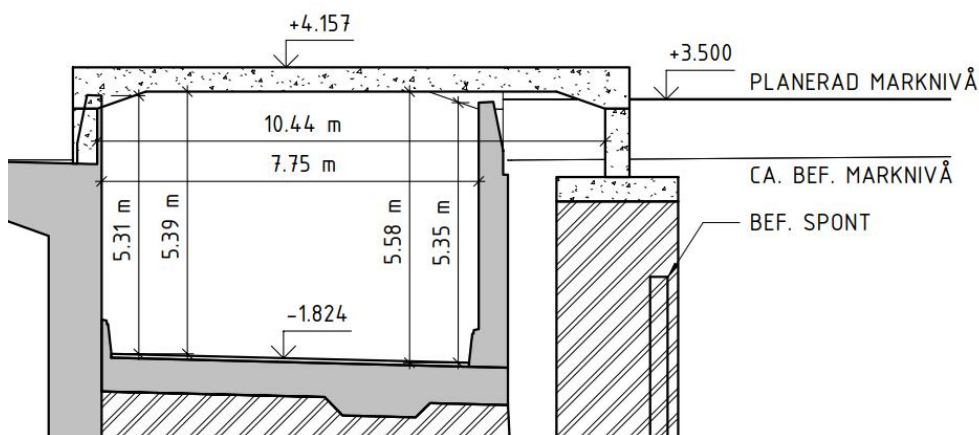
I sektion 1/352 är det antaget att fläktarna kommer att installeras. I denna sektion finns det kapacitet att belasta överdäckningen med ca $21,8 \text{ kN/m}^2$, detta motsvarar ca 1,1m jord. Dock kommer fläktarna kräva en del av denna kapaciteten. Vilken den möjliga belastningen ovanpå överdäckningen är i detta snitt får vidare detaljutformning påvisa. Omgivande marknivå är här högre än vad tunnelkonstruktionen är dimensionerad för. I ett område vid detta snitt måste därför jorden växlas till lättfyllning.



Figur 3-9. Sektion 1/352, Södra rampen.

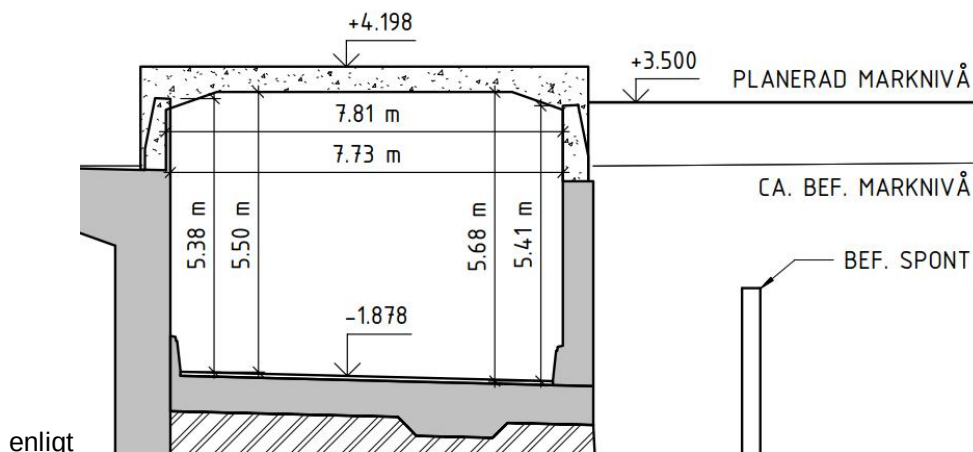
3.3.3 Sektion 1/364

I sektion 1/364 förändras grundläggningen och kapaciteten att bära extra last i konstruktionen höjs. Här är den södra trågväggen förberedd att bära extra last (430 kN/m) och tunnelväggs kapacitet höjs från 215 kN/m till 430 kN/m. Precis väster om sektion 1/364 kan överdäckningen belastas med ytterligare 23,8 kN/m². Detta motsvarar ca 1,2 m fyllnadsmassor.

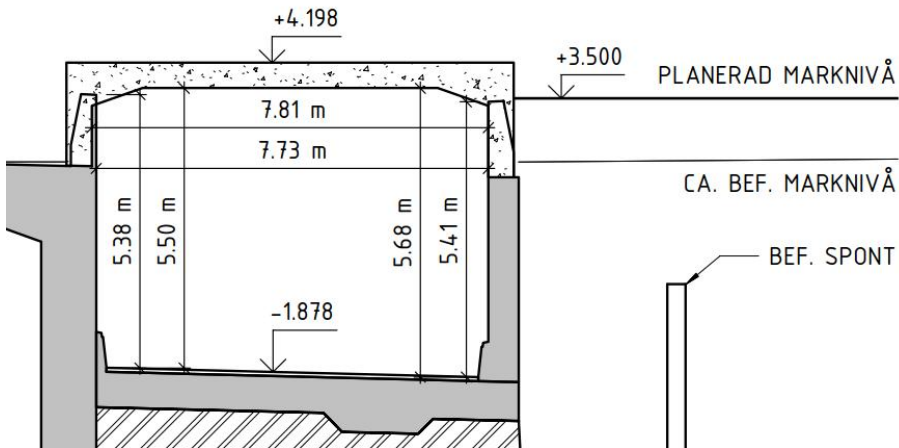


Figur 3-10. Sektion 1/364(-), Södra rampen.

Direkt öster om sektion 1/364 kan överdäckningen, om den är indragen till trågmuren



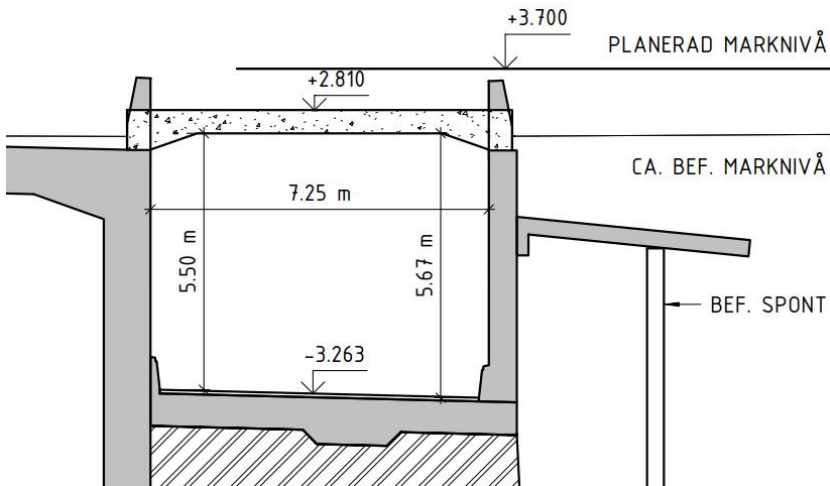
Figur 3-11, bära en extra last på ca 87 kN/m². Detta motsvarar ca 4,3 m fyllnadsmassor. Omgivande marknivå är här högre än vad tunnelkonstruktionen är dimensionerad för. I ett område vid detta snitt måste därför jorden växlas till lättfyllning.



Figur 3-11. Sektion 1/364(+), Södra rampen.

3.3.4 Sektion 1/388

Ungefär i sektion 1/388 övergår rampen till tunnel. I denna sektion har konstruktionen kapacitet att belastas med ca 98 kN/m². Detta motsvarar ca 4,9 m fyllnadsmassor. Marknivåerna i dennas sektion är högre än vad tunneln är dimensionerad för. Marken behöver därför växlas mot lättare material i ett område kring denna sektion.



Figur 3-12. Sektion 1/388, Södra rampen.

3.3.5 Utförande

Vid grundläggning av den södra rampens överdäckning, kommer nya pålar att slås ner nära eller inuti utbredningen av befintliga pålar från Götatunneln. Närheten till befintliga pålar och tunnelns grundläggning behöver beaktas i kommande projektering.

Den befintliga sponten som löper runt tunneln behöver också beaktas vid en projektering av grundläggningen. Troligen kommer sponten att kapas under den nya grundläggningsnivån i de delar där den krockar med föreslagen bottenplatta.

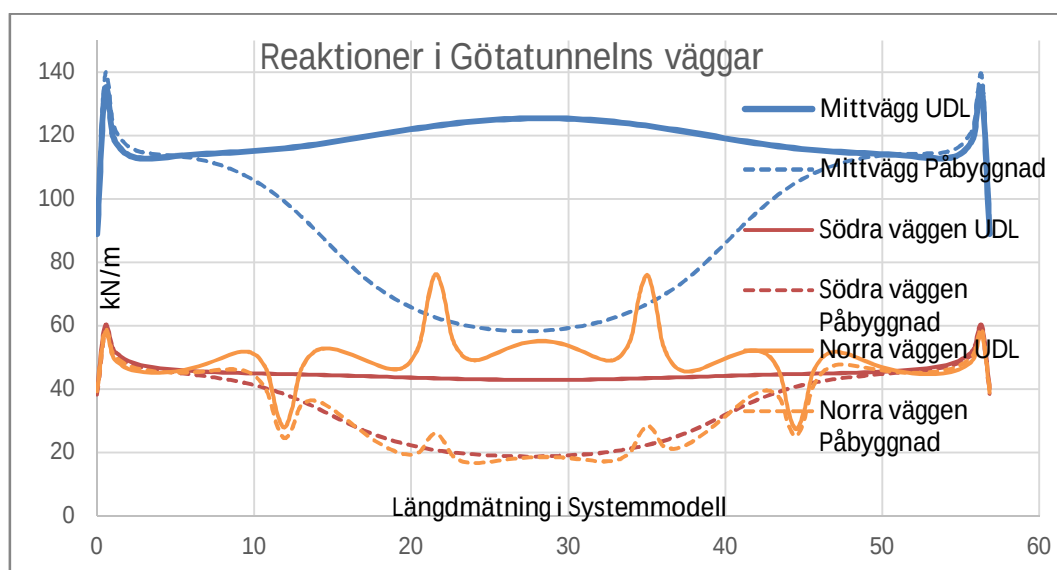
Vid överdäckning av rampen kan extra armering komma att behöva borras in i tunneltaket. Detta får detaljprojekteringen avgöra. En preliminär dimensionering av överdäckningens tak har genomförts för att kontrollera att antagna dimensioner är användbara. Dimensioneringen redovisas i bilaga C.

3.4 Cykelparkering under tak med bullerplank, väster om sektion 1/320

Väster om sektion 1/320 ska ett cykelgarage utföras. Cykelgaraget ska rymma cykelparkering i två våningar. Den yttre geometrin av cykelgaraget är hämtat från Norconsults förslag, daterat 2017-06-01. Pelare är placerade över Götatunnelns mittvägg samt i ytterkant av cykelgaraget vilket ger bjälklaget cirka 12m spännvidd.

Kontrollen har utförts genom att jämföra reaktioner i tunnelväggar. Som utgångspunkt har beräkningsrapporter legat. Tunneln har dimensionerats för en jordlast av 18 kN/m^2 ovanpå tunneln samt en trafiklast om 20 kN/m^2 på ett 6 meter brett område och 10 kN/m^2 på övriga trafikutrymmen. I analysen har den utbredda lasten (18 kN/m^2) applicerats på tunneltaket med samma bredd som cykelgaraget. I beräkningar belastar trafiklasten hela tunneltaket, och gör så i denna jämförelse också.

I analysen har cykelgaraget antagits vara i två våningar. Bjälklaget inne i garaget består av HDF-element och taket av en lättkonstruktion, korrigerad plåt samt balkar. Höjden på HDF-elementen för att klara 12m spännvidd bedöms till 270mm. Vikten på respektive plan är antaget till $3,75 \text{ kN/m}^2$ samt $1,0 \text{ kN/m}^2$. Pelarna är modellerade som VKR-profil (200x200x10). På tunneltaket läggs en beläggning, antaget 100mm i beräkningen.



Figur 3-13. Vertikala reaktioner i Götatunnelns väggar.

Endast reaktionerna i två beräkningssnitt visar större reaktionskrafter från påbyggnad än för den utbredda lasten. Dessa beräkningssnitt ligger under mittväggen av Götatunneln och utanför området där cykelgaraget ska byggas. Reaktionerna är även små och kan därför bortses ifrån. Topparna i norra väggen är i hörnen på nischen. Dessa är styvare och suger åt sig lasten.

Analys och beräkningar redovisas i bilaga C.

3.4.1 Utförande

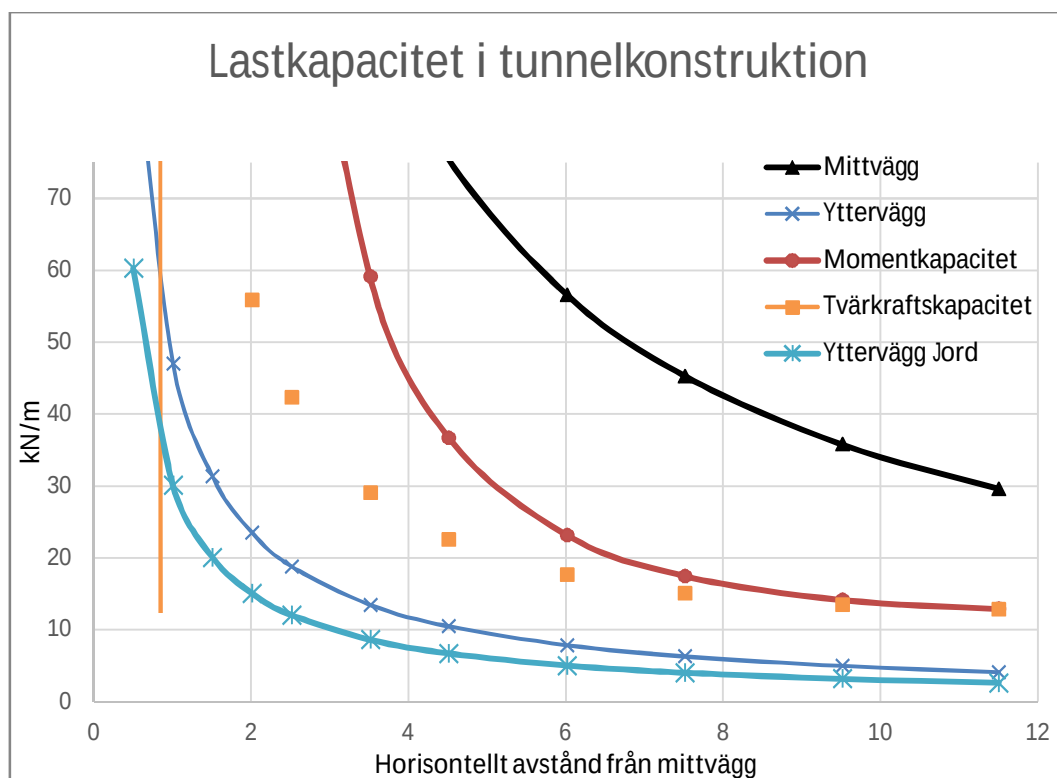
Det är möjligt att bygga cykelgarage i två våningar ovanpå Götatunneln utan att överskrida dimensionerade snittkrafter. Mellanbjälklaget antas vara HDF-element och taket en lättkonstruktion av balkar och korrugerad plåt. Ovansidan yttertak på cykelgaraget kommer hamna ca 5,9 meter över Götatunneln. Detta medför att nivån på taket hamnar mellan +8,0 och +8,5. Detta beror på att taket är antaget att följa nivån på Götatunneln, som lutar i både längdled samt har ett tvärfall från mitten.

3.5 Teknikutrymme öster om sektion 1/320

Öster om sektion 1/320 är tunnelväggarna förberedda för att klara extra belastning från nya permanenta laster. Dock tar överdäckningen av upp- och nedfartsrampar redan denna inbyggda kapacitet i anspråk. Belastning på de yttre väggarna behöver därför, i likhet med tunnelkonstruktion under cykelgarage, begränsas till belastningar från övriga permanenta laster. Götatunneln är dimensionerad för, dvs. utbredd last av fyllnadsmassor.

För att beräkna tillgänglig kapaciteten i tunnelkonstruktionen har en meterstrimla undersökts. Modellen och beräkningar redovisas i bilaga D.

I Figur 3-14 redovisas tillåten belastning i teknikutrymme (på meterstrimla). Om det ska anläggas ett parkområde ovan teknikutrymmet sjunker möjlig lastintensitet för installationer i teknikutrymmet.



Figur 3-14. Lastkapacitet kvar i Götatunneln att använda för installationer i teknikutrymme.

3.5.1 Utförande.

Utrymmet bör konstrueras likt cykelparkeringen med pelare centrerade över Götatunnelns väggar. Mellan upp- och nedfartsrampen kan dock pelare över ytterväggar bytas ut mot upplag på rampväggarna. Detta utförande skulle underlätta detaljprojekteringen av bl.a. pelarfötter, som är en detalj som behöver särskild omtanke för att inte överskrida kapaciteten i Götatunneln.

3.6 Parkområde öster om Teknikutrymme

Öster om teknikutrymmet är det planerat ett parkområde. Marken i området är planerat att ligga på nivån cirka +3,0 till +3,7. Detta är högre än vad Götatunneln är dimensionerad för. Fyllnadsmassorna ovanpå tunneln behöver bestå av lättfyllning.

Götatunneln är dimensionerad för fyllning på ca 1m (ca +3,0) längst hela området fram till sektion 1/400. Här börjar Götatunnelns tak att sjunka djupare under marknivån vilket tunneln är dimensionerad för. Förhöjd marknivå i parkområdet är ungefär planerad från sektion 1/320 till 1/410. Det är mellan dessa sektioner som befintlig fyllning behöver ersättas med lättfyllning för att kompensera för tillkommande last.

För varje meter som marken behöver höjas ovan dimensionerad markhöjd, behöver ca 0,2 meter av jorden skiftas mot lättfyllnad (cellplast). Detta finns det utrymme att göra då tunneln är dimensionerad för ca 1 meter jord. Jorddjupet kommer att kunna vara mer än 0,6 meter för hela området. Risken för upplyft kan komma att påverka detaljutformningen.

3.7 Omgivande mark

Tunneln ska vara dimensionerad för en jordkil som sträcker sig från ovankant ramben och upp till markytan. Denna effekt är inte beaktad i beräkningarna vid dimensionering av Götatunneln öster om sektion 1/364. Dock är fyllning på Götatunneln här liten och lasten har därför en obetydlig effekt. Vid en överdäckning av ramperna kommer de övre ramhörnen att hamna ovan mark, så detta lastfall är inte aktuellt i berörda snitt.

4 Utbyggnadsordning

Överdäckningen föreslås utföras bland de första åtgärderna inom genomförandet av detaljplan Järnvågsgatan. Genom att de östra på- och avfartsramperna överdäckas kan utrymmet ovanför Götatunneln göras mer tillgänglig.

Ytorna kan därmed användas i samband med resterande utbyggnad samtidigt som riskerna för trafikanterna under byggtid minskar.

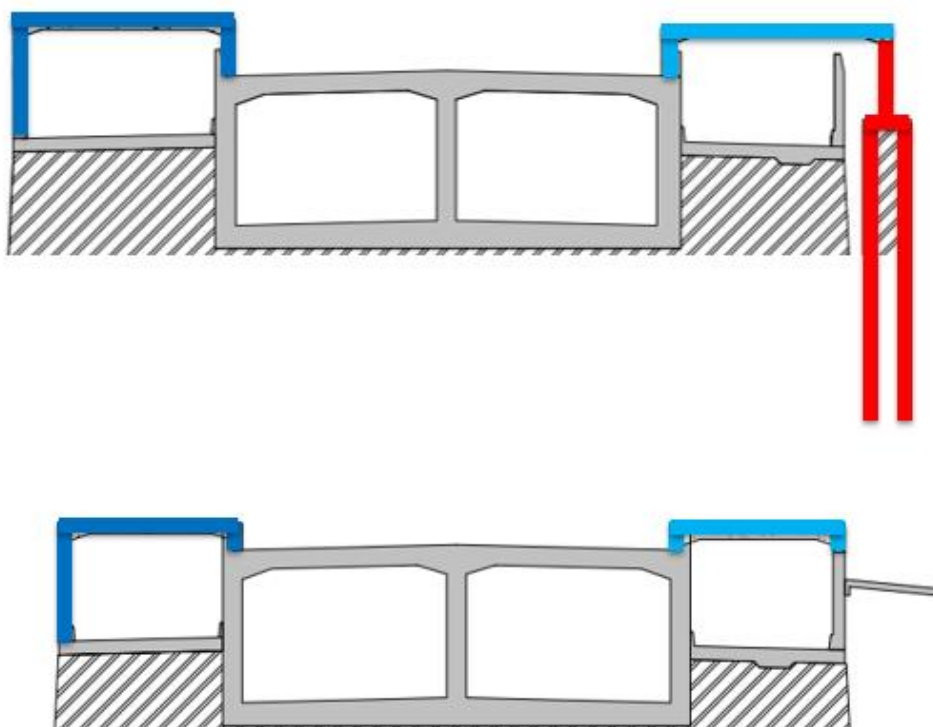
I samband med överdäckningen kommer trafiken ovanför, och i viss mån även i tunneln, att påverkas.

Arbetena utförs mest effektivt om allmän trafik i de ramper som ska överdäckas kan stängas av helt. Om detta inte är möjligt kan provisorier utformas så att ett körfält i respektive ramp hålls öppet på vardagar.

Trafiken kommer också att påverkas på vägen söder om den södra rampen, norr om Folkets Hus.

Arbetena med överdäckningen kan ske i huvudsakligen tre etapper:

- Etapp A; Förberedande arbeten samt grundläggning, bottenplatta och ramben för den södra rampens södra vägg. Etapp A sker med fördel före resterande arbeten.
- Etapp B; Avser resterande arbeten med överdäckning av den södra rampen. Etappen innefattar rivning av befintliga barriärer ovan mark, komplettering av armering i befintliga trågväggar, uppförande av nya tunnelväggar och tunneltak för den södra rampen.
- Etapp C; Avser samtliga arbeten med överdäckning av den norra rampen. Etappen innefattar rivning av befintliga barriärer ovan mark, komplettering av armering i befintliga trågväggar, uppförande av nya tunnelväggar och tunneltak för den södra rampen. Arbetena kan utföras samtidigt som eller efter etapp B.



Figur 4-1. Sektioner 1/352 (ovan) samt 1/382 (nedan). Arbetena kan ske i huvudsakligen tre etapper redovisade i olika färger. Etapp A (röd), etapp B (ljusblå) samt etapp C (mörkblå)

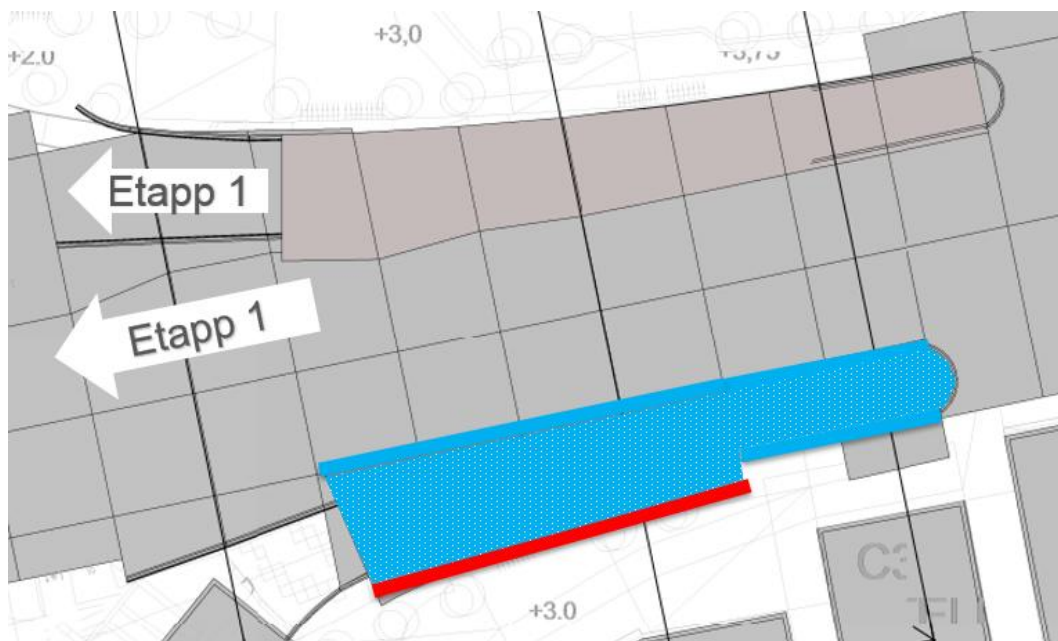
Västlänkens utbyggnad innebär en avstängning år 2018 av Götatunneln och förstärkning av delar av tunneln vid Lilla bommen.

Avstängningen av Götatunneln för Västlänken innebär att all västergående trafik leds från öster till väster i Götatunneln. Östergående trafik går på andra vägar på ytan.

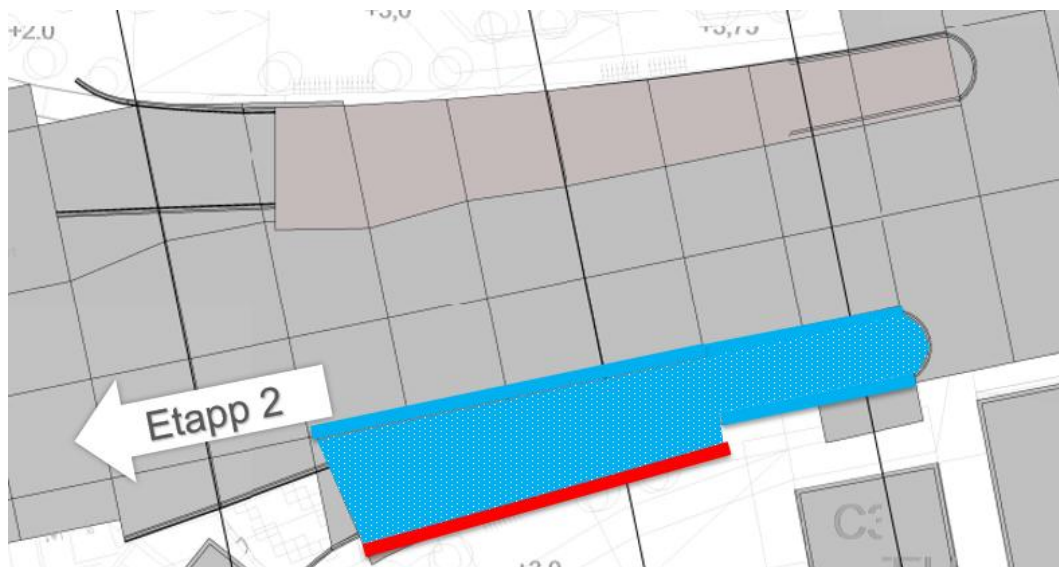
Avstängning 2018 sker 25/6 till 10/11 (v26-v45) i två etapper.

- Etapp 1, Södra tunnelröret stängs först, 8 veckor (v26-v32). Så även påfartsrampen som kan vara stängd hela byggtiden.
- Etapp 2, Norra tunnelröret stängs ca 13 veckor (v33-v45). Så även avfartsrampen.

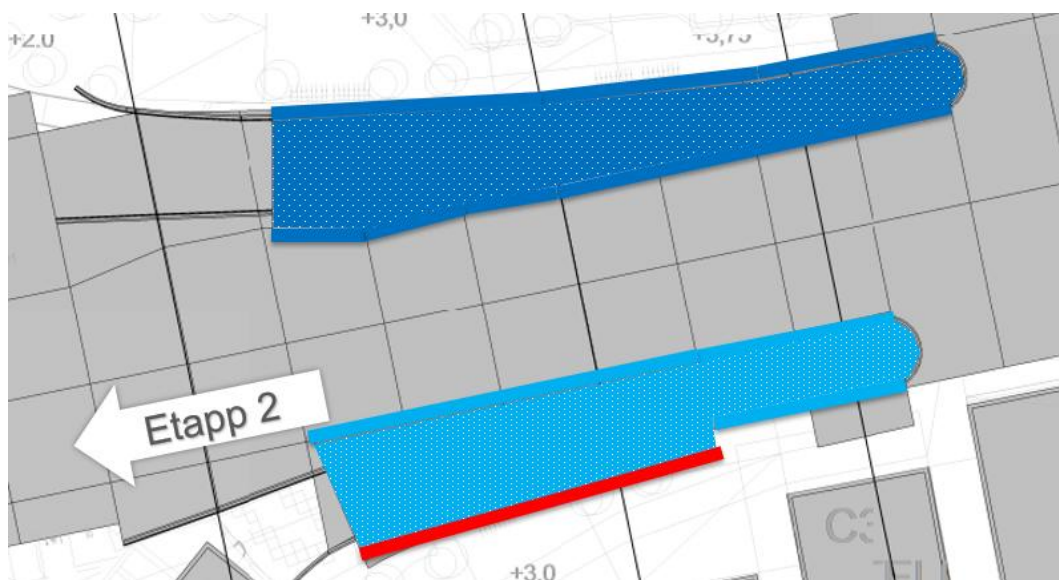
Överdäckning av ramper föreslås utföras samtidigt som trafikomläggningarna för Västlänken för att minimera arbetenas negativa inverkan på trafik. Överdäckningens etapp A (röd i figurerna) kan utföras innan planerad avstängning av Götatunneln. Överdäckningens etapp B (ljusblå i figurerna) bör starta omgående när trafikomläggningens etapp 1 startar och tunneln stängs av från all trafik österut, se Figur 4-2. Överdäckningens etapp B kan fortsätta även när trafikomläggningens etapp 2 startar då all trafik går västerut i det södra tunnelröret och påfartsrampen är avstängd, se Figur 4-3. Överdäckningens etapp C (mörkblå i figurerna) bör starta omgående när trafikomläggningens etapp 2 startar och trafiken västerut leds till tunnelns södra rör, se Figur 4-4.



Figur 4-2. Plan överdäckning. Etapp A (röd) utförs innan och etapp B (ljusblå) i huvudsak samtidigt som trafikomläggningens etapp 1 då södra tunnelröret är avstängt.



Figur 4-3. Plan överdäckning. Etapp B (ljusblå) kan fortsätta samtidigt som trafikomläggningens etapp 2 då all trafik västerut flyttar till det södra tunnelröret och påfartsrampen förblir avstängd.



Figur 4-4. Plan överdäckning. Etapp C (mörkblå) kan starta samtidigt som trafikomläggningens etapp 2 då all trafik västerut flyttar till det södra tunnelröret.

Överdäckning av ramper föreslås utföras samtidigt som trafikomläggningarna 2018 för Västlänken för att minimera arbetenas negativa inverkan på trafik.

5 Slutsatser

Norra rampen kan överdäckas genom att förlänga norra trågväggen samt att anlägga en ny vägg på Götatunnelns norra tunnelvägg. Det finns tillräcklig kapacitet kvar i konstruktionen för att anlägga ett parkområde ovanpå överdäckningen. Jordfyllnaden får inte överskrida 0,4 meter sektion 1/320.

Södra rampen kan överdäckas genom att ett nytt ramben uppförs söder om rampen, väster om sektion 1/364. Detta på grund av att trågväggarna här inte är förberedda för extra last. Öster om sektion 1/364 kan överdäckningen anläggas på befintliga trågväggar. Över hela överdäckningen finns det kapacitet i konstruktionen att anlägga ett parkområde med maximalt jorddjup på 0,4 meter.

Cykelgaraget kan utföras väster om sektion 1/320 utan att belastningar som Götatunneln är dimensionerad för överskrids. Belastningar från ett cykelgarage ligger generellt långt under belastningar från utbredd last, som tunneln är dimensionerad för. Dock överskrids snittkrafter i Götatunneln vid koncentrerade laster under pelare. Detta kan dock undvikas genom bl.a. lastspridning genom pelarfötter.

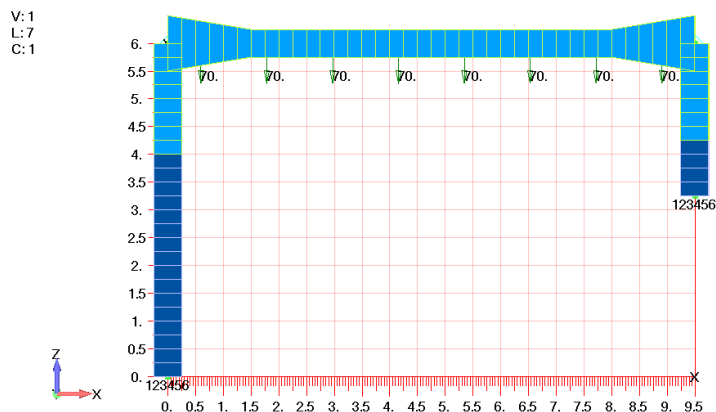
Teknikutrymmet öster om sektion 1/320 är möjlig att uppföra. Belastning på de yttre väggarna behöver i likhet för cykelgaraget begränsas till belastningar från övriga permanenta laster Götatunneln är dimensionerad för, dvs. utbredd last av fyllnadsmassor. En möjlig alternativ utformning är att integrera upplagen för taket i överdäckningens ramben.

Parkområdet mellan överdäckningen och öster om teknikutrymmet har en antagen marknivå högre än vad Götatunneln är dimensionerad för. Genom att skifta befintlig fyllning mot lättfyllning kan önskad marknivå erhållas.

Bilaga A

1.3 Sektion 1/364 Norra rampen

I sektion 1/364 är höjden på överdäckningen ca 0,6 m över befintliga murar



Figur 1-3. Systemanalys av överdäckning, Norra uppfartsrampen sektion 1/364

Reaktionerna i noderna är visade i Tabell 1-3. Återstående kapacitet i tunnelkonstruktionen är ca 24,5 kN/m² i tunneldelen väster om sektion 1/364 och 70 kN/m² i tunneldelen öster om sektion 1/364. Detta motsvarar ca 1,2m, respektive 3,5m fyllnadsmassor.

Tabell 1-3. Reaktioner i randvillkor, från egentynghet och överlast.

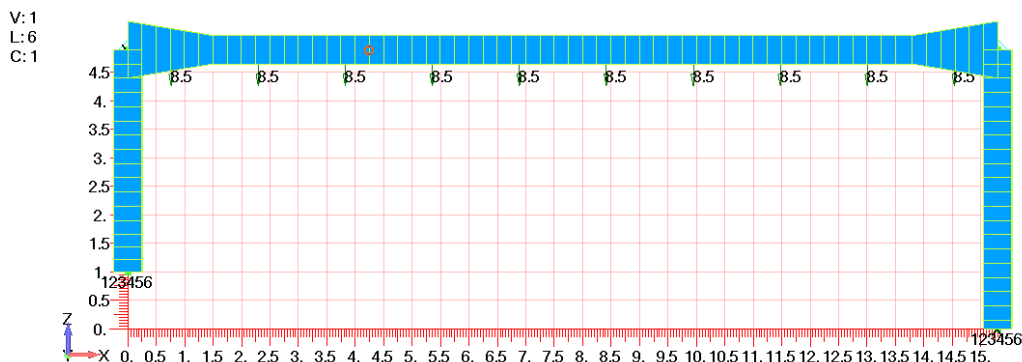
ID	X	Y	Z	1..BC - EG, NX NASTRAN Case 1 -C 1, 54..T3 Constraint Force	6..BC - FYLL, NX NASTRAN Case 6 -C 6, 54..T3 Constraint Force	7..BC - FYLL, NX NASTRAN Case 7 -C 7, 54..T3 Constraint Force
268	9.5	0.	3.25	89.2474	113.7582	325.0233
283	0.	0.	0.	97.1276	118.9918	339.9767

1.4 Sektion 1/400 Norra rampen

I sektion 1/400 är överdäckningen upplagd direkt på trågväggar. Analysen är därför utförd med handberäkningar. Överdäckningen antas i detta snitt vara en betongplatta, 0,5m tjock. Alla laster antas spridas symmetriskt till båda stöden.

Reaktioner i upplagspunkter blir ca 50 kN/m. Detta ger en kvarstående kapacitet för uppfyllnad på ca 97 kN/m², vilket motsvarar 4,8 m fyllnad (jord; g=20kN/m³).

1.5 Sektion 1/320 Södra rampen



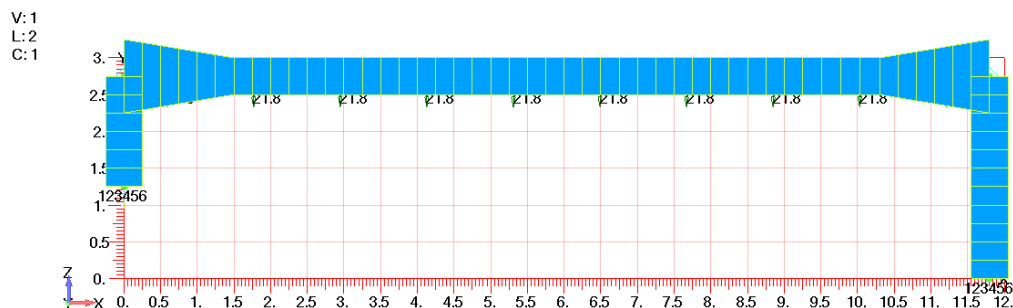
Figur 1-4. Systemanalys av överdäckning, Södra nedfartsrampen sektion 1/320.

Reaktionerna i noderna är visade i Tabell 1-4. Återstående kapacitet i tunnelkonstruktionen är ca 8,5 kN/m². Detta motsvarar ca 0,4m fyllnadsmassor. Vid överdäckningens början behöver fallskyddet gå längst med portalens kant. I denna sektion tillkommer en last av ca 15kN. Dock kan denna last spridas ned i rampen, antag spridning 1:1, och resultanten på tunnelkonstruktionen blir då ca 5kN/m.

Tabell 1-4. Reaktioner i nod på tunneltak från egentyngd samt överfyllnad.

ID	X	Y	Z	1..BC - EG, NX NASTRAN Case 1 -C 1, 54..T3 Constraint Force	6..BC - FYLL, NX NASTRAN Case 6 -C 6, 54..T3 Constraint Force
13	0.	0.	1.5	147.8899	63.94664

1.6 Sektion 1/352 Södra rampen



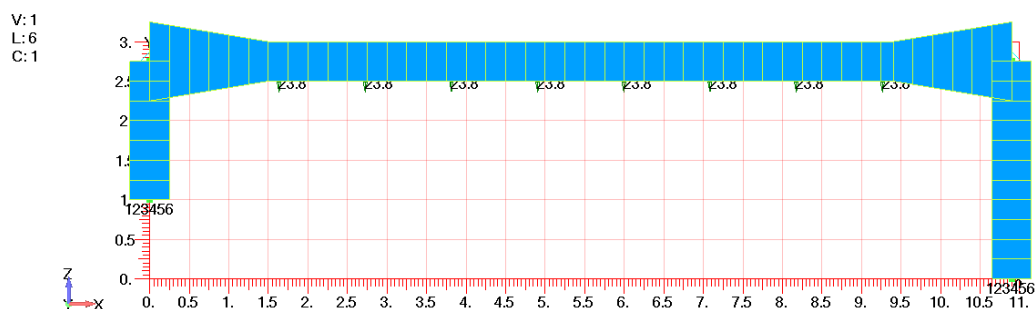
Figur 1-5. Systemanalys av överdäckning, Södra nedfartsrampen sektion 1/352.

Reaktionerna i noden är visade i Tabell 1-5. Återstående kapacitet i tunnelkonstruktionen är ca 21,8 kN/m². Detta motsvarar ca 1,1 m fyllnadsmassor. I denna sektion är det även antaget att fläktar ska installeras. Fläktarnas vikt kommer att minska möjlig belastning ovanpå överdäckningen. Vilken den möjliga fyllnadsnivån ovanpå detta snitt är får vidare detaljutformning påvisa.

Tabell 1-5. Reaktioner i nod på tunneltak från egentyngd samt överfyllnad.

ID	CSys ID	X	Y	Z	1..BC - EG, NX NASTRAN Case 1 -C 1, 54..T3 Constraint Force	2..BC - UDL, NX NASTRAN Case 2 -C 2, 54..T3 Constraint Force
300	0	0.	0.	1.25	88.20078	126.6187

1.7 Sektion 1/364 Södra rampen

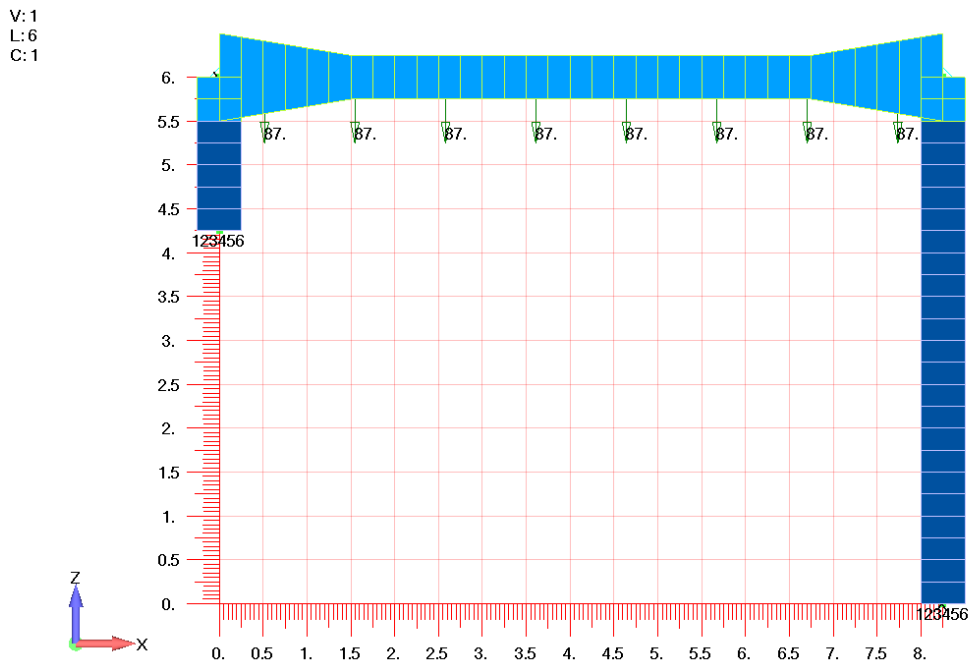


Figur 1-6. Systemanalys av överdäckning, Södra nedfartsrampen sektion 1/364.

Reaktionerna i noden är visade i Tabell 1-6. Återstående kapacitet i tunnelkonstruktionen är ca 23,8 kN/m². Detta motsvarar ca 1,2 m fyllnadsmassor.

Tabell 1-6. Reaktioner i nod på tunneltak från egentyngd samt överfyllnad.

ID	X	Y	Z	1..BC - EG, T3 Constraint Force	6..BC - FYLL, T3 Constraint Force
299	0.	0.	1.	84.62096	127.6193



Direkt öster om sektion 1/364 är både tunnelvägg samt trågvägg förberedd för att bära extra last, se kapitel 2.1.3. Där har tunnelkonstruktionen kapacitet att bära ca 87 kN/m². Detta motsvarar ca 4,3 m fyllnadsmassor.

Tabell 1-7. Reaktionen i nod på tunneltak från egentygnd samt överfyllnad.

ID	X	Y	Z	1..BC - EG, T3 Constraint Force	6..BC – FYLL, T3 Constraint Force
4	8.25	0.	0.	67.32738	359.8727
299	0.	0.	4.25	69.04762	357.8773

1.8 Sektion 1/388 Södra rampen

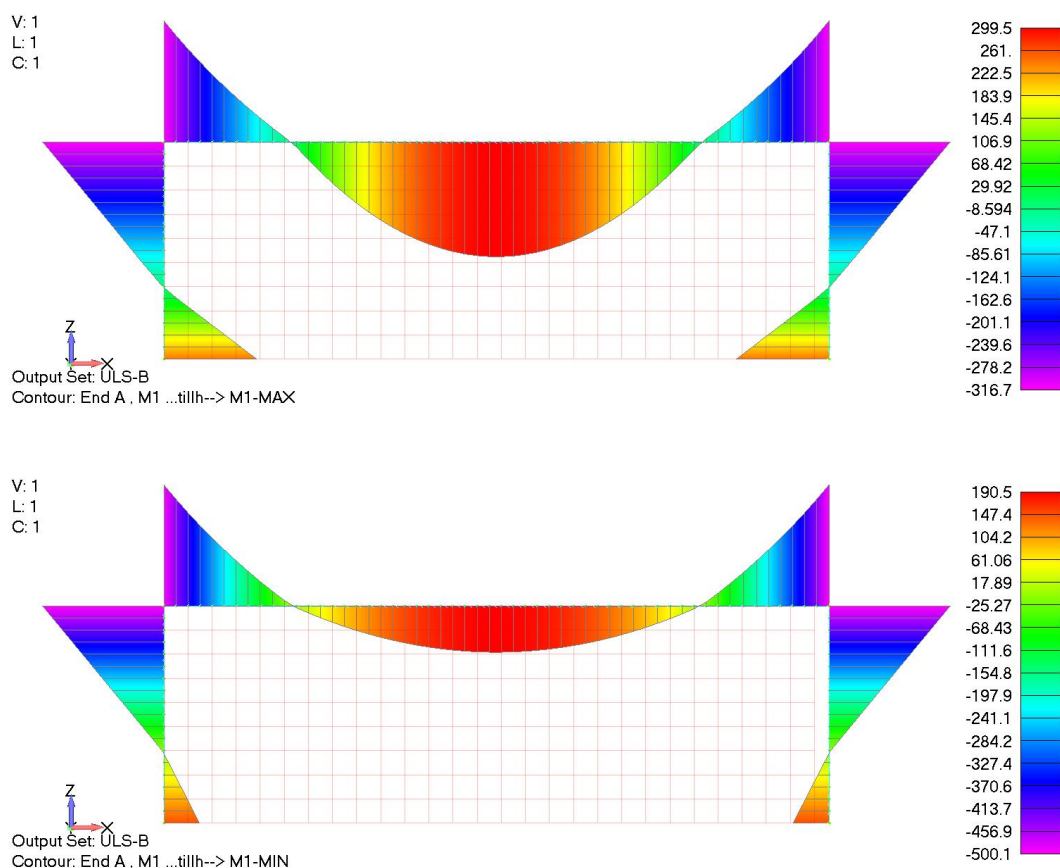
I sektion 1/388 är överdäckningen upplagd direkt på trågväggar. Analysen är därför utförd med handberäkningar. Överdäckningen antas i detta snitt vara en betongplatta, 0,5m tjock. Alla laster antas spridas symmetriskt till båda stöden.

Reaktioner i upplagspunkter blir ca 50 kN/m. Detta ger en kvarstående kapacitet för uppfyllnad på ca 98 kN/m², vilket motsvarar 4,9 m fyllnad (jord; $g=20\text{kN/m}^3$).

Bilaga B

1 Överdäckning Norra rampen

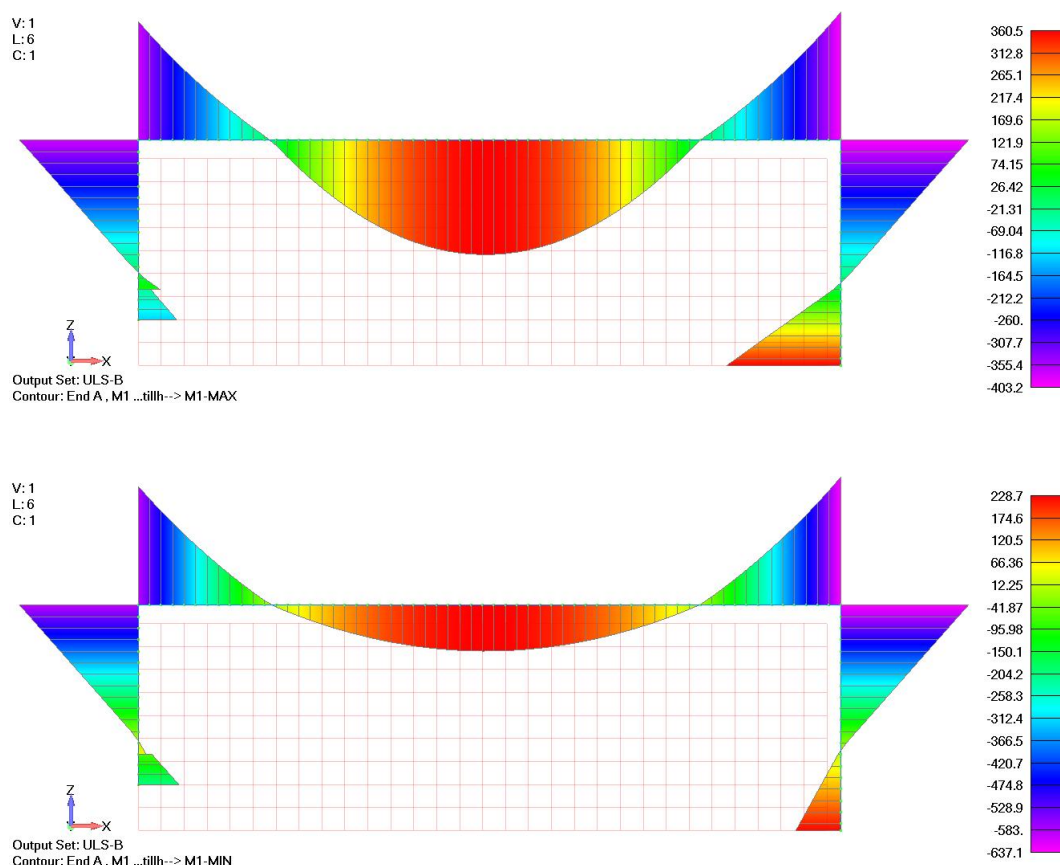
En överslagsberäkning av snittkrafterna i ramkonstruktionen har genomförts för att kontrollera att antagen geometri är möjlig.



Figur 1-1. Snittkrafter i ramkonstruktion (moment)

2 Överdäckning Södra rampen

En överslagsberäkning av snittkrafterna i ramkonstruktionen har genomförts för att kontrollera att antagen geometri är möjlig.



Figur 2-1. Snittkrafter i ramkonstruktion (moment)

4(4)

RAPPORT

REVIDERING A: 2017-11-28

DAVID JOHANSSON

Bilaga C

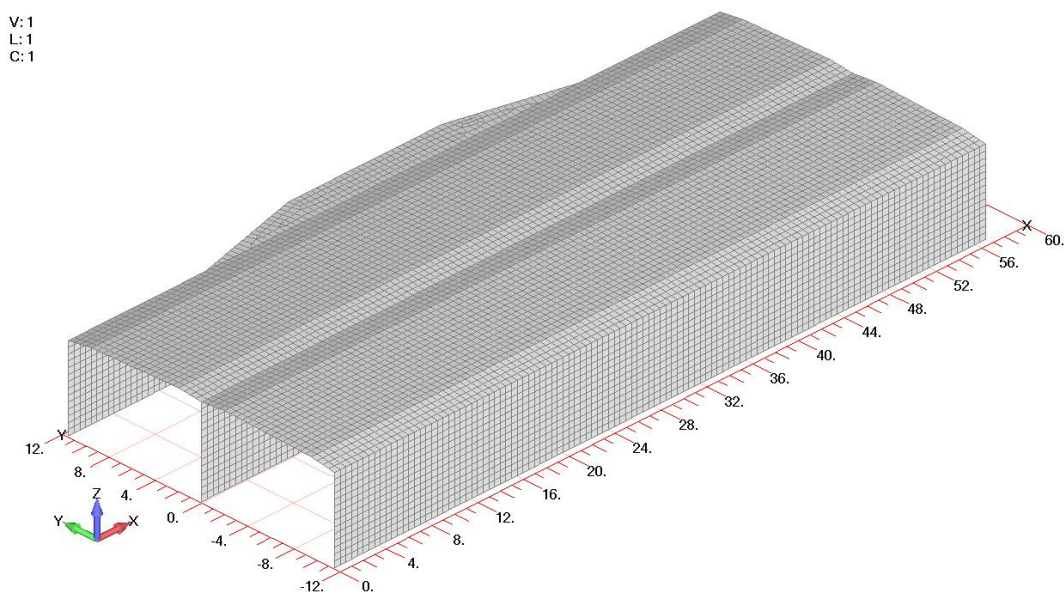
1 Inledning

Analysen är utförd med FEM-programmet NX Nastran (v.11) samt för- och efterbehandlingsprogrammet femap (v.11.3.2). en sträcka av tunneln har modellerats utifrån relationsritningar. Dock har lutning ej beaktats i modellen. Modellen består av platt-element, samt pelare som modelleras med balk-element. Noderna i tunnelväggarnas underkant är modellerade som fast inspända. Relationsritningar har legat till grunden för modelleringen.

Materialet är satt till betong, kvalitet C30/37. Detta har ingen inverkan på undersökta resultat då det är endast reaktioner och snittkrafter som är av intresse. Götatunneln modelleras med egenvikten satt till noll. Detta medför att eventuella fel i modelleringen påverkar resultaten minimalt.

Tabell 8. Material i systemanalys.

ID	Title	Type	Density	E		G	Nu
1	C 30/37	ISOTROPIC	25.	33000000.		13750000.	0.2
2	C 30/37 g=0	ISOTROPIC	0.	33000000.		13750000.	0.2
3	Steel	ISOTROPIC	79.	210000000.		80769231.	0.3



Figur 2. Vy av systemmodellen för kontroll av utbredd last (grundlastfall).

Cykelgaraget ska stå väster om sektion 1/320. Sektion 1/320 är ungefär 40 meter in på modellen. Garaget sträcker sig ca 25 meter åt väster.

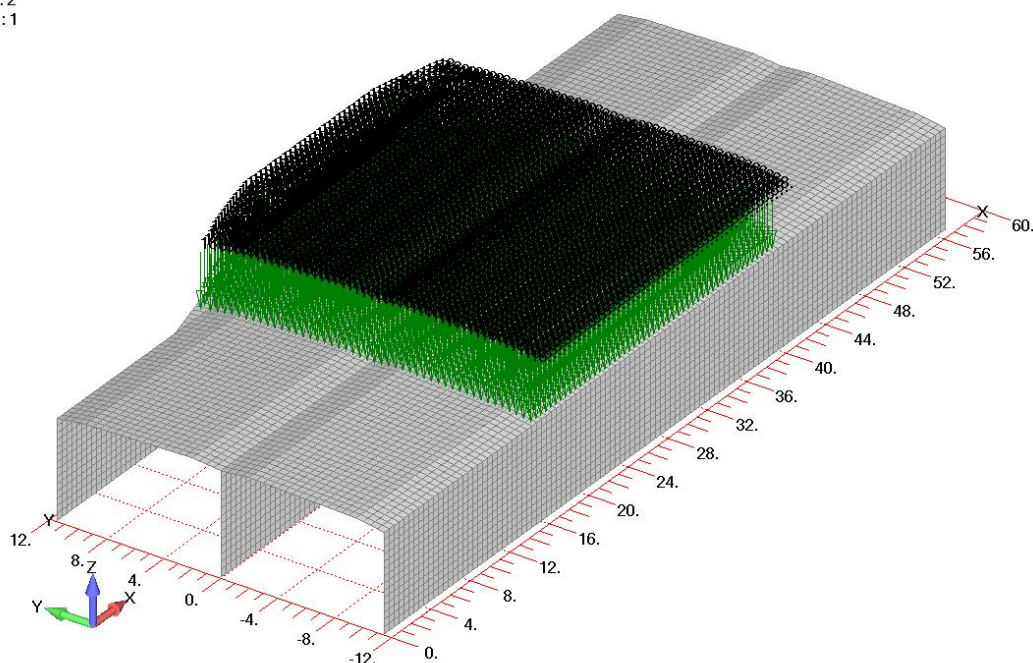
1.1 Laster

Initialt modelleras tunneln utan cykelgarage för att ta fram snittkrafter i tunnelkonstruktion samt reaktioner i noder under tunnelväggar. Den utbredda lasten appliceras endast där cykelgaraget ska stå. Detta är en konservativ modellering som ger resultat på säkra sidan.

1.1.1 Dimensionerat lastfall

Den utbredda lasten appliceras som ett vertikalt tryck på elementen, enligt Figur 3.

V: 24
L: 2
C: 1



Figur 3. Utbredd last, grundlastfall.

Tabell 9. Utbredd last på tunnelkonstruktion.

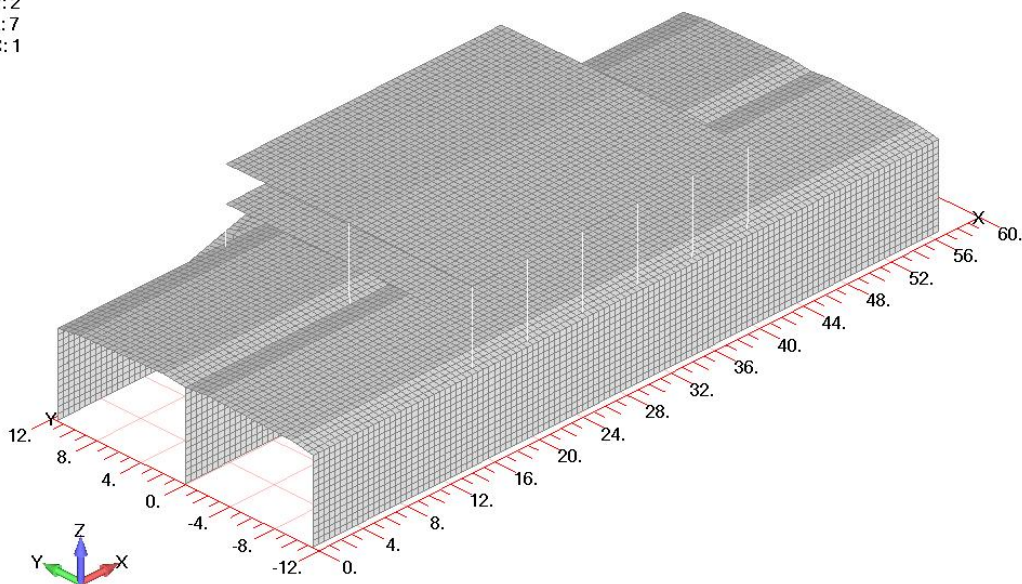
ID	Title	Load Type	Face ID	Pressure
1	Pressure on Element	Elemental Pressures	2	-18.

1.1.2 Nytt lastfall

Cykelgaraget är planerat i två våningar. Varje våning ska rymma cyklar i två våningar. Fritt utrymme mellan bjälklag ska därför vara minst 2,7 meter. Mellanbjälklaget är antaget som HDF-element och hattbalkar är modellerade som linjelast om 2 kN/m mellan pelare. Vikten av mellanbjälklaget antas vara 3,75 kN/m², taket antas väga 1 kN/m². Dessa laster appliceras i modellen som volymlaster, dvs. egenvikt av elementen. Beläggning på Götatunneln antas väga 2,2 kN/m².

I modellen har stabilisande stag samt ramper uteslutits. Dessa utgör liten, eller samma vikt som övriga modellerade element.

V: 2
L: 7
C: 1

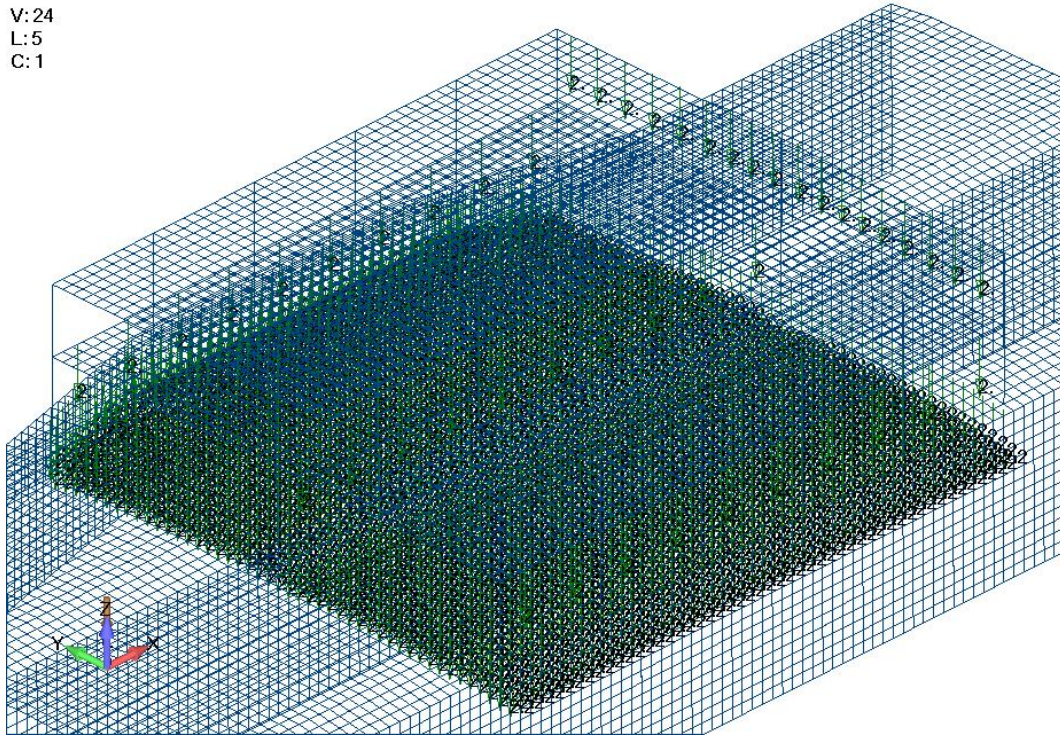


Figur 4. Modellerade volymer, påbyggnad – cykelgarage.

Tabell 10. Volymlast (egentyngd av element).

ID	Acceleration	TX	TY	TZ
5		0.	0.	-1.

V: 24
L: 5
C: 1



Figur 5. Modellerade laster i lastfallet "Påbyggnad".

Tabell 11. Modellerade laster i lastfallet "Påbyggnad".

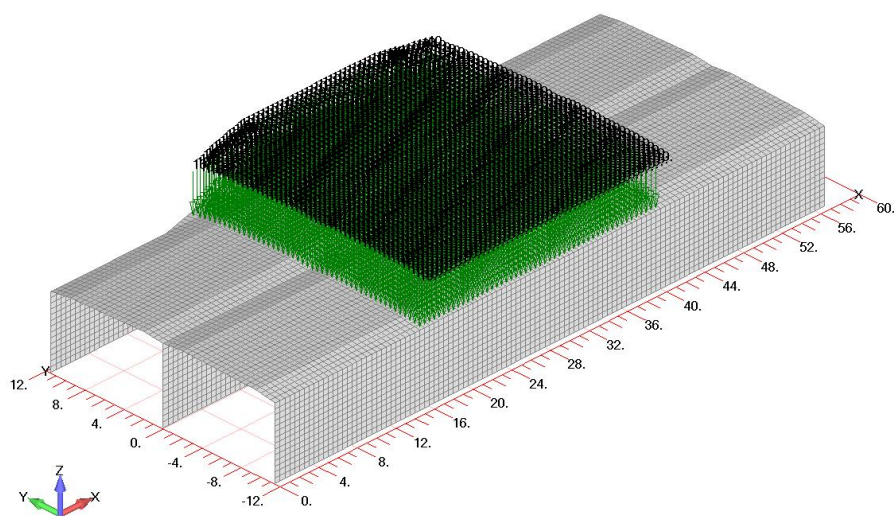
ID	Title	Load Type	Face ID	Pressure	Z	Defined On	FZ
1	Beläggning	Elemental Pressures	1	-2.2	1.		
2	Hattbalk	Nodal Force per Length				Curve	-1.
3	Bullerskydd	Nodal Force per Length				Curve	-2.

1.2 Variabla laster

För att kontrollera att Götatunnelns tak klarar samlingslaster på påbyggnaden har dessa jämförts med dimensionerande trafiklaster.

Trafiklasterna har modellerats som en jämnt utbredd last om 10 kN/m^2 över hela området. Denna har kombinerats med en alternativ last med bredden 6 meter och intensiteten 10 kN/m^2 .

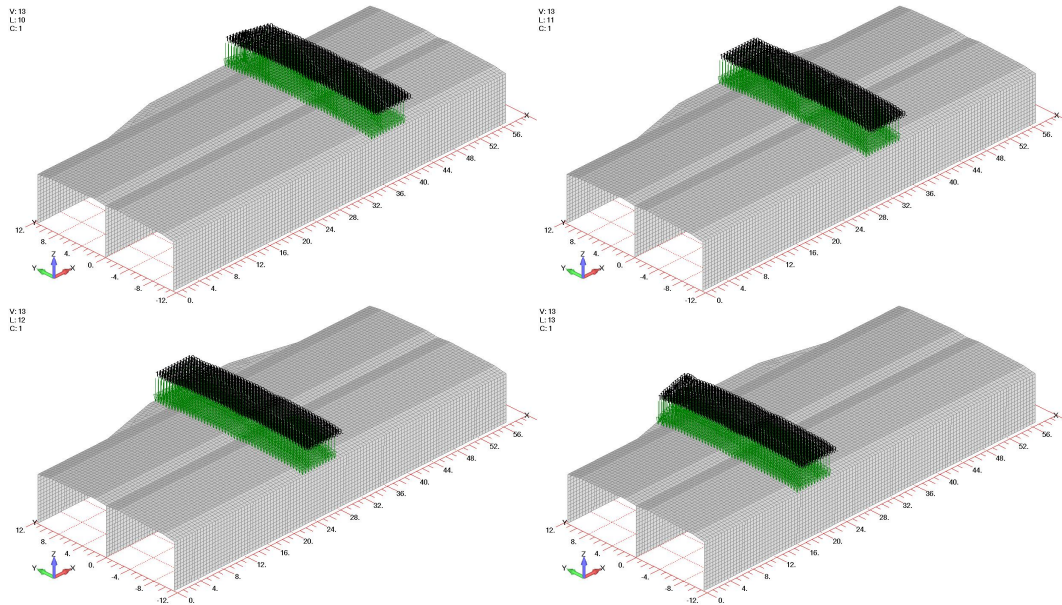
V: 1
L: 1
C: 1



Figur 6. Trafiklast, grundlastfall.

Tabell 12. Trafiklast, grundlastfall.

ID	Load Type	Face ID	Pressure	X	Y	Z
1	Elemental Pressures	2	-10.	0.	0.	1.



Figur 7. "Rörlig" trafiklast.

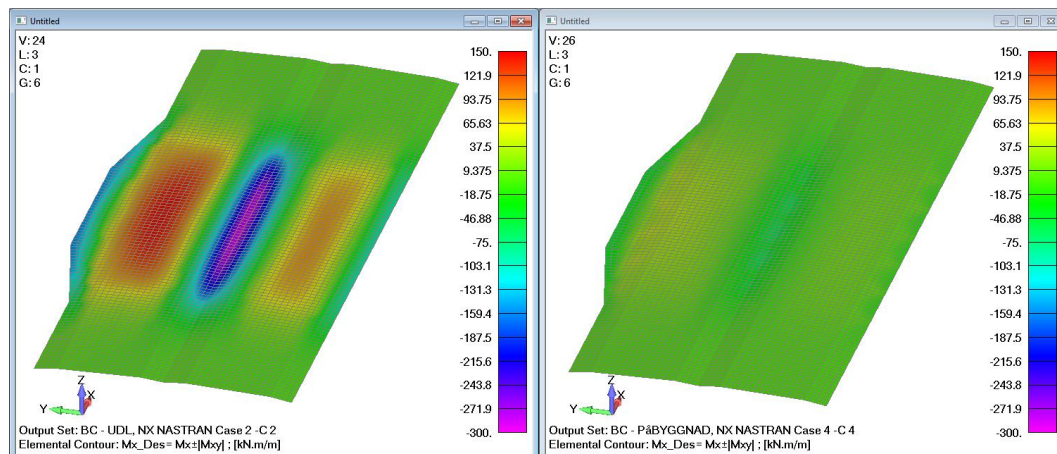
Tabell 13. "Rörlig" trafiklast.

ID	Load Type	Face ID	Pressure	X	Y	Z
1	Elemental Pressures	2	-10.	0.	0.	1.

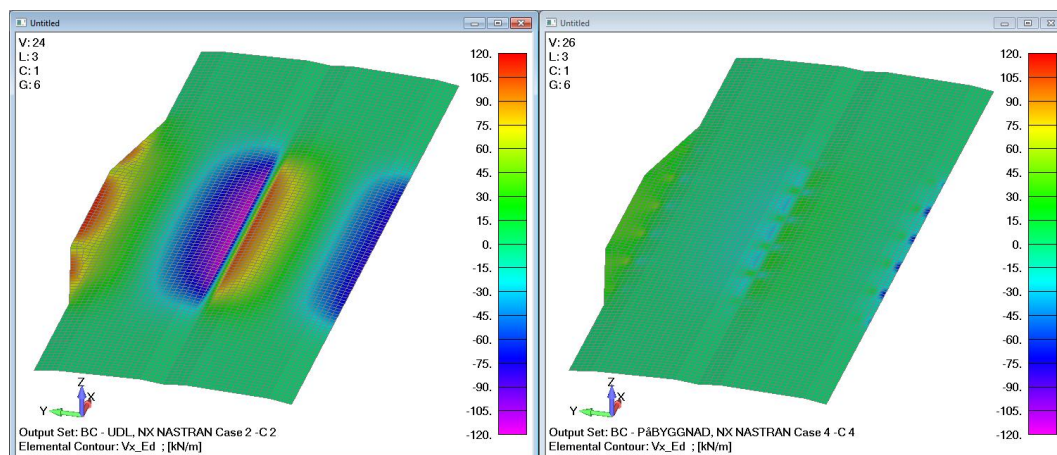
2 Resultat

2.1 Permanenta laster

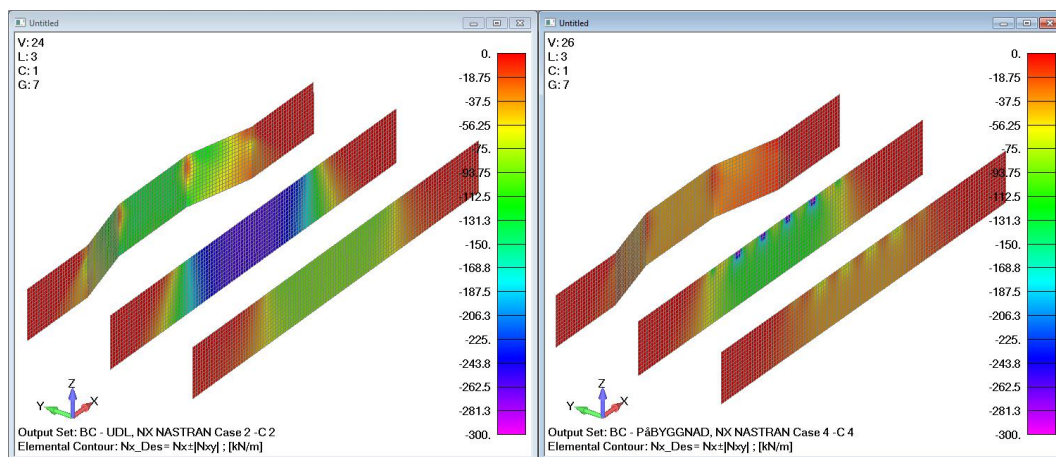
Under presenteras resultaten för analysen. Snittkrafterna är jämförda i samma figur, där den vänstra delen är snittkrafter från den utbredda lasten på 18 kN/m² och den vänstra delen är snittkrafter från en möjlig påbyggnad.



Figur 8. Jämförelse av moment tvärs Götatunneln längdriktning mellan utbredd last (18 kN/m²) och påbyggnad av cykelgarage, egentyngder (permanenta laster).



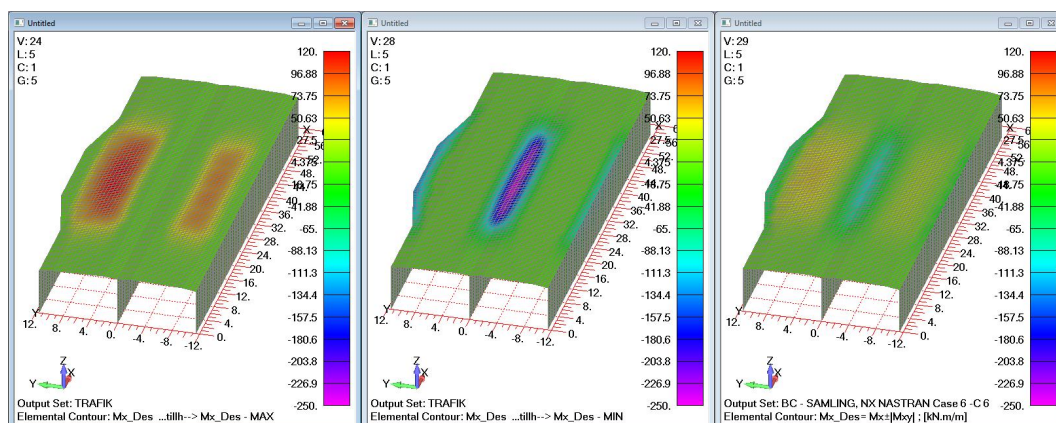
Figur 9. Jämförelse av tvärkraft tvärs Götatunneln längdriktning mellan utbredd last (18 kN/m²) och påbyggnad av cykelgarage, egentyngder (permanenta laster).



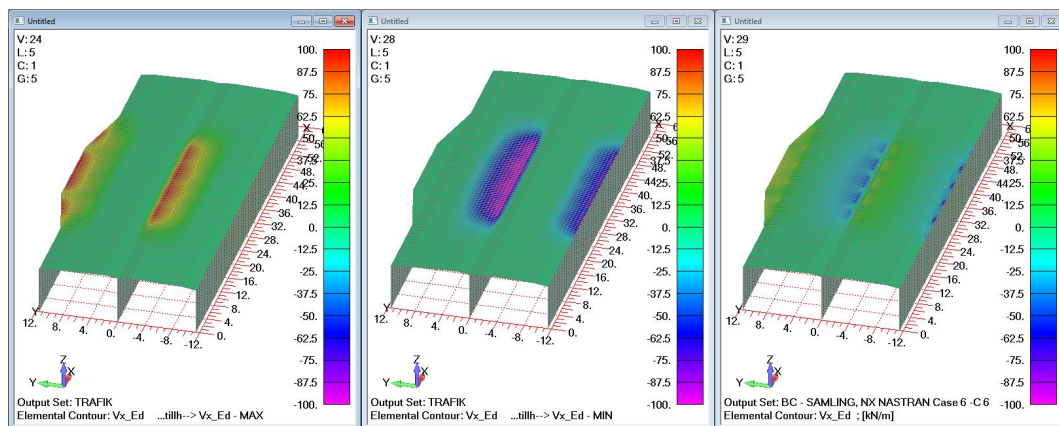
Figur 10. Jämförelse av normalkraft i Götatunneln ramen mellan utbredd last (18 kN/m²) och påbyggnad av cykelgarage, egentytngder (permanenta laster).

2.2 Variabla laster

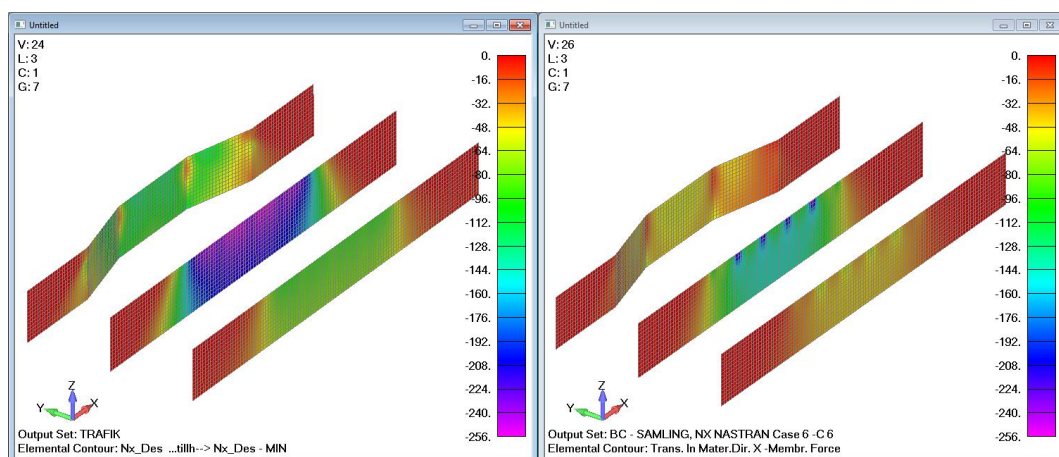
Samlingslasten i cykelgaraget är dimensionerande för hur många våningar som kan vara belastade samtidigt. Resultaten som följer visar fallet då tunneltaket samt mellanbjälklaget är belastat med 5kN/m². Bilden till höger visar samlingslast medan bilden, eller bilderna till vänster visar trafiklasten Götatunneln är dimensionerad för.



Figur 11. Jämförelse av moment tvärs Götatunneln längdriktning mellan Trafiklast och samlingslast i cykelgarage.



Figur 12. Jämförelse av tvärkraft tvärs Götatunneln längdriktning mellan Trafiklast och samlingslast i cykelgarage.



Figur 13. Jämförelse av normalkraft i Götatunnelns väggar mellan Trafiklast och samlingslast i cykelgarage.

Normalkraften i den mellersta tunnelväggen är högre under samlingslasten än under trafiklasten. Detta är dock en lokal belastning och kan antingen kontrolleras i ett senare skede eller spridas ut med hjälp av pelarfundament.

Bilaga D

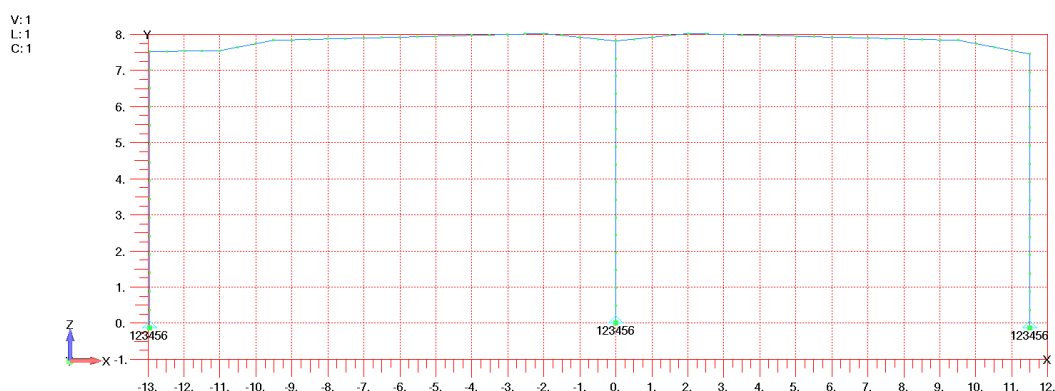
1 Inledning

Öster om sektion 1/320 ska ett teknikutrymme utföras. I teknikutrymmet ska installationer som nu är belägna väster om folkethus inrymmas. För att bedöma lämpligheten har en meterstrimla av Götatunneln modellerats och analyserats. I sektion 320 finns en nisch i Götatunnelns norra rör, detta är ingång till driftutrymmet. Det är denna sektion som har analyserats för att jämföra belastningar av ett teknikutrymme.

Öster om sektion 1/320 har Götatunneln förberetts för att kunna bära tillkommande permanent last, tillsammans med fyllning (ca 1m). Denna extra kapacitet i ytterväggarna av Götatunneln har redan använts för att däcka över upp- och nedfartsramper, dock kan det finnas kapacitet kvar om inte maximal jordfyllnads anläggs ovanpå överdäckningarna. Detta får vidare detaljprojektering bestämma.

1.1 Systemmodell

FEM-modellen är uppbyggd av balkelement, geometrin är hämtad från relationsritningar av Götatunneln. Noderna underst i tunnelväggarna är låsta för rörelser i alla frihetsgrader, se Figur 14. Tunnelkonstruktionen är modellerad med viktlost material.



Figur 14. Modell för beräkning av teknikutrymme, meterstrimla.

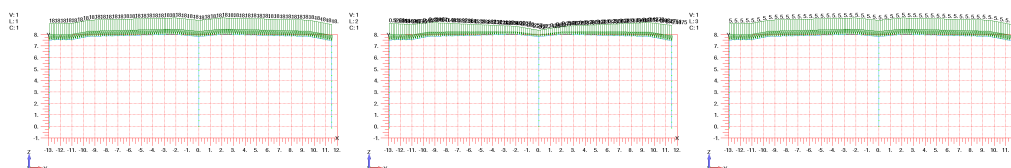
Tabell 14. Materialparametrar.

ID	Title	Type	Density	Ref Temp	E	G	Nu	Alpha
2	C 35/45 g=0	ISOTROPIC	0.	0.	34000000.	14166667.	0.2	0.00001

2 Laster

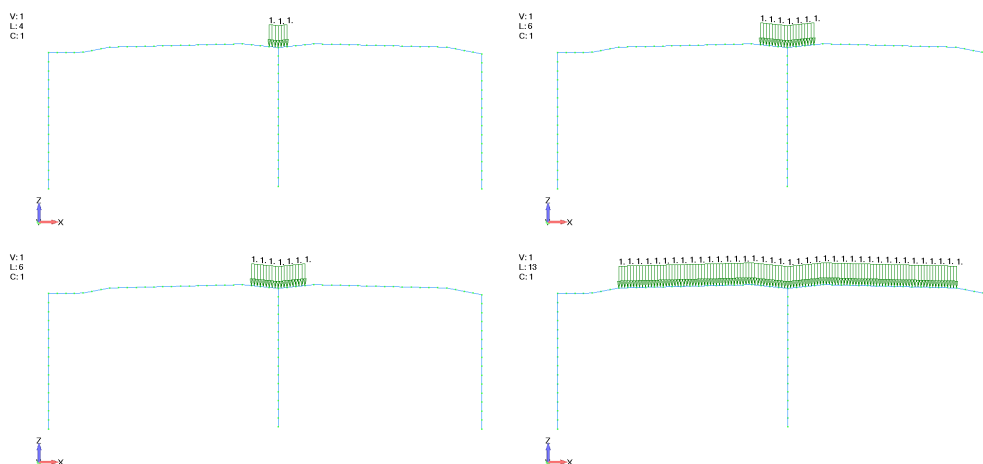
Påbyggnaden har jämförts med snittkrafter från en jämt utbredd last (18 kN/m²), vilket Götatunneln i dessa sektioner är konstruerad för.

Under bottenplattan på teknikutrymmet (200 mm, 5kN/m²) har det antagits cellplast. Cellplasten (g=1kN/m³) jämnar även ut lutningen av Götatunnelns tak för enklare gjutning av bottenplatta.



Figur 15. Laster på tunnelprofil.

För att bestämma möjlig belastning på Götatunnelns tak har en utbredd enhetslast applicerats på taket. Resultatet har sedan jämförts med snittkrafter från utbredd last.

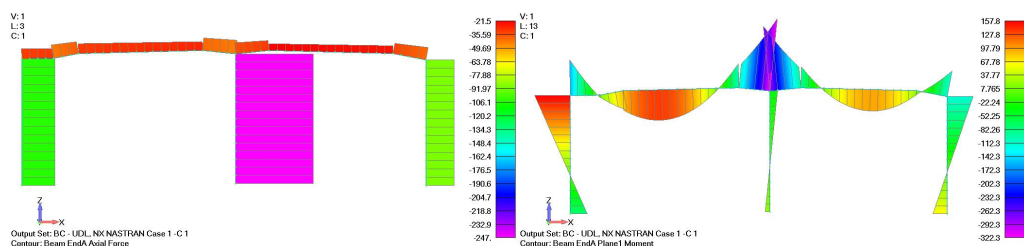


Figur 16. Utbredd last för att bestämma tillåten belastning i teknikutrymme.

3 Resultat

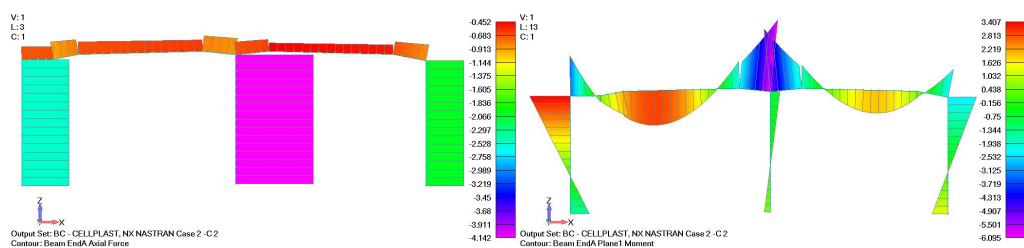
Snittkrafter i tunnelkonstruktionen används vid utvärderingen av belastning i teknikutrymme.

3.1 Jämt utbredd last

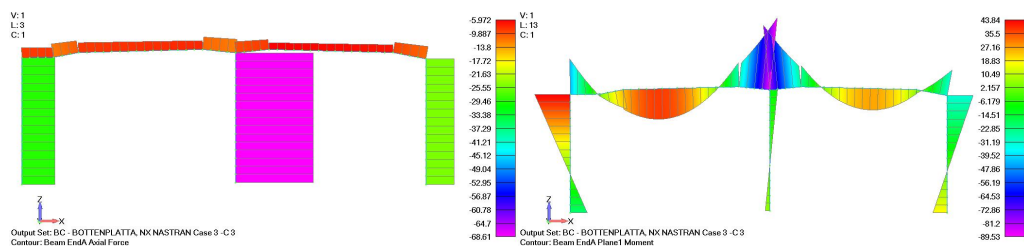


Figur 17. Normalkrafter samt moment av utbredd last (jord).

3.2 Cellplast och bottenplatta

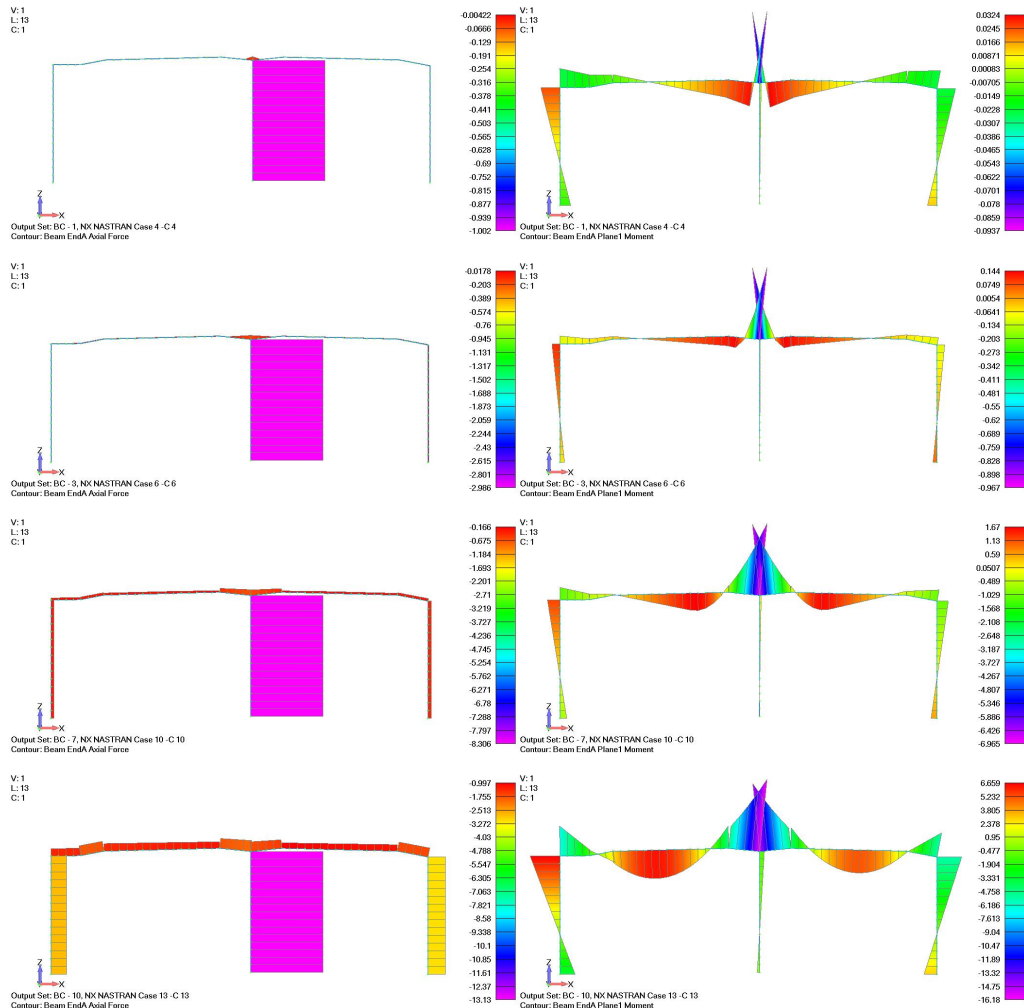


Figur 18. Normalkrafter samt moment av cellplast.



Figur 19. Normalkrafter samt moment av bottenplatta.

3.3 Enhetslaster för bestämning av influenslinjer



Figur 20. Snittkrafter i tunnelkonstruktion för utvärdering av belastning i teknikutrymme.

4 Jämförelse av snittkrafter.

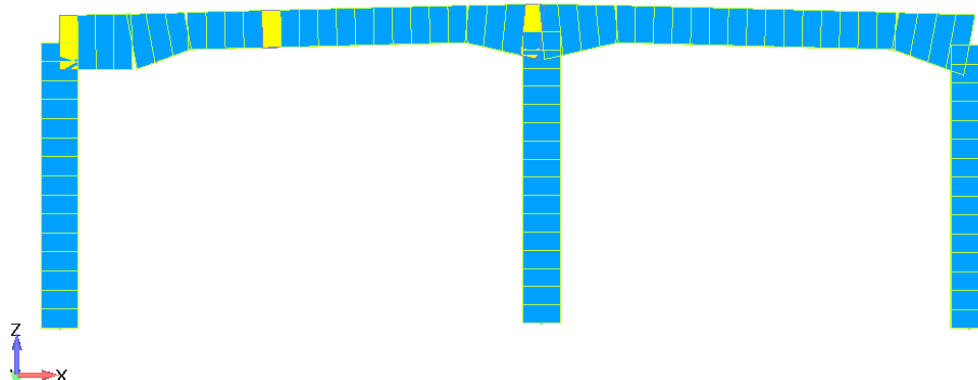
Snittkrafterna från den jämt utbredda lasten har kontrollerats mot laster från cellplast samt bottenplatta. Taket i teknikutrymmet antas vara HDF-element som spänner tvärs Götatunnelns längdmätning, vikten på taket antas till 4 kN/m^2 . Taket har endast antagit påverka normalkraften i tunnelväggarna, då inga upplag mellan dessa antas utföras. I mittväggen av Götatunneln finns det extra kapacitet kvar att bära tillkommande permanent last. Detta illustreras i diagrammet nedan, där mittväggen har en högre kapacitet än ytterväggarna (normalkraft=linjelast).

Kapaciteten har beräknats genom att dividera resultanten av den utbredda lasten, minus cellplast samt bottenplattas, med snittkraften från enhetslasten, för tre element i tunneltaket. Minsta resultatet begränsar lastintensiteten.

Resultat från av en jämt utbredd last på 4 kN/m har endast använts vid kontroll av normalkrafter i Götatunnelns väggar (i mittväggen har även resultant från andra facket beaktats i beräkningen).

$$q = \frac{R(UDL) - R(Cellplast) - R(Bottenplatta) - \left[\frac{13m * \frac{4kN}{m}}{2} \right]}{R(Enhetslast)}$$

V: 1
L: 13
C: 1



Figur 21. Element som kontrollerats

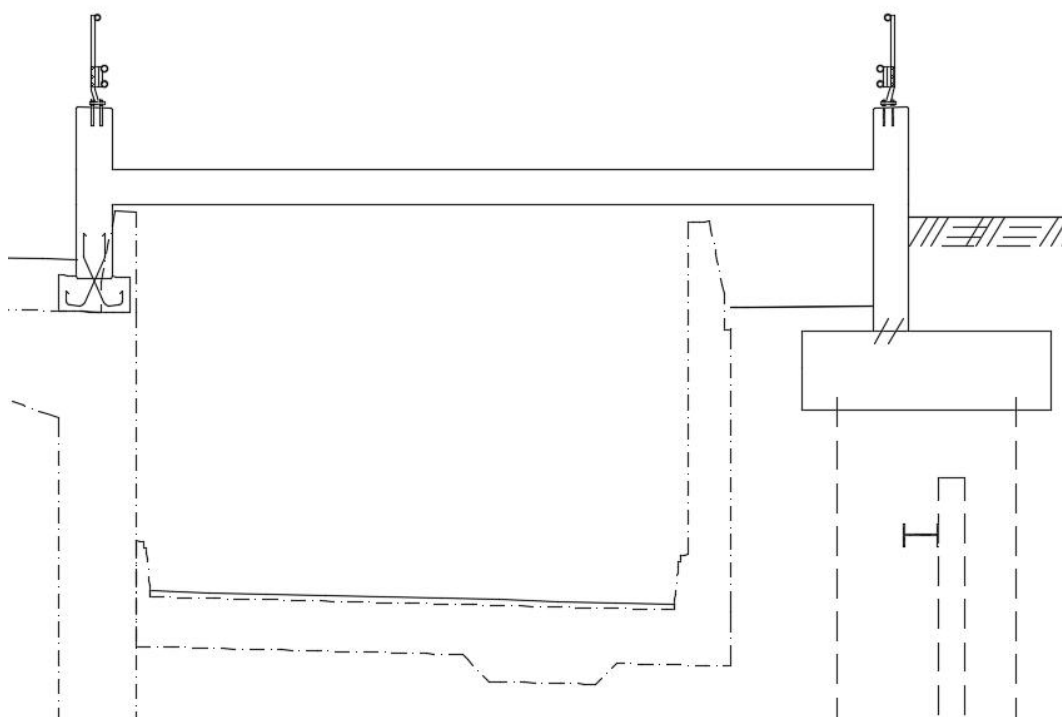
Bilaga E

1 Inledning

Vid fördjupad kontroll av överdäckningen har vissa justeringar i utformningen utarbetats. Då Götatunneln endast är förberedd för vertikala laster, är det viktigt att hålla övriga laster, horisontella laster och moment orsakade av överdäckningens ramverkan, på en låg nivå. Anslutningen mellan överdäckningens ramben och Götatunneln har därför utformats som en bottenplatta med momentled, se Figur 1-1. Denna förändring finns på både upp- och ned-fartsrampens ramben som grundläggs på Götatunneln. Utformningen av anslutningen mot Götatunneln medför även att inga armeringsjärn behöver borras in i befintlig konstruktion.

Att förankra överdäckningens ramben i tunnelns huvudrör anses som ett mindre lämpligt alternativ. Detta alternativ medför hög risk för skador av huvudarmeringen i den befintliga tunneln då utförandet kräver att nya armeringsstänger ska borras in och gjutas fast i den befintliga konstruktionen. Av denna anledning har alternativet med att förankra överdäckningen i tunnelns huvudrör förkastats.

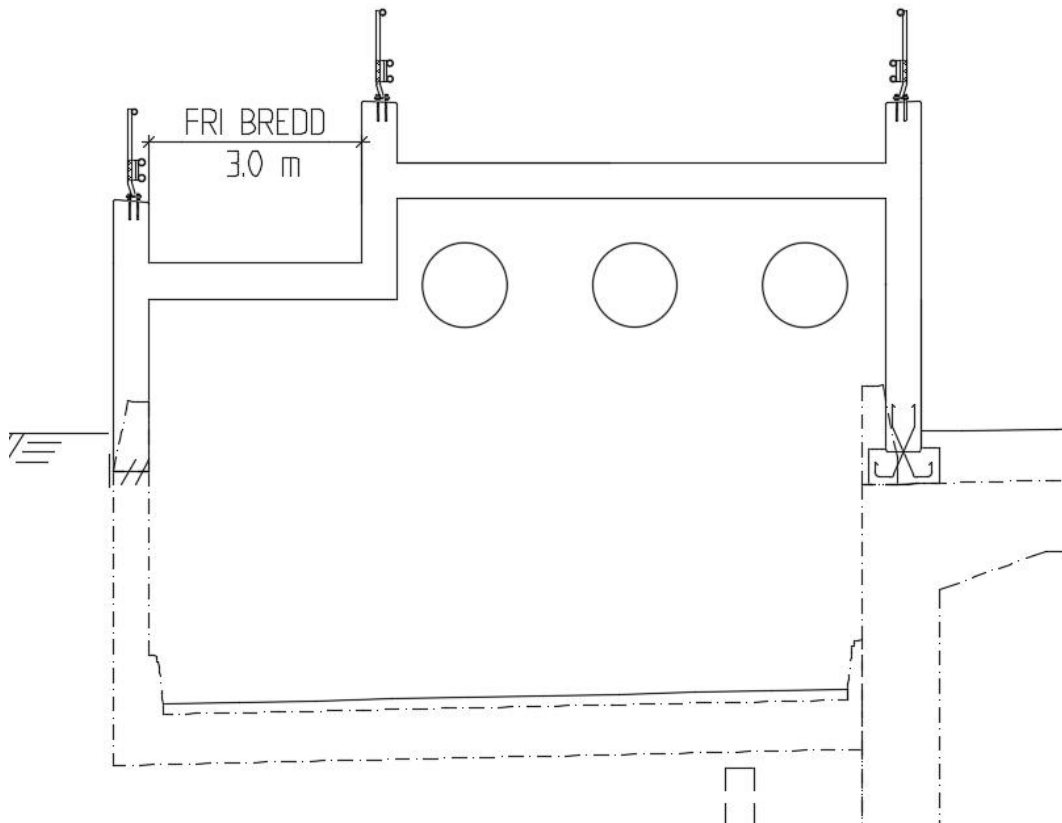
Även grundläggningen för den södra rampens södra ramben har förändrats. Grundläggningen har nu projekterats att grensla över den kvarsittande spanten.



Figur 1-1. Sektion genom södra nedfartsrampen.

En analys av den nya utformningen har genomförts för att studera reaktionerna i övergången mellan ny överdäckning och den befintliga Götatunneln.

Det har även tillkommit ett krav på fläktar i den norra uppfartsrampen. Då den norra rampen är tänkt att utgöra tillgänglighetsanpassning för utrymmena ovan överdäckningen, måste utformningen anpassas att rymma fläktar och tillgänglighetsanpassning i samma snitt, se Figur 1-2. Utformningen av denna rampen har därför förändrats Figur 1-2. Fläktarna förutsätts sitta i en sektion som ej begränsas av reaktionerna i befintliga konstruktioner. Dimension och antalet fläktar är ännu inte fastställda varför ändring av sektionen genom norra uppfartsrampen kan vara aktuell.

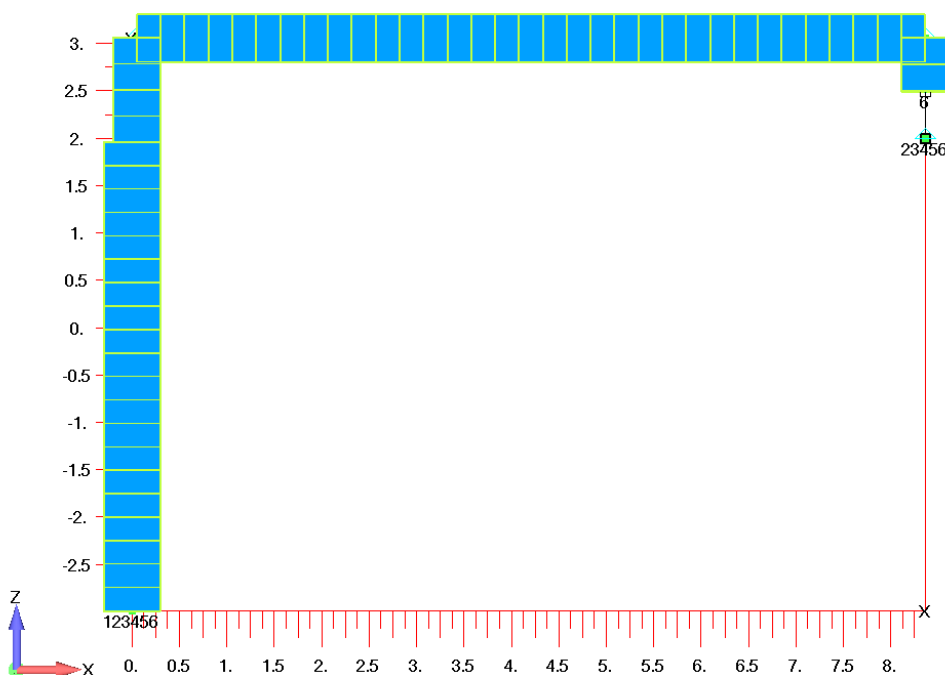


Figur 1-2. Sektion genom norra uppfartsrampen.

2 Systemmodell

För att analysera effekterna av momentled i systemet, har ett antal system med olika placeringar av momentled studerats. Endast en utav studerade konfigureringar uppfyller kraven på krafter i grundläggningen på Götatunneln. Nedan följer systembeskrivningen för utformningen av överdäckningen som uppfyller kraven på reaktioner i Götatunneln.

V: 1
L: 14
C: 2



Figur 2-1. Systemmodell.

2.1 Laster

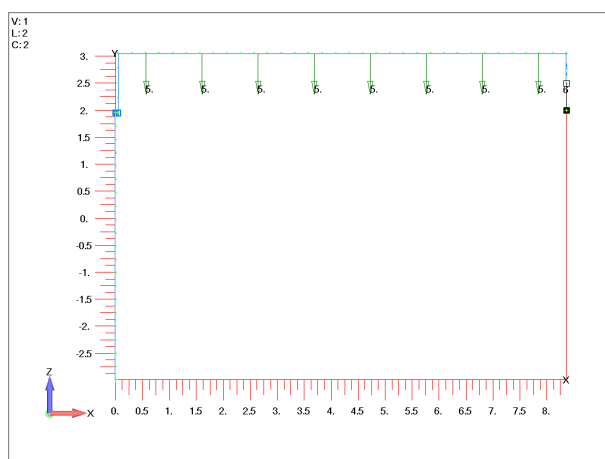
2.1.1 Egentyngd

Egentyngden appliceras i modellen som en volymlast.

ID	Acceleration	TX	TY	TZ	RX	RY	RZ
1		0.	0.	-1.	0.	0.	0.

2.1.2 GC-last

Utbredd last på överdäckning. (5kN/m²)



Figur 2-2. Last på systemmodell: ytlast.

Tabell 2-2. Reaktionen i brottgränstillstånd – kombination ULS-B.

Output Set	Envelope	Node ID	CSyst	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
ULS-B	Rx-Min	64	0..Basic Rectangular	-58.7	0.0	115.3	0.0	-29.4	0.0
ULS-B	Rx-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.2	0.0	71.0	0.0	-11.1	0.0
ULS-B	Ry-Min	64	0..Basic Rectangular	-22.2	0.0	71.0	0.0	-11.1	0.0
ULS-B	Ry-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.2	0.0	71.0	0.0	-11.1	0.0
ULS-B	Rz-Min	64	0..Basic Rectangular	-37.7	0.0	70.7	0.0	-18.8	0.0
ULS-B	Rz-Max	64	0..Basic Rectangular	-41.8	0.0	115.6	0.0	-20.9	0.0
ULS-B	Mx-Min	64	0..Basic Rectangular	-22.2	0.0	71.0	0.0	-11.1	0.0
ULS-B	Mx-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.2	0.0	71.0	0.0	-11.1	0.0
ULS-B	My-Min	64	0..Basic Rectangular	-58.7	0.0	115.3	0.0	-29.4	0.0
ULS-B	My-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.2	0.0	71.0	0.0	-11.1	0.0
ULS-B	Mz-Min	64	0..Basic Rectangular	-22.2	0.0	71.0	0.0	-11.1	0.0
ULS-B	Mz-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.2	0.0	71.0	0.0	-11.1	0.0

Tabell 2-3. Reaktionen i bruksgränstillstånd – kvasi-permanent lastkombination SLS-QP.

Output Set	Envelope	Node ID	CSyst	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
SLS-QP	Rx-Min	64	0..Basic Rectangular	-34.1	0.0	69.8	0.0	-17.0	0.0
SLS-QP	Rx-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.1	0.0	69.2	0.0	-11.1	0.0
SLS-QP	Ry-Min	64	0..Basic Rectangular	-22.1	0.0	69.2	0.0	-11.1	0.0
SLS-QP	Ry-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.1	0.0	69.2	0.0	-11.1	0.0
SLS-QP	Rz-Min	64	0..Basic Rectangular	-33.7	0.0	69.0	0.0	-16.8	0.0
SLS-QP	Rz-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.5	0.0	70.0	0.0	-11.3	0.0
SLS-QP	Mx-Min	64	0..Basic Rectangular	-22.1	0.0	69.2	0.0	-11.1	0.0
SLS-QP	Mx-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.1	0.0	69.2	0.0	-11.1	0.0
SLS-QP	My-Min	64	0..Basic Rectangular	-34.1	0.0	69.8	0.0	-17.0	0.0
SLS-QP	My-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.1	0.0	69.2	0.0	-11.1	0.0
SLS-QP	Mz-Min	64	0..Basic Rectangular	-22.1	0.0	69.2	0.0	-11.1	0.0
SLS-QP	Mz-Max	64	0..Basic Rectangular	-22.1	0.0	69.2	0.0	-11.1	0.0

3 Slutsatser

Genom att placera en momentled i randen mellan bottenplattan på Götatunneln och överdäckningens ramben, minimeras momenten, det vill säga excentriciteten för reaktionen i upplaget. Detta betyder att reaktionen av överbyggnaden hamnar centralt över Götatunnelns ramben.

Att grundläggningen på Götatunneln utformas med en bottenplatta, förebygger att armeringsjärn behöver dubbas in i Tunnelkonstruktionen. Bottenplattan behöver dock kontrolleras för glidning, samt att motsvarande trågvägg i överdäckningen kontrolleras för horisontella laster. Dessa laster kommer att öka momenten i den befintliga trågväggen, som därför behöver kontrollera för de nya lasterna.

Kravet av fläktar i den norra uppfartsrampen medför begränsningar i utformningen. Dock kan överdäckningen utformas så både fläktar inne i tunneln, samt utrymme för gc-trafikanter ryms ovanpå överdäckningen, se Figur 1-2, bilaga E.

Grundläggningen av den södra nedfartsrampens södra ramben har förändrats att grensla en kvarsittande spont. Placeringen av sponten på relationsritningar, visar att den kolliderar med den tänkta grundläggningen. Därför breddas pålplattan så att pålarna har möjlighet att grensla sponten.

Överdäckningen har ännu inte detaljstuderats med hänsyn till brandteknisk dimensionering. För de nya konstruktionsdelarna kan brandtekniska dimensioneringen medföra något ökat krav på täckande betongskiktet i kombination med extra armering i konstruktionen. Denna utformning förändrar dock inte den principiella utformningen av överdäckningen. För befintliga tråg- och tunnelväggar kan brandtekniska dimensioneringen medföra krav på brandskyddsisolering av betongytorna. Detta kommer att detaljstuderas vid kommande projektering och anses inte påverka den principiella utformningen av överdäckningen.



2017-06-05

RISKER SAMT BESKRIVNING AV MÖJLIGA ÅTGÄRDER

Järnvågen - Riskhantering Götatunneln

PM RISK GEOTEKNIK



Framställd för:

Konsortie Masthuggskajen genom Älvstranden Utveckling AB

Uppdragsnummer: 1451220160





Innehållsförteckning

UPPDRAGSINFORMATION	1
1.0 ALLMÄNT	1
2.0 PROBLEMBESKRIVNING	1
3.0 GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	3
3.1 Tidigare utförda geotekniska utredningar	3
3.2 Översiktlig geoteknisk beskrivning	3
4.0 RISKOBJEKT	5
4.1 Götatunneln	5
5.0 BEDÖMNING AV KONSEKVENSER	7
5.1 Allmänt	7
5.2 Bedömd grundläggning av nya byggnader	7
5.3 Bedömning av massundanträngning från påning	8
5.3.1 Enkel analys enligt svensk praxis	8
5.3.2 Analys av massundanträngning i 2D FEM	9
5.3.3 Analys av massundanträngning med 3D FEM analys	9
5.4 Bedömning av obalans i jordtryck vid ensidiga djupa schakter	10
6.0 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	10
7.0 KONTROLLPROGRAM OCH UPPFÖLJNING	11
7.1 Processbild för fortsatt samverkan mellan Trafikverket och kommun i genomförandeskedet.	12
8.0 ÅTGÄRDER VID ÖVERSKRIDANDE AV LARMNIVÅER	12



UPPDRAGSINFORMATION

Uppdrag	Geoteknisk utredning för exploatering inom detaljplan Järnvågsgatan
Plats	Inom stadsdelarna Masthugget och Pustervik i Göteborg
Uppdragsgivare	Konsortie Masthuggskajen genom Älvstranden Utveckling AB
Uppdragsnr	1451220160
Konsult	Golder Associates AB
Teknikansvarig Geoteknik	Urban Högsta
Uppdragsledare Geoteknik	Ola Skepp

1.0 ALLMÄNT

I samband med framtagande av detaljplan för områden Järnvågen i Göteborg har en genomförbarhetsstudie utförts som del av planarbetet. Golder Associates AB har (som underkonsult till SWECO) på uppdrag av Älvstranden Utveckling AB utfört ett deluppdrag av denna genomförbarhetsstudie med syfte att sammanställa och beskriva olika geotekniska och hydrogeologiska risker som kan påverka Götatunneln vid utbyggnad enligt föreslagen planutformning. Genomförbarhetsstudien utgör underlag för Byggnadsnämndens beslut inför Granskning och Godkännande av detaljplanen.

Syftet med denna rapport är att redovisa de geotekniska risker som föreligger för Götatunneln samt beskriva möjliga åtgärder som kan utföras för att minimera dessa. Rapporten avser utgöra ett delunderlag för upprättande av en processbeskrivning som beskriver hur Trafikverket skall kunna vara delaktiga i granskningsprocess under genomförandet av hela planprojektet. I aktuellt skede av projektet är det viktigare att ställa krav på processen i samband med projekteringen än de exakta siffervärdena i olika geotekniska beräkningar. Målet i genomförandstudien är därför att föreslå en process som kan fastställas via kommande avtal parterna emellan.

Det finns flera geotekniska risker i samband med utbyggnad i tätbyggda områden. Problembeskrivningen är helt jämförbar med fallet då ny Infrastruktur anläggs i närhet av befintliga byggnader. Generellt är det viktigt att det under projekteringen utförs analys av valda grundläggningsmetoder samt att kontrollprogram upprättas för kontinuerlig uppföljning av rörelser (mot fastställda gränsvärden).

2.0 PROBLEMBESKRIVNING

Syftet med denna PM är att som nämnts i inledningen ovan att beskriva de risker som föreligger avseende omgivningspåverkan vid byggande i anslutning till Götatunneln. Vid byggande i anslutning till befintliga anläggningar finns alltid risker förknippade med arbetet. Speciellt i Göteborg är detta en välkänd frågeställning med hänsyn till de geotekniska frågeställningar som råder i området. Byggnation i stadsmiljö innebär i regel alltid att det finns känsliga objekt i nära anslutning som måste beaktas vid projektering och byggande.

Anläggningsarbetena inom områden som utgörs av lera kan generera rörelser i både vertikal (sättning eller hävning) och horisontalled. Dessa rörelser kan därmed påverka byggnader och anläggningar som ligger i nära anslutning det område där byggnation utförs. Rörelser i form av sättningar eller hävningar kan t.ex. uppstå till följd av massundanträngning som uppstår i samband med installation av stödkonstruktioner och vid grundläggning av tunneln med t.ex. pålar. Deformationer kan även uppstå i konstruktioner i samband med att jordschakter tas ut för schakter. Dessa byggrelaterade rörelser uppstår generellt i nära anslutning till



det områden där arbeten utförs. Risk för att schaktnrelaterade rörelser uppstår är i huvudsak inom ett avstånd från stödkonstruktionen som motsvarar djupet på stödkonstruktionen. Rörelser orsakade av pålning riskerar att uppstå inom ett avstånd motsvarande pålens längd

Det finns många sätt att hantera dessa risker och det kommer att ställas krav på genomförandet med utgångspunkten att inga skadliga rörelser ska uppstå på befintliga byggnader och anläggningar. Skadeförebyggande åtgärder är att välja metoder som medför små rörelser i stödkonstruktionerna, vilket kan vara t.ex. styva konstruktioner. Metoder för att motverka/reducera risken för massundanträngning är till exempel att anpassa val av påltyp, ta lerproppar samt att styra installationsordningen.

I samband med projekteringen skall en riskanalys utföras med avseende på flera olika parametrar, bland annat rörelser. Underlag för riskbedömningen utgörs av faktorer som t.ex. grundläggnings- och schaktmetod, grundläggningsförhållanden, närheten till riskobjektet, riskobjektets nuvarande status enligt fastighetsbesiktning, redan pågående sättning etcetera.

Under anläggningsskedet görs kontrollmätningar och uppföljning av alla typer av rörelser (i såväl vertikal- som horisontal) som kan uppkomma till följd av byggandet. Risk för byggnaderrelaterade rörelser hanteras inom ramen för det kontrollprogram som upprättas inför anläggningsskedet. I kontrollprogrammet kommer det att finnas larm- och åtgärdsnivåer för rörelser som är anpassade efter byggnaders och anläggningars konstruktion och grundläggning. Om åtgärdsnivåerna överskrids på grund av arbetena vidtas åtgärder som förhindrar att byggnaderna skadas.

I samband med planarbetet har de geotekniska förutsättningarna samt olika risker beskrivits i flera olika geotekniska rapporter. Geotekniska PM har upprättats för både detaljplan och som underlag för ansökan om tillstånd för vattenverksamhet. Vidare har även kvartersrapporter upprättats för samtliga kvarter som skall bebyggas som underlag för den kommande projekteringen.

De geotekniska risker som generellt noterats i samband med detta projekt är:

- 1) Massundanträngning på grund av pålning, vilket innebär hävning och horisontella rörelser
- 2) Portrycksökning kan uppstå vid pålning som kan innebära påverkan på stabilitetsituation i området. Detta bedöms inte vara en risk i detta projekt.
- 3) Buller och vibrationer, är alltid en risk som måste behandlas vid byggnation i stadsmiljö. Detta bedöms dock inte vara en risk för Trafikverket varför det inte berörs vidare i detta dokument.
- 4) Grundvattennivåsänkning i det övre och/eller det undre grundvattenmagasinet vilket kan medföra sättning och påverkan på befintliga grundläggningar. Med givna förutsättningar i området utgör detta en relativt liten risk för Götatunneln men det måste hanteras i den fortsatta projekteringen.
- 5) Spont och schaktarbeten kan vid ensidiga djupa schakter medföra obalans i jordtryck mot tunneln. (lokala schakter för källare i ett plan som kan utföras etappvis)



3.0 GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Tidigare utförda geotekniska utredningar

Inom ramen för detta projekt har ett flertal geotekniska PM upprättats.

- "Detaljplan Järnvågsgatan. Inom stadsdelarna Masthugget och Pustervik i Göteborg. PM Geoteknik". Golder Associates AB, daterad 2015-05-27 (uppdr.nr. 1451220160).
- "Detaljplan Järnvågsgatan. Inom stadsdelarna Masthugget och Pustervik i Göteborg. Markteknisk undersökningsrapport (MUR/geoteknik)". Golder Associates AB, daterad 2015-05-27 (uppdr.nr. 1451220160).
- "Tillståndsansökan för Vattenverksamhet, PM Geoteknik", Golder Associates AB, daterad 2016-10-21 (uppdr.nr. 1451220160).
- Kvartersrapporter för Område B till E, "Järnvågsgatan, Område X, Geoteknisk utredning inför exploatering". Golder Associates AB, daterade 2016-04-15 (uppdr.nr. 1451220160).
- Kvartersrapporter för Område A, "Järnvågsgatan, Område A, Geoteknisk utredning inför exploatering". Golder Associates AB, daterade 2016-06-01 (uppdr.nr. 1451220160).

I ovanstående rapporter listas och beskrivs de i tidigare projekt utförda geotekniska utredningar i området.

3.2 Översiktlig geoteknisk beskrivning

De geotekniska förutsättningarna beskrivs i detalj i tidigare utförda utredningar. I denna rapport ges endast en översiktligt bild av de geotekniska förutsättningarna i området. I området kring Götatunnelns mynning gäller generellt inom **område B (norra sidan om Götatunnelns mynning)**.

Den generella jordlagerföljden i området består överst av ett ytligt **fyllnadslager** som följs av **lera** med varierande mäktighet. Leran vilar på ett lager **friktingsjord**. Fyllnadslagret har en varierande mäktighet på 1-4 m. Fyllningen består bland annat av grus, sand, lera, muddermassor samt byggnadsrester (exv. tegel och trä).

Leran under fyllnadslagret är en postglacial finlera. Lerans är något gyttig de översta metrarna med förekomst/inslag av skalrester. Den övergår mot djupet från att klassas som lös till mellanfast. Leran är sättningsbenägen vid belastning. Lermäktigheten varierar stort inom området. I områdets västra del uppgår den till ca 100 m och minskar i östlig riktning till ca 10-20 m vid Rosenlundskanalen.

Figuren nedan visar en tolkning av lerdjupet kring området. Tolkningen baseras på geotekniska undersökningar och stadsbyggnadskontorets detaljerade jordarts-/lerdjupskarta.



Figur 1: Tolkad lerdjupskarta i området. Blå markering avser område B.

Under lagret av lera förekommer friktionsjord ovan berg. Mäktigheten har inte fastställts vid utförda undersökningar. Djupet till berg varierar stort inom delområdet. Utifrån borrhålsdata kan man tyda att berg återfinns på ca 100 m djup i de västra delarna och ca 10-20 m i de östra delarna. Baserat på vetskapen om de stora variationerna av bergdjup inom fastigheten är det troligt att bergytan inom delar av området kan stupa mycket brant vilket är av största vikt att ta hänsyn till och beakta vid kommande grundläggningsarbeten (vid främst påslagningsarbeten – "släntberg").

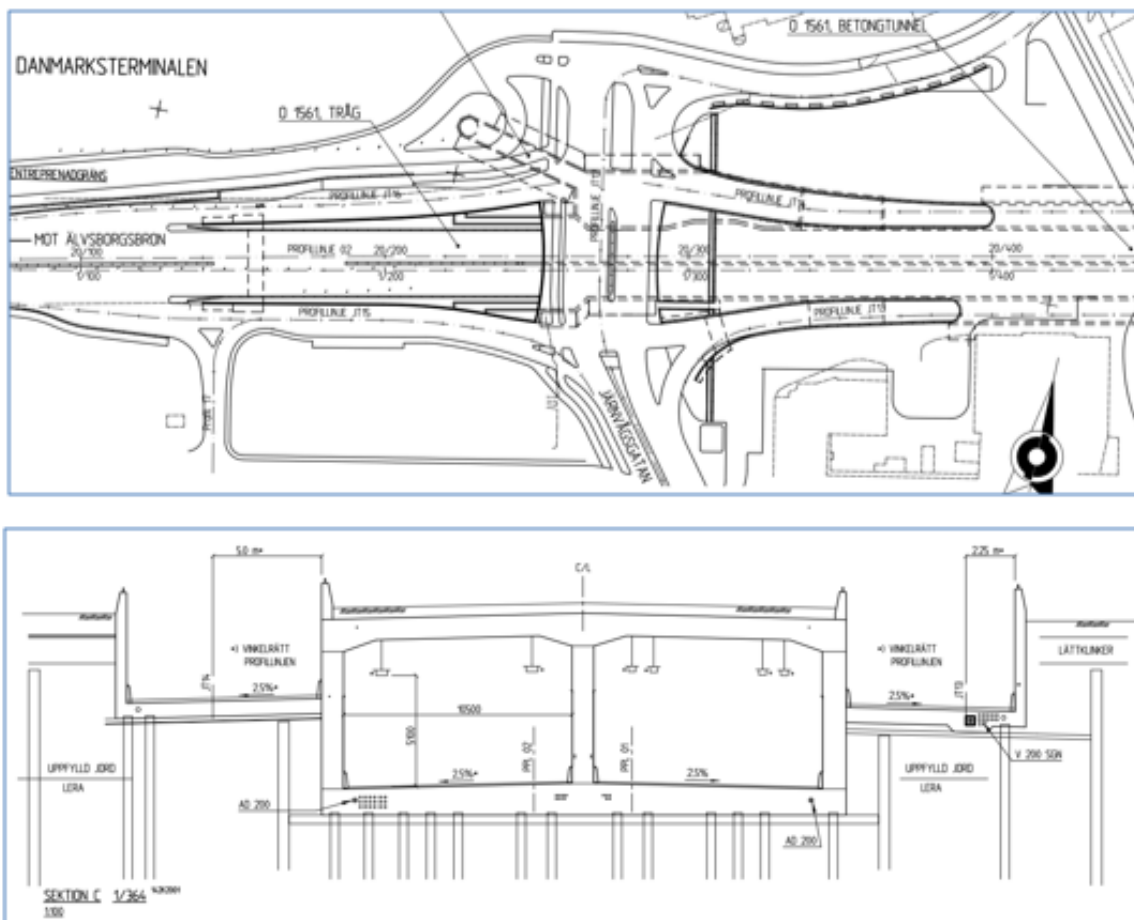
På södra sida om Götatunneln (som i planen benämns som **Område C (söder om Götatunnelns mynning)**) är det likartade förhållanden fast med ett mindre total jordmäktighet. Den generella jordlagerföljden består även i denna del av området överst av ett ytligt **fyllnadslager** som följs av **lera** med en varierande mäktighet (ca 20-60 m). Leran vilar på ett lager **friktionsjord**. Fyllnadslagrets mäktighet är ca 1-4 m och består även där av grus, sand, lera, muddermassor och byggnadsrester (tegel och trä). Leran som finns under fyllnadslagret, är en postglacial finlera. Ett flertal sonderingar har utförts inom området vilka indikerar att lerdjupet generellt är större i områdets västra del och minskar mot öster. Lerans är något gytig de översta metrarna och innehåller oftast skalrester. Konsistensen är lös och övergår mot djupet till mellanfast. Leran är sättningsbenägen vid belastning. Under lagret av lera förekommer friktionsjord ovan berg. Mäktigheten har inte fastställts vid utförda undersökningar.



4.0 RISKOBJEKT

4.1 Götatunneln

Denna PM belyser endast riskobjektet Götatunneln, d.v.s. inga andra riskobjekt i området. Götatunneln sträcker sig genom planområdet först i ett öppet tråg som går ner i en pålad betongtunnel och därefter in i en bergtunnel. Götatunneln och dess mynning är en nedsänkt pålad betongkonstruktion. I anslutning till mynningen finns ett även ett betongtråg samt pålade stödmurar.



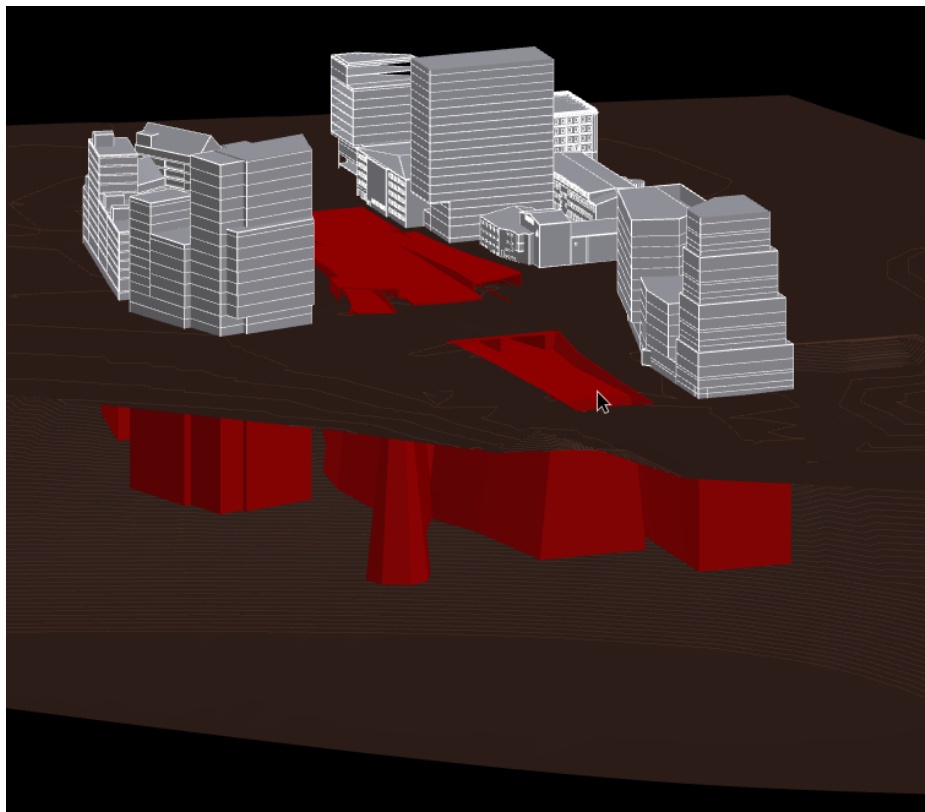
Figur 2: Götatunnelns mynning inom planområdet.

De geotekniska risker som föreligger vid byggande i nära anslutning till Götatunneln är framförallt.

- Risk för skador på pålar (sidoförskjutning och/eller böjning)
- Risk för vattenläckage orsakade av rörelser i tunnelelement

På relationsritningar för Götatunneln redovisas en kvarlämnad spont som inte bedöms ha någon funktion för anläggningen idag.

För att beskriva bilden av problemet tydligare har översiktliga volymstudier av utförts av hur grundläggning kan utformas i anslutning till Götatunneln. Bilden visar både nya och befintliga pålar i området efter färdig utbyggnad (pållängder är endast schematiskt redovisade).



Figur 3: Översiktlig volymbild av grundläggning i anslutning till Götatunneln.



5.0 BEDÖMNING AV KONSEKVENSER

5.1 Allmänt

I samband med projektering av de olika byggnaderna kommer detaljerade studier av jordrörelser att utföras. I detta tidiga skede av projekteringen finns inte några beslutade grundläggningssätt att utgå från vid bedömning av rörelser. Nedan beskrivs i generella drag hur grundläggning kan se ut i områden nära Götatunneln och också metoder för hur massundanträngningen och schaktning kan beräknas

Normalt gäller följande riskavstånd för markrörelser i anslutning till den grundläggning som utförs:

- För pålning gäller ett horisontellt riskavstånd motsvarande pålens längd
- För temporära stödkonstruktioner gäller ett horisontellt avstånd motsvarande djupet på konstruktionen
- Vid schakt motsvarar riskavståndet normalt dubbla schaktdjupet.

5.2 Bedömd grundläggning av nya byggnader

Inom de kvarter som ligger i anslutning till Götatunneln planeras ett antal nya byggnader med varierande höjd, se figur nedan som visar gällande illustrationsplan vid tid tidpunkten för denna rapport. Den högsta av de planerade byggnaderna ligger i anslutning till Folkets hus på södra sidan av Göta tunneln. I detta område är det i övrigt inte så omfattande byggnation. På norra sidan av Götatunneln planeras flera nya byggnader där den högsta med 23 våningar planeras i anslutning till uppfartsrampen från Götatunneln.



Figur 4: Illustrationskarta med planerat antal våningar

Samtliga byggnader kommer att grundläggas på pålar. Höga byggnader eller där jorddjupen är små (i detta sammanhang under 50 m) kommer grundläggning att utföras med spetsburna pålar. Spetsburna pålar utgörs av antingen standardpålar av betong eller av grova stålrörpålar. Lägre byggnader samt inom områden med stora lermäktigheter kan grundläggas på kohesionspålar som i regel utförs med standardpålar av betong.

På södra sidan av Götatunneln, där byggnader byggs i direkt anslutning till befintlig bebyggelse, kommer grundläggning i huvudsak utföras med spetsburna pålar. Det höga huset vid Folkets hus (C3) bedöms i detta skede bli grundlagd på stålrörspålar (enligt uppgift från byggherren är nuvarande plan att använda slanka stålrörspålar) som borrar eller slås till fast botten. Detta hus är också det hus som ligger närmast Götatunneln.

På norra sidan av Götatunneln bedöms grundläggning kunna utföras med både kohesionspålar (där lerdjupen är stora, speciellt i den västra delen av detta område) och spetsburna pålar. Det höga huset (B1)



som planeras vid anslutning till uppfartsrampen (avstånd ca 15 m) bedöms bli grundlagt på grova långa stålrörspålar som slås till fast botten. Det kan även bli aktuellt med en lösning med långa kohesionspålar (likt byggnaden läppstiftet i Göteborg) men det är mindre troligt.

5.3 Bedömning av massundanträngning från pålning

Bedömning av massundanträngning utförs i regel med olika analysmetoder. Val av metod väljs beroende på hur stora risker som föreligger. Desto större komplexitet i grundläggningen och desto större risker som föreligger medför att mer avancerade analyser behöver utföras.

Analysen utförs normalt med följande metoder i stigande detaljeringsgrad,

- Analys av massundanträngning enligt svensk praxis.
- Analys med 2D FEM, t.ex. Plaxis
- Analys kan också utföras med 3D FEM verktyg

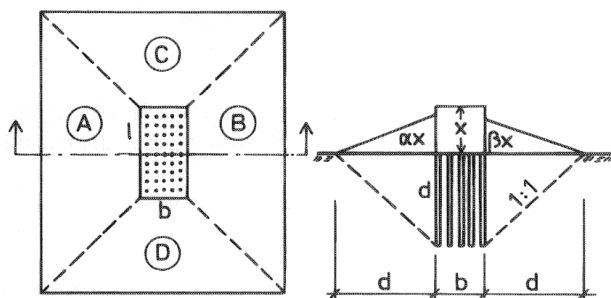
5.3.1 Enkel analys enligt svensk praxis

Oftast används en metod där volymberäkning utförs för varje slagen påle där påverkansområdet är lika med pålens längd. Rörelsen är triangelformad där den största rörelsen sker i direkt anslutning till pålen och minskar linjärt till att vara noll på avståndet motsvarande pålens längd. Detta görs för varje påle där en total ackumulerad totalbild erhålls.

Metoden beskrivs i olika geotekniska handböcker, se exempel på utdrag från *Pålgrundläggningshandboken* nedan.

7.21 Intill befintliga byggnader

I ett flertal studier, bl a Hellman (1981), Dugan och Freed (1984), har man funnit att den markhävning som inträffar pga jordundanträngningen, vid horisontell markyta, begränsas av linjer i 45° lutning från pålspetsen och uppåt. Dugan och Freed (1984) har också funnit att hävningen av angränsande byggnader är störst för lätta byggnader.



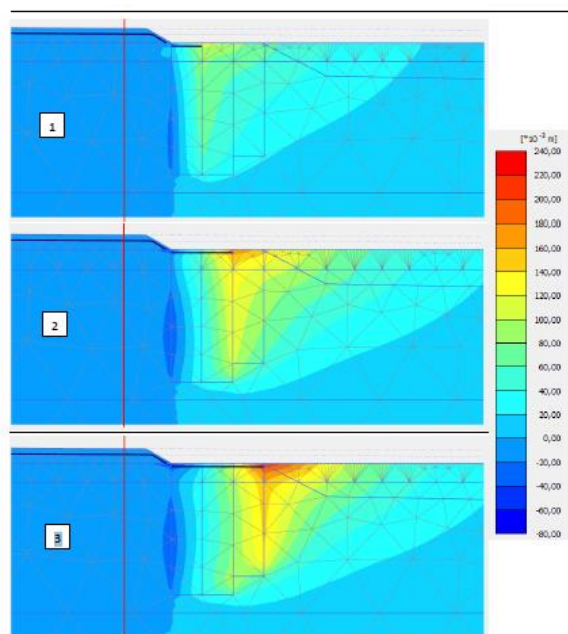
Figur 7.21:1. Markhävning i samband med pålslagning i lera vid horisontell markyta

Figur 5 Analys av massundanträngning orsakad av pålning



5.3.2 Analys av massundanträngning i 2D FEM

För att analysera massundanträngningen ytterligare kan olika FEM program nyttjas. På detta sätt kan analysen även innefatta jordens egenskaper modelleras och analys kan utföras för olika djup i jordprofilen.

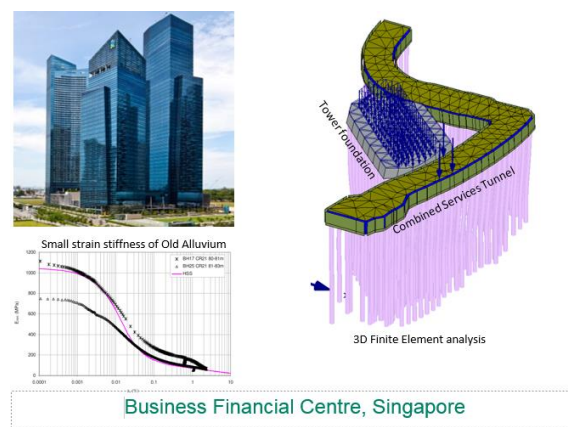


Figur 15 Deformationer i x-led i sektion 1/160 till följande av installation av de tre KIC-pelarsblocken. Röd linje markerar järnvägsbankens början. Positiv riktning åt höger.

Figur 6 Exempel på 2D analys av rörelser i Plaxis

5.3.3 Analys av massundanträngning med 3D FEM analys

Vid en avancerad massundanträngningsanalys kan ett 3D FEM program användas. Massundanträngning är i allra högsta grad ett tredimensionellt problem varför denna metod är lämplig vid stora komplexa oregelbundna problem. Analysmetoden används ofta i stora internationella projekt. I mindre projekt är det ovanligt att utföra denna typ av analyser då det ofta inte är helt nödvändigt. För det aktuella projektet kan det finnas behov av att utföra denna typ av analys i projekteringsskedet.



Figur 7 Exempel på 3D analys av rörelser



5.4 Bedömning av obalans i jordtryck vid ensidiga djupa schakter

Vid utförande av djupa och breda schakter på enbart en sida av tunneln skulle detta medföra en obalans i jordtrycket som verkar mot tunneln och tunneln skulle då teoretiskt vilja röra sig mot schakten. Beräkningar och analyser av detta utförs enkelt både med analytiska metoder och/eller FEM program som t.ex Plaxis.

I nuvarande planer som gäller för projektet så bedöms denna risk som mycket liten då det inte kommer att anläggas några djupa och breda schakter i direkt anslutning till tunnelelementen. Analyser skall dock utföras även för mindre lokala schakter men detta bedöms inte medföra ett problem för tunneln.

6.0 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

För att reducera effekten av massundanträngande arbeten, vilket kan orsaka skador på befintliga anläggningar och installationer till följd förskjutningar i marken (såväl vertikala rörelser som hävning/sättning), erfordras vissa åtgärder/tillvägagångssätt och kontroller.

Nedan redovisas riskreducerande åtgärder som kan tillämpas:

- 1) Styrning och planering av påslagningsordning
Principen är att pålar installeras i riktning från riskobjektet och bort från detta så att massorna drivs åt annat håll. Styrningen kontrolleras med kontinuerlig uppföljning med ett mät-/uppföljningsprogram för att vid behov kunna vidta ytterligare åtgärder.
- 2) Val av påtyp
Olika pålar har olika massundanträngande förmåga. För att reducera massundanträngningen kan pålar med mindre tvärsnittsarea och med hög bärförmåga (t.ex olika typer av slanka stålrörspålar) väljas vilket då leder till en mindre undanträngande volym. För att ytterligare minska massundanträngningen kan val utföras av borrarade stålrörspålar vilket i princip inte ger någon massundanträngning. Detta kan speciellt vara aktuellt i nära anslutning till riskobjektet.
- 3) Upptagning av lerproppar
Dragning av lerproppar motsvarande pålens tvärsnittsarea är en mycket vanlig metod för att minska massundanträngningen. Metodiken är gammal och beprövad men har under senare år utvecklats snabbt till att bli effektivare och bättre. Idag kan man utföra lerproppar ner till 25 m djup vilket ger en stor minskning av rörelserna. Notera skall att man också kan ta "extra" lerproppar mellan läget för planerade pålar vilket ytterligare reducerar rörelserna.
- 4) Etablera "fysiskt hinder" mellan skyddsobjektet och grundläggningsområdet
Detta skulle t.ex. kunna vara en djup spontkonstruktion eller en styv stödkonstruktion som t.ex. slitsmur eller sekantpålevägg. På grund av höga kostnader utförs detta endast om stödkonstruktion även behövs för att anlägga t.ex. en djup källare.
- 5) Utföra arbeten i jämvikt på båda sidor om tunneln
Detta bedöms inte vara ett stort problem med nuvarande utbyggnadsplan. Det skall noteras mindre lokala schakter kan utföras utan att ett problem uppstår. För att undvika ensidiga rörelser vid djupare schakter (om det skulle vara aktuellt) kan arbeten planeras att ske samtidigt på båda sidor om tunneln. Detta medför då att massorna inte flyttas ensidigt åt ett håll. Om rörelserna förväntas uppkomma från ett schaktarbete kan avlastning med motsvarande schakt utföras på motstående sida.



6) Förstärkning av jorden mellan tunneln och grundläggningen

Förstärkning kan utföras med t.ex. KC-pelare som förstärker jorden så att massundanträngning motverkas. Ett problem är att även den jordförstärkande metoden medför massundanträngning vilket innebär att det i detta fall inte är aktuellt.

7.0 KONTROLLPROGRAM OCH UPPFÖLJNING

I samband med projekteringen upprättas ett kontrollprogram som beskriver metoder för grundläggning skall utföras samt hur de skall kontrolleras samt framförallt vilka åtgärder som skall vidtas om rörelserna blir större än fastställda åtgärds och stoppnivåer.

För att kunna upprätta ett kontrollprogram måste först en detaljerad analys utföras av vilka förväntade rörelser som kan uppstå av de planerade arbetena. De förväntade rörelserna skall jämföras med de krav som överenskommit för riskobjektet. De krav som ställs måste vara realistiska och väl avvägda så att det inte ställs för höga orimliga krav (som ofta är vanligt förekommande då det är det enklaste att komma överens om) eller för låga krav (som innebär att risker föreligger för riskobjektet). Genom att etablera både åtgärdsnivå och en stoppnivå erhålls både ett bra verktyg för uppföljning/åtgärdshantering och ett definierat läge där arbeten måste helt avbrytas.

Alla typer av kontrollmätningar utförs med larm till ansvariga för snabb hantering om något gränsvärde överskrids.

Några specifika råd inför upprättande av kontrollprogrammet är:

- Viktigt med omfattande kontrollprogram som belyser alla identifierade risker (på motsvarande sätt som utförs för stora infrastrukturprojekt).
- Horisontella deformationer kontrolleras bäst med fasta automatiska inklinometrar som placeras mellan riskobjektet och grundläggningsarbetena.
- Rakhetsmätning av pålar är svårt att utföra på befintliga pålar som inte är förberedda för den typen av kontroll. Ett sätt är att installera påle i anslutning till tunneln i vilken rakhetsmätning utförs.
- Portrycksmätningar utförs för att säkerställa att portrycket inte stiger över angivna gränsvärden
- Grundvattenmätningar i både undre och övre magasin bör kontrolleras kontinuerligt
- Avvägningar och/eller ett avancerat monitorering system kan övervägas för att systematiskt kontrollera rörelser som kan uppstå i synliga delar av konstruktionerna. Lämpligen övervakas förloppet med markspikar som monteras på hårdgjorda ytor så att fasta punkter erhålles för att kontinuerligt kunna väga av sättningsrörelserna inom riskområdet.



7.1 Processbild för fortsatt samverkan mellan Trafikverket och kommun i genomförandeskedet.

I samband med pågående genomförandestudie för planen har följande överenskomna process diskuterats mellan Trafikverket och kommunen för att tydliggöra Trafikverkets möjlighet att lämna synpunkter under genomförande av planen.

Id	Aktivitet / Skede	GFS	Förproj.	Proj.	Utförande	Kommentar
1	Identifiering av risker och skyddsobjekt	x				
2	Klariaggande av process	x				Avtalas med FK som i sin tur avtalar med ÄU
3	Bakgrundsmätning		x			
4	Sätta gränsvärde för skyddsobjekt		x			
5	Upprättande av kontrollplan, koncept		x			TrV remiss/samråd
6	Upprättande av kontrollplan, slutlig			x		TrV remiss/samråd
7	Förebyggande åtgärder			x	x	
8	Kontroll och uppföljning				x	TrV info om allt, särskild kontakt om larmvärden överskrids

8.0 ÅTGÄRDER VID ÖVERSKRIDANDE AV LARMNIVÅER

Om något gränsvärde eller larmnivå överskrids i samband med grundläggningsarbetena måste åtgärder genomföras. Åtgärder som genomförs kan t.ex. vara att:

- Initialt stoppa pågående arbeten för att utvärdera orsak till det uppkomna problemet.
- Om rörelser beror på ett pågående schaktarbete kan en åtgärd vara att omedelbart återfylla schaktgropen.
- Om rörelsen beror på slagning av pålar kan det vara aktuellt att utöka antalet lerproppar eller byta påltyp. Det kan även vara aktuellt att förändra planerad pålordning och/eller hastighet.

GOLDER ASSOCIATES AB

Göteborg 2017-06-05

Urban Högsta
Teknikansvarig Geoteknik

Ola Skepp
Kvalitetsgranskning

UH/OS

Org.nr 556326-2418

VAT.no SE556326241801

Styrelsens säte: Stockholm

g:\projekt\2014\1470160-dp järnvågsgatan, gbg\14_rapportriskanalys götatunneln\järnvågen-risker_götatunneln-pm_geoteknik-170605.docx

Golder Associates är en global medarbetarägd organisation med över 50 års erfarenhet, som i sin rådgivning verkar för att använda jordens möjligheter utan att påverka dess integritet. Vi tillhandahåller kostnadseffektiva lösningar som hjälper våra kunder att nå sina mål inom hållbar samhällsutveckling genom oberoende rådgivning, design och konstruktionslösningar inom våra specialismråden miljö, jord, berg och vatten.

För mer information, besök golder.com

Afrika	+ 27 11 254 4800
Asien	+ 86 21 6258 5522
Europa	+ 44 1628 851851
Oceanien	+ 61 3 8862 3500
Nordamerika	+ 1 800 275 3281
Sydamerika	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates AB
Lilla Bommen 6
411 04 Göteborg
Sverige
T: 031-700 82 30



PM – Tunnelsäkerhet vid Överdäckning av Götatunnelns ramper vid Järntorgsmotet



Innehållsförteckning

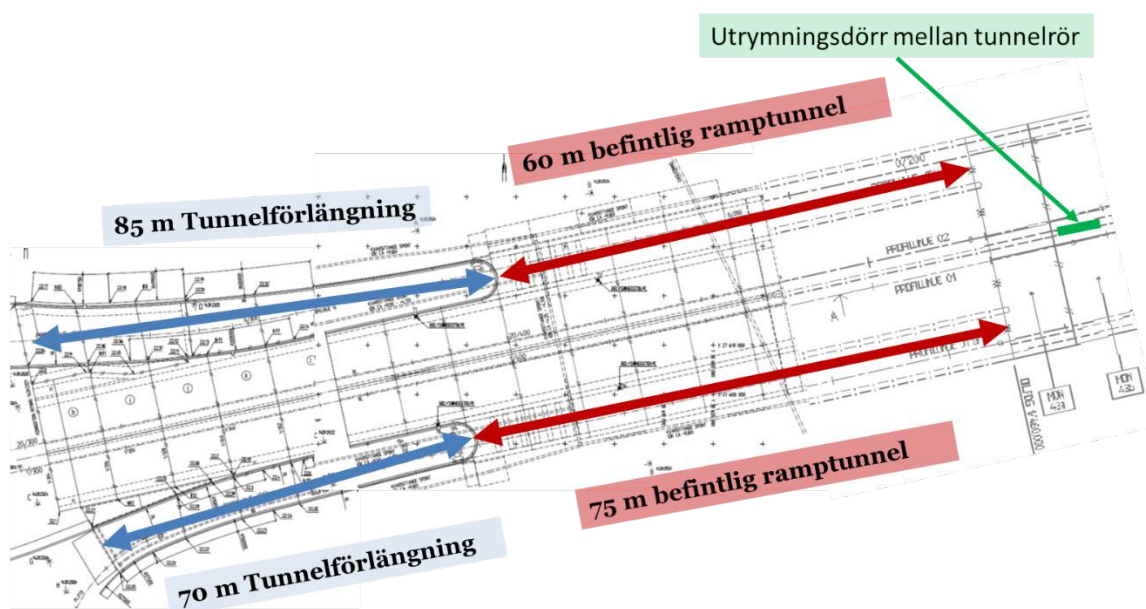
1	Inledning	1
2	Beskrivning.....	2
3	Tunnellag och förordning	4
4	Tekniska krav i Transportstyrelsens föreskrift.....	5
4.1	Tunnelgeometri.....	5
4.2	Ventilation	5
4.3	Handbrandsläckare och hjälptelefoner	7
4.4	Utrymning	8
4.5	Belysning	9
4.6	Fast släcksystem.....	9
4.7	Vägmärken	9
4.8	Övervakningssystem	10
4.9	Kommunikationssystem	10
5	Kostnadsberäkning	12
6	Slutsats.....	14
7	Referenser.....	16

Bilaga 1: Sammanställning av Transportstyrelsens tunnelföreskrifts påverkan på en förlängning av Götatunnelns ramptunnlar

1 Inledning

I samband med kommande stadsutveckling längs södra älvstranden ser Göteborgs stad en stor fördel i att bygga bort den trafikbarriär som Götatunnelns ramper upp mot Järntorgsmotet skapar. Projektet ser stor nytta i att skärma bort trafiken från området och skapa en bättre atmosfär med ett rogivande parkområde som förbinder Järntorget med Rosenlundskanalen och Göta älv.

Idag är endast den del av ramperna som ligger i anslutning till huvudtunneln överdäckt. Norra rampen är överdäckt 60 m varav södra rampen är överdäckt 75 m. Resterande del av ramperna mot Järntorgsmotet går i öppna tråg. Föreslagen förlängning av överdäckningarna kommer innebära att ramperna blir 140-150 m långa tunnlar.



Figur 1. Götatunnelns ramper upp mot Järntorgsmotet. Befintliga ramptunnlar framgår av röda pilar och föreslagen överdäckning av ramptunnlarna av blåa.

PM:et beskriver kortfattat hur Götatunneln kommer att påverkas av överdäckningen och vilka åtgärder som krävs i tunneln för att uppfylla dagens säkerhetskrav och riktlinjer på vägtunnlar i Sverige. PM beskriver även vilka ytterligare riskreducerande åtgärder som föreslås att vidtas för att säkerställa trafikanternas säkerhet vid en olycka/brand i de förlängda ramptunnlarna.

2 Beskrivning

Järnvågen är en del av stadsutvecklingen kring Masthuggskajen och Södra Älvstranden där man vill skapa en dynamisk, levande och kontrastrik stadsdel med en blandning av lägenheter och kontor, butiker och restauranger, parker och gågator. Utvecklingen av Masthuggskajen har en viktig roll i visionen att förtäta staden, möta vattnet och stärka kärnan. Med den nya stadsdelen kommer Göteborgs stadskärna att växa västerut mot Majorna via Stigbergsliden. En naturlig koppling till vattnet skapas också från Linnégatan via Järntorget och ner till kajen. Dessutom kommer Masthuggskajen i förlängningen knyta samman den södra och norra älvstranden och därmed stärka hela Göteborg.

En viktig del i detta stadsbyggnadsprojekt är att få bort den trafikala barriär och störning som Götatunnelns båda ramper upp mot Järntorgsmotet utgör. Avsikten är att skapa en lugn och rogivande miljö med parker och grönområden vilket framgår av *figur 2* här nedan.



Figur 2. Vy över området som avses att överdäckas samt utformas som park och rekreationsområde.

Området närmast de nya tunnelmynningarna vid Järntorgsmotet kommer ett bebyggas. Den fria höjden i tunnelramperna behöver vara mer än 4,70 m vilket skapar en tydlig separering mellan trafiken vid Järntorgsmotet och parkområdet ovanpå tunnelramperna. Det kan även skapas en möjlighet att placera ett mindre teknikutrymme mellan tunnelramperna som ledningsrum åt räddningstjänsten samt styrning av trafik- och säkerhetsutrustning för Götatunneln.

Det är viktigt att byggnaderna närmast tunnelmynningarna inte nyttjas för boende eller stadigvarande verksamhet eftersom störande underhållsarbete, provkörning av fläktar och säkerhetsövningar regelbundet kommer att pågå nattetid nere i tunnelarna. Det norra tunnelrörets mynnningar utgör idag även ett "avgasrör" och all förorenad luft som uppstår i tunnelröret transporteras ut där.

Luftkvalitetsfrågan utanför tunnelmynningarna är viktig men detta PM går inte på djupet i detta ämne. Luftspridning, föroreningar och partikelspridning är en känslig fråga som utretts parallellt med tunnelsäkerheten och beskrivs i ett parallellt PM som Cowi och HBI tagit fram, Ref 1.

Luftkvalitetsutredning till detaljplan för Järnvågsgatan m.fl. inom stadsdelen Masthugget, COWI-rapport A096695 samt verifierande beräkningar för denna luftkvalitetsutredning, Beräkningar för avluftsventilation vid Götatunnelns västra mynning. Luftkvalitetsutredningen hanterar även frågan kring behovet av ett ventilationstorn i anslutning till tunnelns västra mynning för att hantera luftkvalitet och partikelnivåer utanför tunnelmynningen.

Ett förslag till etableringsplan med avseende på störande underhållsarbete, provkörning av fläktar och säkerhetsövningar runt tunnelmynningarna kan ses i figur 3 här nedan.



Figur 3. Rödmarkerat område är ett förslag till förbjudet område för stadigvarande verksamhet med avseende på störande underhållsarbete runt tunnelmynningarna

Ur tunnelsäkerhetssynpunkt är det viktigt att trafiksituationen inne i tunneln inte försämras. Idag är det regelbundet kö på morgonen i det norra tunnelrörets avfartsramp upp mot Järntorgsmotet. Vissa tider sträcker sig kön ned i den delen av rampen som går i tunnel. För att hantera denna problemställning föreslås att ett fast brandbekämpningssystem (FBBS) byggs samt att följande riskreducerande åtgärder vidtas:

- Trafikplatsen vid Järntorget byggs om så att det inte kommer att vara möjligt att åka direkt till Linnégatan via Järntorgsmotet. Detta bör leda till ett minskat nyttjande av rampen upp mot Järntorget.
- Ramptunneln upp mot Järntorget från norra tunnelröret förses med en separat radardetektering av stillastående kö och incidenter hela vägen från huvudtunneln till utfartsmynningen. Detekteringssystemet kopplas till Trafikkontorets trafiksignaler vid Järntorgsmotet för att prioritera trafiken ut från tunneln vid längre kö i rampen.

3 Tunnellag och förordning

Götatunneln utgör en del av E45 som är en del av det europeiska TEN vägnätet. Tunneln är drygt 1600 m lång och råder därmed under den svenska tunnellagen (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar och tillhörande förordning (2006:421) om säkerhet i vägtunnlar samt Transportstyrelsens föreskrifter TSFS 2015:27 - Föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar.

Götatunneln invigdes innan tunnellagen togs i bruk, därför har tunneln aldrig genomgått någon ordentlig godkännandeprocess med Transportstyrelsen inför trafiköppning.

I tunnellagen **10 §** tydliggörs att tunnelmyndigheten även ska godkänna tunneln efter betydande byggnadstekniska eller driftsmässiga förändringar:

10 § En tunnel får inte tas i bruk för allmän trafik förrän den godkänts av tunnelmyndigheten. Detsamma gäller om tunneln skall tas i bruk på nytt för allmän trafik efter betydande byggnadstekniska eller driftsmässiga förändringar. Tunnelmyndigheten skall lämna sitt godkännande om tunneln uppfyller säkerhetskraven i **3§** samt om tunnelhållaren har sammanställt föreskriven säkerhetsdokumentation och har fullgjort sina skyldigheter enligt **6§** 2 och 3.

Tunnellagens förordning tydliggör vad som avses med "Byggnadstekniska förändringar" av tunnlar i drift:

20 § En tunnel skall anses ha genomgått sådana byggnadstekniska eller driftsmässiga förändringar som anges i **10 §** första stycket andra meningen lagen (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar, om förändringarna innebär att någon punkt i säkerhetsdokumentationen måste ändras väsentligt.

En förlängning av tunnelns ramper kommer att påverka tunnelns utformning. Så oavsett om överdäckningen inte kommer att försämbra säkerheten för tunnelns trafikanter finns det en risk att Götatunneln kommer att behöva genomgå en godkännande process med Transportstyrelsen. De riskreducerande åtgärder som är beskrivna tidigare i detta PM kompenserar för de negativa följder som överdäckningen medför och totalt sett kommer tunnelns säkerhet inte att påverkas negativt av överdäckningarna.

4 Tekniska krav i Transportstyrelsens föreskrift

Här följer en sammanställning av vilka områden och tekniska krav i Transportstyrelsens föreskrift som påverkas vid föreslagen överdäckning av ramperna samt vilka riskreducerande åtgärder som föreslås för att behålla tunnelns säkerhetsnivå. Se även *bilaga 1* som innehåller en tabell över föreskriftens samtliga tekniska krav samt hur de påverkas.

4.1 Tunnelgeometri

7§ Vid utformning av tunnlar ska linjeföring, lutning i längdled och tvärfall beaktas. En beräkning av vägbanans lutning i längdled i anslutning till en tunnel ska inkludera minst 100 meter av vägbanan utanför tunnelns infarter.

Allmänna råd

Lutningen i längdled bör beräknas mellan punkter som är belägna högst 100 meter från varandra i tunnelns längdled.

8§ Vägbanans lutning i längdled i och i anslutning till en tunnel längre än 500 meter ska, om det är geografiskt möjligt, vara högst 5 procent. Om lutningen är större än 3 procent ska en riskanalys genomföras. Den ska vara utgångspunkt för att bestämma om riskreducerande åtgärder behöver vidtas.

4.1.1 Föreslagen hantering av tunnelgeometri:

Götatunneln har redan idag en särskiljande lösning med 5 % lutning i ramptunnelnarnas mynningar. Kraven på lutning gäller även en sträcka på minst 100 m utanför mynningarna så rampens lutning påverkas av kravet på samma sätt oavsett om det är tak över eller inte. Ramperna är trafikreglerade vid Järntorgsmotet vilket förhindrar en alltför hög infarts- och utfartshastighet och tillsammans med befintliga säkerhetslösningar och riskreducerande åtgärder bedöms sedan tidigare säkerheten vara tillfyllest.

Att de nya ramptunnelarna föreslås att kompletteras med ett fast brandbekämpningssystem samt en förbättrad funktion för kö- och incidentdetektering är ytterligare riskreducerande åtgärder som kompenserar för rampernas lutning.

4.2 Ventilation

16§ I första hand ska tvärventilation eller halv tvärventilation användas i tunnlar med dubbelriktad trafik eller i tunnlar där tät köbildning förutsätts. Om längsgående ventilation används i dessa tunnlar, ska en riskanalys genomföras. Den ska vara utgångspunkt för att bestämma om riskreducerande åtgärder behöver vidtas.

Allmänna råd

Om längsgående ventilation används bör medellufthastigheten i tunneltvärsnittet vara minst 3 meter per sekund vid brandeffekter upp till 100 MW med syfte att stoppa rökfronten uppströms branden.

Exempel på säkerhetsåtgärder som kan vidtas när längsgående ventilation används är trafikledning, rökutsug eller kortare avstånd mellan utrymningsvägar.

17§ Vid projektering, byggande och drift av ventilationssystemet i tunnlar ska följande beaktas:

1. Luftföroreningar som fordon släpper ut ska kunna kontrolleras vid normal trafik och vid högtrafik.
2. Luftföroreningar som fordon släpper ut när trafiken står stilla på grund av ett tillbud eller en olycka ska kunna kontrolleras.

Brandgaser ska kunna styras.

18§ Om två närliggande tunnelrör utgör varandras säkra plats, ska åtgärder vidtas för att förhindra att brandgaser tränger in i det motsatta tunnelröret via mynningarna.

19§ I en tunnel med tvärventilation eller halv tvärventilation ska utsugningssystemet vara utformat och sektionerat så att det kan användas för brandventilation och så att utsugningen i brandens närhet ökar.

4.2.1 Föreslagen hantering av tunnelventilation:

Längsgående tunnelventilation i samband med köbildning och brand är ingen optimal kombination. För att klara av att hantera en brand i ett fordon på ett säkert sätt behöver man vidta åtgärder.

I Götatunneln har man sedan tidigare vidtagit ett antal riskreducerande åtgärder som säkerställer möjligheterna till en säker utrymning vid brand i tunneln.

Exempel på befintliga riskreducerande åtgärder är:

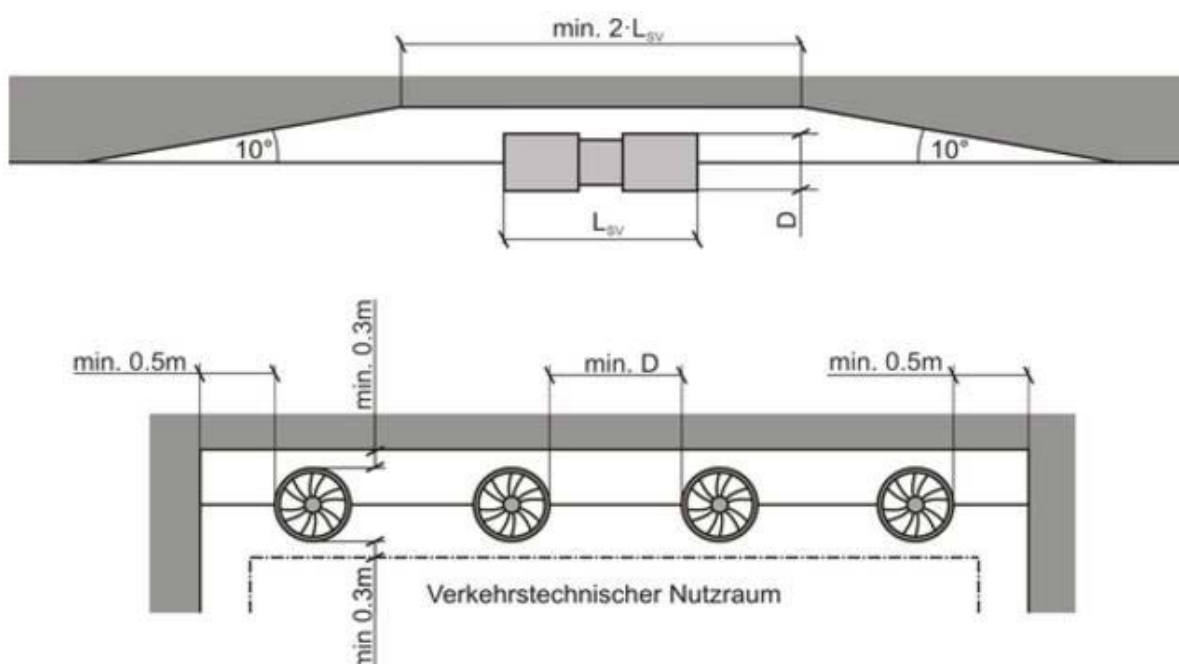
- Nödutgångar med säkerhetsutrustning var 100:e meter, vilket väsentligt förbättrar utrymningstiden i jämförelse med ett avstånd på 500 m mellan nödutgångarna.
- Rampstyrning av tillkommande trafik efter tunneln som kan aktiveras vid brand i tunneln, vilket förbättrar möjligheten att köra ut ur tunneln om man sitter fast i kö mellan utfartsmynningen och en brand i tunneln.
- Intelligent ventilationsstyrning som kan anpassas efter situationen. Vilket möjliggör att ventilationen kan varieras beroende på hur stor branden är, var i tunneln det brinner och hur förhållandena ser ut nedströms en tunnelbrand.
- Götatunneln är kopplad till en trafikledningscentral med övervakning av tunneln 24 timmar om dygnet och är försedd med heltäckande incident- och branddetektering.

Vid byggandet av tunneln utfördes ventilationsberäkningar som enbart beaktade huvudtunnlarna. Det innebär att rampernas påverkan försumrades. Detta är felaktigt då ramperna påverkar luftflödet i hela tunneln, såväl i de delar av ramperna som går i tunnel som i huvudtunnlarna där luften även sugas in eller trycks ut genom ramperna. För att säkerställa att en dimensionerande brand kan hanteras i ramperna har nya ventilationsberäkningar utförts med korrekta tunneltvärsnitt inkl. ramptunnlarna.

I tidigare genomförda ventilationsberäkningar används endast 16 av 20 fläktar i ett tunnelrör för att ge 3,0 m/s vid en 100 MW brand. Det har förutsatts att två fläktar är på service samt att ett fläktpar (två fläktar) slås ut av branden. En brand i ramptunneln kommer inte att påverka fläktarnas funktion då samtliga fläktar är placerade i bergtunnelns mittdel, minst 200 m från ramptunnlarna. En dimensionerande brand i ramptunnlarna kommer därmed inte att slå ut några tunnelfläktar. Dessutom finns det reservplatser för ytterligare 2+2 JetFans i resp. tunnelrör med ingjuten kanalisation och infästningar. Detta innebär att vid en brand i ramptunnlarna skulle kapaciteten från 22 fläktar kunna nyttjas.

Utförda ventilationsberäkningarna visar dock på svårigheter att klara av att hantera en större brand i påfartsrampen ned mot det södra tunnelröret där lutningen är drygt 5-6 % i trafikriktningen. Även med samtliga tunnelfläktar inkl. reservfläktarna i drift. Beroende på att värmen från en brand kommer att utvidgas uppåt mot tunnelmynningen och fläktarna kommer i huvudsak att suga luft från huvudtunneln som går parallellt med rampen.

Så istället för att fylla hela tunneln med fläktar som ändå inte kan hantera den dimensionerande branden på 100 MW föreslås att tunnelramperna förses med ett antal mindre impulsfläktar i ramptunnlarna, se Ref 2. PM - Järnvågen utredning installation i Götatunnelns ramper samt i figur 4 nedan. Samtidigt som ramptunnlarna förses med ett fast brandbekämpningssystem (FBBS) för att hålla ned den dimensionerande brandeffekten. I Norra länken och Förbifart Stockholm har beräkningarna genomförts med en brandeffekt på 25-50 MW istället för 100 MW efter att FBBS installerats.



Figur 4. Placering av impulsfläktar i rampernas tunneltak

En komplettering av tunnelventilationen i de övertäckta ramperna har utretts för att hantera dimensionerande brandfall, luftkvaliteten invändigt i tunneln samt nya hårdare krav på luftkvalitet utanför mynningarna i samband med kommande byggnation vid Järnvågen och Masthuggskajen. Brand- och luftkvalitetskraven i ramptunnlarna kommer att behöva uppfyllas direkt i samband med att ramperna övertäcks medan luftkvaliteten utanför mynningarna inte kommer att påverka anläggningen förrän i samband med framtida planerad utbyggnad av kontor och bostäder i området.

I samband med kommande utbyggnad i anslutning till tunnelmynningarna kommer dessutom avluftstationen (DU1) att behöva utrustas och driftsättas med stora axialfläktar, ljuddämpare samt el- och styrutrustning.

4.3 Handbrandsläckare och hjälptelefoner

22§ I tunnlar längre än 500 meter ska minst två handbrandsläckare och en hjälptelefon finnas vid tunnelmynningarna, i tunneln med högst 150 meters mellanrum och vid nöduppställningsplatser. Handbrandsläckarna ska vara minst 6 kg pulverläckare eller motsvarande med minsta effektivitetsklass 43A 233B C och uppfylla krav enligt standarden SS-EN 3-7.

Allmänna råd

Handbrandsläckarna och hjälptelefonen kan placeras i en nisch i tunnelväggen, i ett skåp på väggen eller innanför dörren till en utrymningsväg.

4.3.1 Föreslagen hantering av handbrandsläckare och hjälptelefoner:

Inga motstridigheter kring ställda krav på handbrandsläckare och hjälptelefoner. Kraven på handbrandsläckare och hjälptelefoner är sedan tidigare uppfyllda och de förlängda ramptunnlarna kommer att kompletteras med nya nödsåp (hjälptelefon och brandsläckare) vid de nya mynnarna.

4.4 Utrymning

23§ I en tunnel längre än 500 meter ska det finnas utrymningsvägar så att trafikanterna själva kan ta sig ut ur tunneln i händelse av en olycka. Utrymningsvägarna ska utformas som utgångar direkt ut i det fria eller som tvärtunnlar mellan tunnelrören. Avståndet mellan två utrymningsvägar i en tunnel får inte vara större än 500 meter.

24§ Om avståndet mellan två utrymningsvägar är större än 200 meter i tunnlar längre än 500 meter ska gränsvärden för vad som är kritiska förhållanden fastställas och får inte överskridas under den tid som krävs för utrymningen.

Allmänna råd

Vid värdering av kritiska förhållanden vid utrymning bör sikt, värmestrålning, temperatur och toxiska gaser beaktas. Följande gränsvärden för kritiska förhållanden kan tillämpas:

Värmestrålning: en maximal strålningsintensitet på 2,5 kW/m².

Lufttemperatur: högst 80 °C.

Toxiska gaser, 2,0 m ovan gångbana: mer än 15 volymprocent syre, mindre än 5 volymprocent koldioxid och mindre än 0,2 volymprocent kolmonoxid.

Sikt: En siktsträcka på minst 10 meter.

Tiden till dess att förflyttning till fots påbörjas bör beräknas vara minst 2 minuter

25§ En säker plats ska finnas i en utrymningsväg om utrymningsvägens utformning medför att personer med nedsatt rörlighet inte kan utrymma på egen hand till det motstående tunnelröret eller ut ur tunneln. På den säkra platsen ska det vara möjligt att ringa nödsamtal med en hjälptelefon eller en mobiltelefon och det ska finnas högtalare för informationsmeddelanden.

27§ Om en utrymningsväg lutar mer än 8 procent, ska kompletterande åtgärder vidtas för att underlätta utrymning för personer med nedsatt rörlighet.

Allmänna råd

Exempel på kompletterande åtgärder är ledstänger eller vilplan.

4.4.1 Föreslagen hantering av utrymning:

Kraven på utrymning är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får längre ramptunnlar.

Ramptunnlarna kommer att ha en lutning på maximalt 5-6 % och förses med nödgångbanor på båda sidorna och det kommer att vara mindre än 170 m mellan utrymningsdörr och tunnelmynning.

4.5 Belysning

32§ Belysning ska anordnas i tunnlar så att trafikanternas sikt blir tillfredsställande i infartszonen och inne i tunneln dygnet runt.

33§ Reservbelysning ska finnas i tunnlar så att trafikanterna har tillräcklig sikt för att kunna köra ut ur tunneln vid avbrott i strömförsörjningen.

34§ Vägledande utrymningsljus ska finnas i tunnlar på högst 1,5 meters höjd över gångytan för att underlätta för trafikanter att utrymma till fots. Vid avbrott i strömförsörjningen ska det vägledande ljuset fungera i minst 60 minuter.

4.5.1 Föreslagen hantering av belysning:

Kraven på belysning uppfylls genom att de förlängda ramptunnlarna förses med belysning i tak och på väggar enligt samma koncept som i den befintliga tunneln.

En förlängning av tunnelns ramper kan även förbättra förhållandena nere i tunneln vid lågt stående sol. I dagsläget bländar lågt stående sol i rampen och ända ned i det norra tunnelrörets huvudtunnel. Vilket är ett känsligt trafiksnitt med delning och risk för inbromsning.

4.6 Fast släcksystem

36§ Om ett fast släcksystem installeras, ska dess effekt utvärderas. En sådan utvärdering ska minst omfatta.

1. effekt på dräneringssystemet,
2. påverkan på luftens skiktning i tunneltvärsnittet vid brand,
3. samverkan med branddetekterings- och larmsystem,
4. påverkan på ventilationssystemet och
5. påverkan på tunnelns övervaknings- och styrsystem.

4.6.1 Föreslagen hantering av fast släcksystem:

Det finns inget direkt krav på fast släcksystem i tunneln men det erfordras för att få ned brandlasten så att tunnelventilationen kan hantera brandgaserna. Idag finns det inget befintligt släcksystem i tunneln men för att klara av att föra brandgaserna framåt i trafikriktningen erfordras ett fast brandbekämpnings-system i tunnelramperna som kan få ned den dimensionerande brandlasten under 50 MW.

4.7 Vägmärken

37§ Det ska finnas vägmärken och andra anordningar uppsatta som uppger trafikanter om alternativa vägar då en tunnel är avstängd.

38§ Alla dörrar som leder till en utrymningsväg ska på båda sidorna ha en unik identifiering. Informationsskyltar ska placeras i trafikutrymmet så att det framgår vilka dörrar eller utgångar som inte är en del av en utrymningsväg.

4.7.1 Föreslagen hantering av vägmärken mm:

Kraven på vägmärken uppfylls genom att de förlängda ramptunnlarna förses med utrymningsskyltning enligt samma koncept som i den befintliga tunneln.

4.8 Övervakningssystem

39§ Tunnlar som är längre än 3 000 meter och har ett trafikflöde på mer än 4 000 ska ha en trafikledningscentral. Övervakning av flera tunnlar får ske från en gemensam trafikledningscentral.

40§ För tunnlar med flera trafikledningscentraler får vid varje tillfälle endast en trafikledningscentral ha kontroll över tunnelns säkerhetsfunktioner. Det gäller även tunnlar som har förbindelse med ett annat land.

41§ System för tv-övervakning och system för automatisk upptäckt av tillbud eller olyckor ska finnas i alla tunnlar som ska ha en trafikledningscentral.

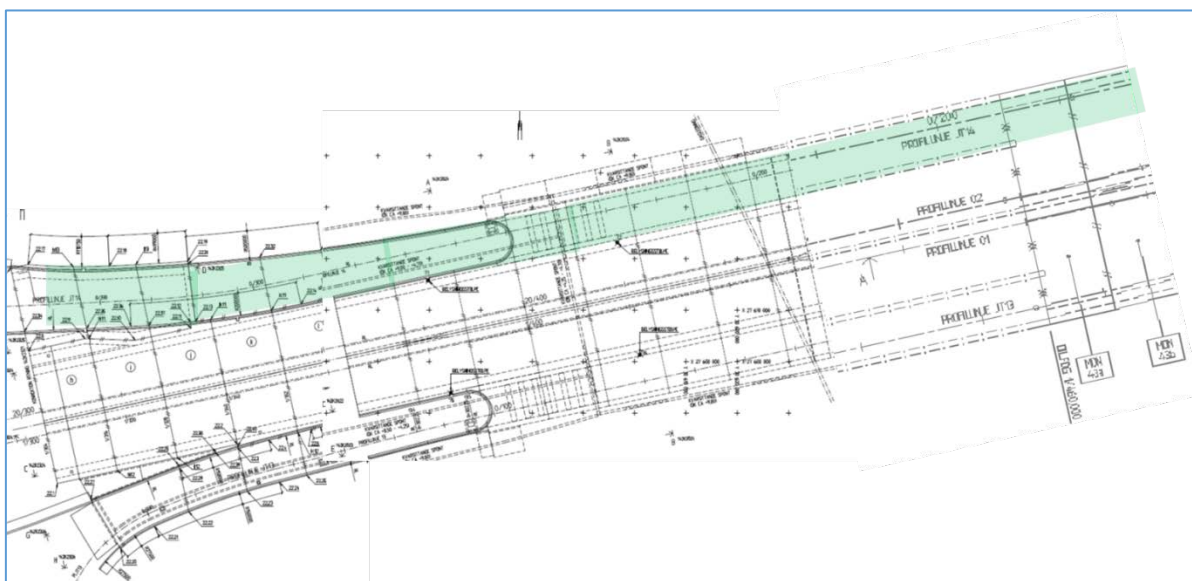
Allmänna råd

Tunnlar med tv-övervakning bör utrustas med högtalarsystem som kan användas för att ge trafikanterna säkerhetsmeddelanden.

4.8.1 Föreslagen hantering av övervakningssystem:

Kraven på övervakningssystem uppfylls genom att komplettera kamera- och detekteringssystemet med ytterligare två kameror i resp. tunnelrör så att stillastående fordon och tappad last kan detekteras i de förlängda ramptunnlarna.

Kompletteras även med ett radardetektorsystem i hela rampen upp från det norra tunnelröret. Därmed kan köbildning upp mot Järntorgsmotet säkert detekteras och hanteras genom att trafiken upp från tunneln prioriteras vid brand i tunneln eller vid längre köbildning i rampen, se *figur 5* nedan.



Figur 5. Grönmarkerat område förses med radardetektering för ködetektering och prioritering av trafiken upp från tunneln vid längre köbildning.

4.9 Kommunikationssystem

47§ Det ska finnas radiotäckning i tunnlar längre än 500 meter så att räddningstjänsten kan använda sin egen kommunikationsutrustning.

48§ Om publika radiokanaler återutsänds i tunnlar längre än 500 meter och om det finns en trafikledningscentral, ska det vara möjligt att via återutsändningen lämna säkerhetsmeddelanden till trafikanterna.

4.9.1 Föreslagen hantering av kommunikationssystem:

Kraven på kommunikationssystem uppfylls genom att komplettera radiosystemet med läckande antennkabel och riktade antenner i de förlängda ramptunnlarna.

5 Kostnadsberäkning

Kostnadsberäkning av riskreducerande åtgärder vid överdäckning av tunnelramper

Åtgärd	Beskrivning	Kostnad
1-3 § Allmänt	En grovanalys som påvisar att tänkta åtgärder inte försämrar säkerheten i tunneln.	120 000
7-8 § Tunnelgeometri	Tunnelns lutning i ramperna hanteras tillsammans med ovan nämnda riskanalys.	50 000
14-20 § Ventilation	Ny ventilationsberäkning och utrymningsberäkning.	250 000
	Praktiskt test av ventilationsflöden under en testnatt.	20 000
	Komplettering med 4-6 mindre impulsfläktar i ramptunnlarna, enligt Ref	4 200 000
22 § Handbrand-släckare och hjälptelefoner	Installation av nytt nödsåk med hjälptelefon och handbrandsläckare i den nya ramptunneln mot det södra tunnelröret.	200 000
32-34 § Belysning	Installation av ny belysning i de nya ramptunnlarna.	500 000
36 § Fast släcksystem	Installation av fast brandbekämpningssystem i båda ramptunnlarna.	2 500 000
37-38 § Vägmarken mm	Installation av ny skyltning i de nya ramptunnlarna.	10 000
39-42 § Övervaknings-system	Installation av nya övervakningskameror samt ett nytt detektorsystem för kö i de nya ramptunnlarna.	600 000
	Omprogrammering av styr och övervakningssystem för ny utrustning och ny funktion på bl.a. tunnelventilation	1 200 000
47-48 § Kommunikations-system	Komplettering av radio och antennsystemet i de nya ramptunnlarna.	300 000
	Totalt	8 700 000

Övriga kostnader som behöver hanteras i samband med projektet

Åtgärd	Beskrivning	Kostnad
Förstudie av överdäckningen av tunnelramperna	Genomförandestudie för byggnation av överdäckningen. För att få fram om det är möjligt att genomföra en överdäckning samt ta fram en kostnad och tidsåtgång för byggnation.	200 000
Framtagande av FU för överdäckningen av tunnelramperna	Framtagande av ett förfrågningsunderlag (FU) för en utförande entreprenad för byggnation av överdäckning och säkerhetsuppdatering.	XXX
Byggnation av överdäckningen av tunnelramperna	Entreprenadkostnad för byggnation av överdäckning och säkerhetsuppdatering.	XXX
säkerhetsdokumentation	Uppdatering och godkännande av Götatunnelns befintliga säkerhetsdokumentation. Kostnaden borde kunna delas med Trafikverket	250 000
	Totalt:	450 000

6 Slutsats

En överdäckning av den sista delen av Götatunnelns ramper är en viktig del i utbyggnaden av Södra Älvstranden och Masthuggskajen. Om trafiken byggs bort är det möjligt att skapa en bättre atmosfär i området med rogivande parkområden som förbinder Järntorget med Rosenlundskanalen och Göta älv.

Överbyggnaden av tunnelramperna kommer att bli rätt så hög ut mot Järntorgsmotet eftersom den fria takhöjden i tunnelramperna behöver vara minst lika hög som i befintliga ramper, dvs 4,7 m. Därför känns det som en bra lösning att den yttersta delen av ramptunnlarna mot Järnvågsmotet nyttjas som barriär mot parkområdet ovanpå tunnelramperna, se *figur 6* nedan. Optimalt vore om utrymmet mellan tunnelramperna i barriären kunde nyttjas till Räddningstjänstens ledningsrum för Götatunneln.

Det är viktigt att byggnaderna närmast tunnelmynningarna inte nyttjas för boende eller annan stadigvarande verksamhet då störande underhållsarbete, provkörning av fläktar och säkerhetsövningar regelbundet kommer att pågå nattetid nere i tunnlar. Det norra tunnelrörets mynningar utgör idag även tunnelns "avgasrör" så all förorenad luft som bildas i det norra tunnelröret transporteras ut där. Detta medför att stadigvarande etablering i direkt anslutning till tunnelmynningarna måste undvikas. Samt att partiklar och nedsmutsad tunnelluft behöver hanteras i tunnelns avluftstation (DU1).



Figur 6. Vy över de överdäckade tunnelrampernas mynningar mot Järntorgsmotet.

Säkerheten i tunneln kommer till viss del att påverkas av att en längre del av tunnelns ramper överdäcks. Men de flesta av tunnelns befintliga säkerhetssystem och installationer kan förlängas och/eller kompletteras för de nya ramptunnlarna. Samtidigt som det finns flera bra riskreducerande åtgärder som kommer att kompensera för de negativa följderna av en överdäckning. Totalt sett kommer tunnelns säkerhet inte att påverkas negativt av en överdäckning av ramperna.

De två största säkerhetsfrågorna för en överdäckning är hur tunnelventilationen i det södra tunnelröret och trafiksituationen upp mot Järntorget i det norra tunnelröret ska hanteras. Men genom att ett fast brandbekämpningssystem (FBBS) monteras i ramperna kommer dimensionerande brandlast att bli 50 MW eller lägre vilket medför att en mindre komplettering av tunnelventilationssystemet kan hantera brandgaserna och tunneln får bättre möjlighet att hantera en kökrock. Trafiksituationen kommer dessutom att hanteras genom att ramptunneln upp mot Järntorget förses med radardetektering av stillastående kö och incidenter som kopplas till Trafikkontorets trafiksignaler vid Järntorgsmotet för att prioritera trafiken ut från tunneln vid brand i tunneln eller vid längre kö i rampen.

Så vitt vi och Trafikverkets tunnelsäkerhetsexpertis kan se kommer en förlängning av tunnels ramper inte att förändra tunnelns befintliga säkerhetskoncept i den mån att Götatunneln behöver genomgå en godkännandeprocess hos Transportstyrelsen mot ställda tekniska krav i tunnellag och föreskrift.

7 Referenser

Ref.1 - Haeger-Eugensson m.fl. (2017). Luftkvalitetsutredning till detaljplan för Järnvågsgatan m.fl. inom stadsdelen Masthugget, tilläggsrapport november 2017. COWI-rapport A096695, för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad.

Ref.2 - Sparthan, Engman m.fl. (2017). PM – Järnvågen utredning installation i Göta-tunnelns ramper, Sting/HBI, för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad.

Bilaga 1:

Sammanställning av Transportstyrelsens tunnelföreskrifts påverkan på en förlängning av Götatunnelns ramptunnlar

En sammanställning av hur gällande krav i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar (TSFS 2015:27) påverkas av en förlängning av Götatunnelns ramptunnlar vid Järntorget.

I dagsläget går en del av ramperna i tunnel (ca 75 m resp. 65 m) medan den övre delen av ramperna (ca 70 m resp 85 m) går i ett tråg utan tak. Med föreslagen överdäckning av hela ramperna kommer ramperna gå i tunnel. De båda ramptunnlarna kommer bli ca 140-150 m långa.

1-3 § Allmänt	Inga motstridigheter kring ställda krav på allmänt	En grovanalys som påvisar att med tänkta riskreducerande åtgärder kommer säkerheten i Götatunneln inte att försämrans av föreslagen förlängning av ramptunnlarna upp mot Järntorget.
4-6 § Antal tunnelrör och körfält	Inga motstridigheter kring ställda krav på antal tunnelrör och körfält	Kraven på antal tunnelrör och körfält är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.
7-8 § Tunnelgeometri	Befintlig godkänd särskiljande lösning avseende längslutning redovisad i befintlig dokumentation	Tunneln har redan en särskiljande lösning med 5 % lutning i mynningarna och befintliga riskreducerande åtgärder bedöms sedan tidigare vara tillfyllest ur säkerhetssynpunkt. Kraven gäller även en sträcka på minst 100 m utanför mynningarna så hela rampens lutning påverkar kravet på samma sätt oavsett om det är tak över eller inte.
9 § Nöduppställningsplatser	Inga motstridigheter kring ställda krav på nöduppställningsplatser	Kraven på nöduppställningsplatser är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.

10-13 § Brandmotstånd	Inga motstridigheter kring ställda krav på brandmotstånd	Kraven på brandmotstånd är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.
14-20 § Ventilation	Befintlig godkänd särskiljande lösning avseende ventilation behöver uppdateras	*1 - Se förtydligande nedan
21 § Dränering	Inga motstridigheter kring ställda krav på dränering	Kraven på dränering är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.
22 § Handbrand släckare och hjälptelefoner	Inga motstridigheter kring ställda krav på handbrand-släckare och hjälptelefoner	Kraven på handbrandsläckare och hjälptelefoner är sedan tidigare uppfyllda och de förlängda ramptunnlarna kommer att kompletteras med nya nödsåp (hjelptelefon och brandsläckare) vid de nya mynningarna.
23-29 § Utrymning	Inga motstridigheter kring ställda krav på utrymning	Kraven på utrymning är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar. Ramptunnlarna kommer att ha en lutning på maximalt 6 % och förses med nödgångbanor på båda sidorna och det kommer att vara mindre än 170 m mellan utrymningsdörr och tunnelmynning.
30-31 § Tillträde för räddningspersonal	Inga motstridigheter kring ställda krav på tillträde för räddningspersonal	Kraven på tillträde för räddningspersonal är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.

32-34 § Belysning	Inga motstridigheter kring ställda krav på belysning	Kraven på belysning uppfylls genom att de förlängda ramptunnlarna förses med belysning i tak och på väggar enligt samma koncept som i den befintliga tunneln.
35 § Vattenförsörjning	Inga motstridigheter kring ställda krav på vattenförsörjning	Kraven på vattenförsörjning är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.
36 § Fast släcksystem	Inget direkt krav på fast släcksystem i tunneln med det erfordras för att få ned brandlasten så att tunnelventilationen kan hantera brandgaserna	Det finns inget befintligt fast släcksystem i tunneln men för att klara av att föra brandgaserna framåt in trafikriktningen erfordras ett fast brandbekämpningssystem i tunnelramperna som kan få ned den dimensionerande brandlasten under 50 MW.
37-38 § Vägmärken m m	Inga motstridigheter kring ställda krav på vägmärken	Kraven på vägmärken uppfylls genom att de förlängda ramptunnlarna förses med utrymningsskyltning enligt samma koncept som i den befintliga tunneln.
39-42 § Övervakningssystem	Inga motstridigheter kring ställda krav på övervakningssystem	Kraven på övervakningssystem uppfylls genom att komplettera detekteringssystemet med fler kameror eller radardetektorer så att stillastående fordon och tappad last kan detekteras i de förlängda ramptunnlarna.
43-46 § Stängning av tunneln	Inga motstridigheter kring ställda krav på stängning av tunneln	Kraven på stängning av tunneln är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.

47-48 § Kommunikations-system	Inga motstridigheter kring ställda krav på kommunikationssystem	Kraven på kommunikationssystem uppfylls genom att komplettera radiosystemet med läckande antennkabel och riktade antenner i de förlängda ramptunnlarna.
49-50 § Strömförsörjning och elkretsar	Inga motstridigheter kring ställda krav på elkraft och strömförsörjning.	Kraven på strömförsörjning och elkretsar är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.
51 § Skydd för säkerhetsutrustning	Inga motstridigheter kring ställda krav på skydd för säkerhetsutrustning	Kraven på skydd för säkerhetsutrustning är sedan tidigare uppfyllda och påverkas inte av att tunneln får något längre ramptunnlar.

-  - Kravställningen påverkas inte av en förlängning av ramptunnlarna.
-  - Kravställningen är avhängd åtgärder av tunnelhållaren för att hantera kraven.
-  - Kravställningen behöver hanteras som en särskiljande lösning och därmed behövs en avstegsansökan skickas till Transportstyrelsen.

LUFTKVALITETSUTREDNING TILL DETALJPLAN FÖR JÄRNVÅGSGATAN M FL INOM STADSDELEN MASTHUGGET

UNDERLAGSRAPPORT

*Marie Haeger-Eugensson
Christine Achberger
Anna Bjurbäck
Marian Ramos García*

COWI



ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00

FAX 010 850 10 10

WWW cowi.se

PROJEKTNR.

A096695

DOKUMENTNR.

A096695/04/02/01/RAP001 - LUFTKVALITETSUTREDNING TILL DETALJPLAN FÖR
JÄRNVÄGSGATAN M FL INOM STADSDELEN MASTHUGGET

VERSION

1

UTGIVNINGSDATUM

2017-06-28

BESKRIVNING

Underlagsrapport

UTARBETAD

Marie Haeger-Eugensson
Christine Achberger
Anna Bjurbäck
Marian Ramos García

GRANSKAD

Maria Holmes

GODKÄND

Marie Haeger-
Eugensson

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	7
2	Inledning	10
2.1	Bakgrund	10
2.2	Planförslaget	11
2.3	Syfte	12
2.4	Luftkvaliteten i Göteborg	12
2.5	Miljö kvalitetsnormer och Miljö kvalitetsmål för utomhusluft	13
2.5.1	<i>Miljö kvalitetsnormer</i>	13
2.5.2	<i>Nationella miljömål</i>	14
2.5.3	<i>Lokala miljömål för Göteborg</i>	14
3	Underlag för beräkningarna	15
3.1	Framtida utformning av området	15
3.2	Detaljer kring scenarierna	15
3.3	Emissioner från vägtrafik	15
3.3.1	<i>Trafikarbete</i>	16
3.3.2	<i>Trafikflödesvariation</i>	16
3.3.3	<i>Emissionsberäkningar</i>	17
3.4	Övriga emissioner	18
3.4.1	<i>Rosenlundsverket</i>	18
3.4.2	<i>Masthuggskajen</i>	18
3.5	Spridningsmodellering	18
3.5.1	<i>Källor i markplan – vägtrafikens emissioner</i>	19
3.5.2	<i>Modellering av tunnelutsläpp i markplan</i>	19
3.5.3	<i>Punktutsläpp från skorsten</i>	20
3.5.4	<i>Meteorologiska ingångsdata för spridningsmodellering</i>	21
3.5.5	<i>Tidsfördelning av emissioner</i>	21
3.5.6	<i>Uppskattning av urban bakgrundshalt</i>	22
4	Resultat	24
4.1	Validering av beräkningsmetodik	24
4.2	Scenario 1: Nu-scenario med EF 2016	26
4.2.1	<i>NO₂</i>	26
4.2.2	<i>PM₁₀</i>	28
4.3	Scenario 2 och Scenario 3: NO ₂ 2025	29
4.4	Scenario 4: PM ₁₀ 2035	31
5	Diskussion	32
6	Referenser	36

Bilaga A	Resultat endast vägtrafik	37
Bilaga B	Beskrivning MISKAM-modellen	40
Bilaga C	Miljö kvalitetsnormer och nationella miljömål	41
Bilaga D	Trafikuppgifter	45
Bilaga E	Modellering av tunnelemissioner	47

1 Sammanfattning

Inledning och Syfte

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg genomför detaljplanearbete för bebyggelse i området kring Järnvågsgatan. Det är i dagsläget dålig luftkvalitet i området på grund av den stora mängden trafik som finns inom planområdet. Vidare tillkommer utsläpp från Rosenlundsverket och Stena Lines färjor vissa tider. Planförslaget innebär en exploatering om ca 1300 bostäder samt 150000 kvadratmeter kontor och verksamheter.

Syftet med luftutredningen är att beräkna luftkvaliteten i området med avseende på kvävedioxid (NO₂) och partiklar (PM₁₀) för dagens situation, 2025 samt 2035 för att se om Miljökvalitetsnormerna (MKN) klaras.

Metod

Beräkningarna har fokuserats kring fyra olika scenarier:

- > **Scenario 1. Dagens situation (2016).** Nuvarande trafik och bebyggelse. Både NO₂ och PM₁₀ har modellerats. Resultaten har validerats mot oberoende mätningar i gatuum nära Järntorget - Norra/Södra Allégatan.
- > **Scenario 2. Värsta fall för NO₂ 2025 med 80% avgasskorsten** – Planområdet är fullt utbyggt, Götatunnelns på- och avfarter är täckta. 2025 års trafikmängd men emissionsfaktorer¹ (EF) för år 2020. 20 % av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör går ut genom mynningen och avfarten, resterande 80 % ventileras ut genom en skorsten.
- > **Scenario 3. Värsta fall för NO₂ 2025 med 100% avgasskorsten** – Planområdet är fullt utbyggt och Götatunnelns på- och avfarter är täckta. 2025 års trafikmängd men emissionsfaktorer (EF) för år 2020. 100 % av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör ventileras ut genom en skorsten.
- > **Scenario 4. Värsta fall för PM₁₀, år 2035 med 80 % avgasskorsten** – Planområdet är fullt utbyggt, Götatunnelns på- och avfarter är täckta. Trafikmängd och emissionsfaktorer (EF) enligt år 2035. 20% av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör går ut genom mynningen och avfarten, resterande 80% ventileras ut genom en skorsten.

Beräkningarna har utförts med CFD-modellen Miskam för utsläppen i markplan från vägar och tunnelmynningen. Eftersom Miskam-modellen inte är lämpad att beräkna punktutsläpp från t ex skorsten har TAPM modellen använts för utsläpp från Rosenlundsverket och färjorna samt i de scenarier där den största delen av tunnelemissionen ventileras genom en 20 m hög skorsten. Scenario där 80% av tunnelemissioner ventileras genom skorsten motsvarar en situation med effektiv ventilerings men som tar hänsyn till att en liten andel av emissioner kan ändå lämna tunnelröret. För att erhålla en totalhalt har bidragen från Miskam och TAPM beräkningarna summerats ihop och en för området relevant (korrigerad) urban bakgrundshalt, baserat på mätningar från Miljöförvaltningens mätstation vid Järntorget adderats för att halterna ska kunna jämföras med miljökvalitetsnormen (MKN).

¹ En emissionsfaktor ger en uppskattning av mängden utsläpp per använd mängd bränsle. Ju lägre emissionsfaktorn är desto mindre utsläpp.

Resultat

Scenario 1:

NO₂

- > I nuläge överskrider MKN avseende NO₂ för samtliga parametrar (årsmedelvärde, 98-percentil dygn och timme) i anslutning till Götaledens västra tunnelmynning. Överskridanden förekommer också längre västerut längs med Oscarsleden, in mot Järntorget och kvarteren mellan leden och Första Långgatan.
- > Valideringen av modellresultaten mot uppmätta NO₂-halter i gaturum (Järntorget-Allén) visar en mycket bra överensstämmelse för alla parametrar.

PM₁₀

- > MKN avseende årsmedelvärde och 90-percentil dygn överskrider i dagsläget i stora delar av detaljplaneområdet (väster och söder om tunnelmynningen) och längs med leden

Scenario 2 och 3:

- > "Worst case" beräkningen med ÅDT för 2025 och EF för 2020 där alla tunnelemissioner ventileras genom en skorsten (Scenario 2) visar att MKN avseende NO₂-årsmedel klaras i kvarteret Masthammsgatan och Oscarsleden.
- > Luftkvaliteten närmast tunnelmynningarna förbättras när *alla* tunnelemissionerna ventileras bort (Scenario 2) jämfört med att endast 80% ventileras bort (Scenario 3). I den planerade parken och korsningen Nordhemsgatan/Masthammsgatan sjunker halterna med upp till 20 µg/m³ för båda 98-percentilerna i parken och 10 µg/m³ för korsningen Masthammsgatan/Nordhemsgatan.
- > 98% dygn och timme tangeras eller överskrider närmast tunnelmynningen om endast 80% av tunnelemissionerna ventileras genom skorsten. Om alla tunnelemissioner ventileras bort sjunker halterna med ca 10µg/m³ och risken för överskridanden minskar.
- > Höga halter som tangerar eller överskrider MKN når fram till byggnader längs med Oscarsleden vid Stena terminalen och längre västerut. Dessa höga halter minskar inte även om tunnelemissioner ventileras genom skorsten.

Scenario 4:

- > Marginalen till MKN-gränsen för årsmedelvärdet av PM₁₀ är god vid alla byggnader, i parken och längs hela Masthammsgatan.
- > MKN-gränsen avseende 90%-dygn når fram till samtliga byggnader väster om tunnelmynningen. I parken klaras MKN med god marginal.

Den sammanlagda bedömningen från de två värsta-fall scenarierna kombinerade med bidragen från Rosenlundsverket och Stena färjorna är att NO₂-halterna 2025 i markplan inte kommer att klara MKN om inte en del av eller hela tunnelemissioner leds av genom en skorsten. MKN för PM₁₀ avseende 90%-dygn överskrider vid nästan alla byggnader på den sidan närmast Oscarsleden. Beräkningarna visar också att halterna klingar av snabbt med avstånd från Oscarsleden och tunnelmynningen.

Diskussion

Luftkvaliteten i detaljplaneområdet påverkas av Oscarsleden och trafikapparaten vid Götatunnelns mynning. Detaljplanen avser för framtiden mycket tät och hög bebyggelse i området vilket betyder en mycket mer komplicerad miljö med avseende på spridning av luftföreningar jämfört med dagens situation. Områdets läge vid Götaälv möjliggör tillförsel av relativt ren luft västerifrån och norrifrån.

Spridningsberäkningarna för Nu-scenario med 2016 års ÅDT och emissionsfaktorer visar höga halter och överskridanden av MKN avseende NO_2 och PM_{10} i detaljplaneområdet. Då trafiken på Oscarsleden sannolikt kommer att öka i framtiden riskerar MKN avseende NO_2 att överskridas även år 2025. För att klara MKN 2025 kommer det därför krävas att majoriteten av emissionerna i Götatunneln leds ut via ventilationstunneln. Tester där 80% och 100% av tunnelemissioner ventileras genom ett ventilationstorn visar att MKN avseende NO_2 (årsmedelvärde, dygn- och timpercentiler) klaras MKN till största delen förutom på Oscarsleden.

MKN för PM_{10} avseende årsmedelvärde och 90-percentil dygn överskrids idag i relativt stora delar av området. En bidragande orsak är att den urbana bakgrundshalten som adderats till haltbidraget från vägarna är hög ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

I beräkningen för 2035 där 80% av tunnelemissionerna ventileras genom en 20 m hög skorsten kan överskridanden av MKN förekomma närmast tunnelmynningen och längs med Götaleden. Det urbana bakgrundsbidraget, påverkar även möjligheten att klara MKN. För PM_{10} är det alltså inte endast det lokala bidraget som orsakat höga halter varför det ibland kan vara svårt att med hjälp av lokala insatser åtgärda höga halter.

Utredningen visar att risken är stor att MKN avseende NO_2 och PM_{10} kommer att överskridas i framtiden utan ventilationstorn. För att ändå möjliggöra för bostäder i området nära tunnelmynningen de närmaste 5 till 10 åren krävs därför att en stor del av tunnelemissionerna släpps ut genom ett ventilationstorn. Beräkningarna visar att en skorsten på 20 m höjd effektivt minskar halterna av NO_2 och PM_{10} nära tunnelmynningen.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

För närvarande pågår arbete med att ta fram en ny detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnväggsgatan m fl. Detaljplanen syftar till att omvandla området mellan Skeppsbron och Masthuggstorget på Södra Älvstranden till en ny stadsdel med delvis högbebyggelse och hög täthet där ett stort antal bostäder blandas med handel, kontor, skola och andra verksamheter. Idag domineras området av biltrafiken, parkeringar och vägar.

Under sommaren 2015, när detaljplanen var ute på samråd, inkom Länsstyrelsen med ett yttrande som berörde luftkvalitet. Stadsbyggnadskontoret i Göteborg har därmed gett COWI i uppdrag att göra en kompletterande luftmiljöutredning där, förutom SBKs krav, även Länsstyrelsen yttranden skulle behandlas. Yttrandet tar bl. a. upp att genomförandet av detaljplanen kan medföra risk för överskridande av Miljökvalitetsnormerna (MKN) för både NO_2 och partiklar (PM_{10}).

Planområdet som visas i Figur 1 är en del av Älvstaden och är beläget vid Masthuggskajen. Området ligger på Södra Älvstranden inom stadsdelarna Masthugget och Pustervik. I norr löper E45/Oscarsleden i öst-västlig riktning. I söder avgränsas området av Första Långgatan och i öster av Rosenlundskanalen. I väster går gränsen norr om cirkulationsplatsen vid Första Långgatans västra ände. Planområdet innefattar även den landtunga som ligger mellan Götatunnelns västra mynning och Rosenlundskanalen. Området domineras idag av parkeringsplatser.



Figur 1 Området för Detaljplan Järnvågen. Bild från SBK.

Förutsättningarna i området är redan idag mycket komplexa, bland annat på grund av det trafikutsatta läget nära Oscarsleden och Götatunnelns mynning, samt emissioner från andra utsläppskällor (Stenafärjor och Rosenlundsverket). För att erhålla en helhetsbild av luftföroreningarna i området måste alla källor inkluderas i spridningsberäkningarna. Vidare måste hänsyn tas till urbana bakgrundshalter för att få relevanta haltnivåer så att bedömningar avseende risken att överskrida MKN kan göras.

Det har tidigare genomförts en luftutredning för området (Segersson och Björk 2016) men denna tar endast hänsyn till emissioner från vägtrafiken på Oscarsleden och ger inte en heltäckande bild av den samlade luftsituationen. Den har exempelvis inte inkluderat utsläppen från färjorna vid Stenas Danmarksterminal, det närbelägna Rosenlundsverket eller utsläpp från den ökande kollektivtrafiken i området. Då emissionen av speciellt kväveoxid från Rosenlundsverket är hög, mellan 3-80 ton/år (enligt Svensk Miljörapporteringsportal) och främst används under kalla vintrar varierar utsläppen betydligt från år till år och även mellan säsongerna. Även om skorstenar generellt sett är gynnsamma för spridningen av luftföroreningar så finns det en risk att emissioner från dessa i detta fall kan få inverkan, i alla fall på de planerade nära belägna höga husen, speciellt för Rosenlundsverkets utsläpp som inte längre kommer ske över taknivå. Länsstyrelsen har därmed i sitt yttrande påpekat att bidragen från både dessa utsläpp måste inkluderas i beräkningarna.

2.2 Planförslaget

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg genomför detaljplanearbete för bebyggelse i området kring Järnvågsgatan. Det är i dagsläget dålig luftkvalitet i området på grund av den stora mängden trafik som finns inom planområdet. Vidare tillkommer utsläpp från Rosenlundsverket och Stena Lines färjor vissa tider. Planförslaget innebär en exploatering om ca 1300 bostäder samt 150 000 kvadratmeter kontor och verksamheter. En ny halvö byggs ut i älven norr om Järnvågen vilket utökar den byggbara marken. De högsta byggnaderna samlas runt en ny park ovanpå Götatunneln.

Planen karaktäriseras av hög bebyggelse och täthet. Runt Emigrantvägen planeras kontorsbyggnader upp till 21 våningar, ett hotell på 27 våningar. Vid Folkets Hus och Masthuggskajens varierar bebyggelse mellan 6-7 våningar samt 13 till 18 våningar.

Uppförandet enligt detaljplanens förslag innebär ett stort antal byggnader med i många fall stor vertikal utbredning (se Figur 2). Detta kan kraftigt förändra spridningsförutsättningarna kring E45/Oscarsleden och bakomvarande kvarter. Förtätning av bebyggelse kan både försämra och förbättra ventilation av omgivningsluften vilket påverkar den lokala luftföroreningshalten. På grund av det stora antalet bostäder som planeras vid Järnvågen och dess omgivning kommer många fler människor att bo och vistas i området. Det är därför viktigt att genomföra en detaljerad utredning då många människor kommer att exponeras för den luftkvaliteten i framtiden.



Figur 2 Detaljplaneområdet från väst. I bildens vänstra del syns den nya halvön. Bild: Kanozi

2.3 Syfte

Syftet med uppdraget är att utreda luftkvaliteten vid Järnvågen i Göteborg med avseende på NO_2 och partiklar och att undersöka om det föreligger risk att MKN och miljö kvalitetsmål kan överskridas, både i nuläget och i framtiden när områden har bebyggts.

2.4 Luftkvaliteten i Göteborg

Luftkvaliteten i Göteborg, med avseende på NO_2 har förbättrats betydligt under de senaste årtiondena. Fortfarande sker dock överskridanden av miljö kvalitetsnormerna (MKN) för NO_2 för utomhusluft både i gaturum och i urban bakgrund på flera platser i Göteborg. Enligt Naturvårdsverkets föreskrifter avseende MKN för luftkvalitet (NFS 2013:11) får MKN inte överskridas någonstans, med undantag för vägkorsningar.

Av de totala emissionerna av kväveoxider står, i dagsläget, fordonstrafik (bussar, lastbilar och personbilar) för knappt 25 % av de totala utsläppen jämfört med 1990 då fordonstrafik utgjorde nästan 50 %. Den stora minskningen av fordonsemissionerna beror på en mycket positiv teknikutveckling, men denna har delvis "ätits upp" av att mängden fordon har ökat. Trots att fordonen inte står för majoriteten av emissionerna så är haltandelen som härrör från dem ofta stor i urbana områden. Detta beror på att emissionerna sker i markplan där spridningen är sämre jämfört med emissioner från upphöjda källor (t.ex. skorstenar). Haltandelen beror även av lokalisering i staden. Enligt en tidigare genomförd utredning (Haeger-Eugensson m.fl. 2010) står andelen kväveoxidutsläpp från fordon vid Gårdaleden för ca 60 % vid tillfällena med höga halter (timmar, dygn) och drygt 50 % av årsmedelvärdet. Vid större trafikleder kan alltså halterna bli mycket höga nära vägen men halterna avklingar ofta relativt snabbt. Hur snabbt beror dock på emissionens storlek och de lokala spridningsförutsättningarna, vilka i sin tur beror på bebyggelsen, markanvändningen (t.ex. vegetation), topografin och den lokala meteorologin.

Avseende NO_2 i Göteborg återfinns de högsta halterna längs de större lederna så som E6 från Mölndal och förbi Gårda samt genom Tingstadstunneln och längs Götaleden, speciellt vid Centralstationen. Data från Miljöförvaltningens (MF) mätstation (vid Gårda

längs E6) år 2013 visar att MKN överskreds under ca 600 timmar, vilket är betydligt mer än de 175 timmar då överskridande tillåts. Orsaken till de höga halterna där är dels den stora trafikmängden, dels att spridningen till stor del begränsas av både omgivande dalgång och bebyggelse. Exempel på hur luftkvaliteten påverkas av bebyggelse kan ses i Haeger-Eugensson m.fl. (2014a), och hur den påverkas av olika åtgärder ses i Haeger-Eugensson m.fl. (2014b). Även vegetation har visats kunna minska halten av både NO₂ och partiklar betydligt (Yang m.fl. 2008).

Årsmedelvärdet av PM₁₀ i Göteborg har minskat med 50 % sedan mitten av 2000-talet då ett åtgärdsprogram för partiklar infördes med bl.a. dubbdäcksförbud på vissa gator och spridning av partikeldämpande medel. MKN för årsmedelvärdet klaras nu vid alla mätstationer, och 90-percentilen av dygnsmedelvärdet har klarats de senaste 7 åren enligt MF:s mätningar. Förutom vägtrafik så är fartygstrafik en viktig källa till bakgrundshalter av partiklar i de delar av Göteborg som är belägna nära hamnen. Det nya svaveldirektivet för fartyg som innebär att högsta tillåtna svavelhalt i bränslet minskas från 1 % till 0,1 % har även positiv effekt på partikelutsläppen, och emissionerna av partiklar från fartyg i Göteborg förväntas halveras i och med det nya direktivet.

2.5 Miljökvalitetsnormer och Miljökvalitetsmål för utomhusluft

2.5.1 Miljökvalitetsnormer

I samband med att Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999 infördes miljökvalitetsnormer som ett nytt styrmedel i svensk miljö rätt. Systemet med miljökvalitetsnormer regleras framförallt i Miljöbalkens 5:e kapitel. Till skillnad mot gränsvärden och riktvärden skall miljökvalitetsnormerna enbart ta fasta på vad människan och naturen tål, utan hänsyn till ekonomiska intressen eller tekniska förhållanden. En norm kan meddelas om det behövs för att i förebyggande syfte eller varaktigt skydda människors hälsa eller miljön. De kan även användas för att återställa redan uppkomna skador på miljön.

Utgångspunkten för det regelsystem som gäller i Sverige idag beträffande miljökvalitetsnormer för utomhusluft är två EU-direktiv. Direktiven 2008/50/EG och 2004/107/EG samt rapporteringsbestämmelserna (beslut 2011/850/EU) har i Sverige genomförts genom miljöbalken (SFS 1998:808), luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) och Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2013:11). Gällande miljökvalitetsnormer för NO₂ och PM₁₀ i utomhusluft redovisas i Tabell 1.

Tabell 1 Miljökvalitetsnormer för utomhusluft enligt Luftkvalitetsförordningen SFS 2010:477. Normerna avser halt i luft för skydd av människors hälsa i utomhusluften med undantag av arbetsplatser samt vägtunnlar och tunnlar för spårbunden trafik.

Förorening	Medelvärdesperiod	MKN-värde (µg/m ³)	Antal tillåtna överskridanden per år
PM ₁₀	Dygn	50	35 dygn
	År	40	
NO ₂	Timme	90	175 timmar ¹
	Dygn	60	7 dygn

¹⁾ Förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

Miljökvalitetsnormerna gäller generellt för luften utomhus, men med undantag för luften i tunnlar för väg- eller spårtrafik och på arbetsplatser. Luften på vägbanor som enbart fordonssresenärer exponeras för är också undantagen från MKN (se vidare Bilaga C). Luft-

mätningar, enligt gällande normer för kontroll av luftkvalitet (NFS 2013:11), ska ske på mellan 1,5-4 (men max 8) meter över mark.

2.5.2 Nationella miljömål

Det svenska miljömålssystemet innehåller ett generationsmål, sexton miljökvalitetsmål och tjugofyra etappmål. Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljökvalitetsmålen ska nås. Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till. Det finns även preciseringar av miljökvalitetsmålen. Preciseringarna förtydligar målen och används i det löpande uppföljningsarbetet av målen.

Ett av målen, Frisk luft, berör direkt halter i luft av olika föroreningar. Miljömålet Frisk luft definieras enligt följande: Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. För miljökvalitetsmålet Frisk luft finns preciseringar i form av halter av luftföroreningar som inte ska överskridas, se Tabell 2 för preciseringar för NO₂ och PM₁₀. Miljökvalitetsmålen ska nås senast år 2020.

Tabell 2 *Preciseringar avseende kvävedioxid och partiklar för miljökvalitetsmålet Frisk luft.*

Förorening	Medelvärdesperiod	Miljömål (µg/m ³)	Antal tillåtna överskridanden per år
PM ₁₀	År	15	-
	Dygn	30	-
NO ₂	År	20	-
	Timme	60	175 timmar

2.5.3 Lokala miljömål för Göteborg

Göteborgs stad har antagit ett lokalt miljömål för frisk luft som lyder som följer: *"Luften i Göteborg ska vara så ren att den inte skadar människors hälsa eller ger upphov till återkommande besvär."* Det lokala miljömålet ska vara uppfyllt senast år 2020. Precisering av de lokala delmålen visas i Tabell 3.

Tabell 3 *Preciseringar avseende kvävedioxid och partiklar för det lokala miljökvalitetsmålet för frisk luft.*

Förorening	Medelvärdesperiod	Miljömål (µg/m ³)	Kommentar
PM _{2,5}	År	12	I taknivå
PM ₁₀	Dygn	30 ¹	I marknivå
NO ₂	År	20	Vid 95 % av alla förskolor och skolor i Göteborg samt vid bostaden hos 95 % av göteborgarna.

1) Får överskridas max 37 dygn per år.

3 Underlag för beräkningarna

3.1 Framtida utformning av området

Uppdraget omfattar beräkningar för ett Nu-scenario och tre olika framtidsscenarioer. För framtidsscenarioerna har antagits att Götatunnelns på- och avfarter är täckta. Beräkningarna av luftkvaliteten gäller för tre olika år: 2016 (Nu-scenario och validering), 2025 (NO₂ och PM₁₀) samt 2035 (endast PM₁₀).

År 2016

Nuläggssituation för jämförelse med framtida scenarion. Här ingår nuvarande bebyggelse och dagens trafik.

År 2025 och 2035

För framtidsscenarioerna år 2025 och 2035 har den nya bebyggelsen enligt detaljplaneförslaget inkluderats. Utsläpp i Götatunnelns västergående rör ventileras genom en skorsten som är placerad vid Emigrantvägens östra ände. Detaljerna avseende emissionerna beskrivs närmare i 3.2.

3.2 Detaljer kring scenarierna

Uppdraget ska belysa luftsituationen för olika år och bebyggelsealternativ, och kan sammanfattas i följande fyra scenarier:

- > **Scenario 1. Dagens situation (2016) för NO₂ och PM₁₀** – Nuvarande trafik och bebyggelse. Resultaten har validerats mot oberoende mätningar i gaturum nära Järntorget - Norra/Södra Allégatan.
- > **Scenario 2. Värsta fall för NO₂ 2025 med 80 % avgasskorsten** – Planområdet är fullt utbyggt och Götatunnelns på- och avfarter är övertäckta. 2025 års trafikmängd men emissionsfaktorer (EF) för år 2020. 20 % av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör går ut genom mynningen och avfarten, resterande 80 % ventileras ut genom en skorsten.
- > **Scenario 3. Värsta fall för NO₂ 2025 med 100% avgasskorsten** – Planområdet är fullt utbyggt och Götatunnelns på- och avfarter är övertäckta. 2025 års trafikmängd men emissionsfaktorer (EF) för år 2020. 100 % av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör ventileras ut genom en skorsten.
- > **Scenario 4. Värsta fall för PM₁₀ år 2035 med 80 % avgasskorsten** – Planområdet är fullt utbyggt, Götatunnelns på- och avfarter är täckta. Trafikmängd och emissionsfaktorer (EF) enligt år 2035. 20 % av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör går ut genom mynningen och avfarten, resterande 80 % ventileras ut genom en skorsten.

3.3 Emissioner från vägtrafik

Utsläppen från trafiken har beräknats utifrån trafikdata (antal fordon per gata, mixen av tunga och lätta fordon, hastighet, information om lokaltrafik mm) och baseras på emissionsfaktorer rekommenderade av Trafikverket. Beräkningsåren är 2016 (Nu-scenario som också använts för validering), 2025 (två värsta fall för NO₂ med antingen 80 % eller 100 % av tunnelemissionerna ut genom en skorsten) och 2035 (värsta fall för PM₁₀ där 80 % av emissionerna i tunneln ventileras ut genom en skorsten).

3.3.1 Trafikarbete

Uppgifter om trafikarbete har inhämtats från olika källor, vilka redovisas i Bilaga D. De flesta uppgifterna har erhållits från Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (2017). Ett fåtal uppgifter är också hämtade från Trafikverket (2014), Trafikkontoret i Göteborg (2013), och Haeger-Eugensson m.fl. (2016). Trafikmängder för Oscarsleden har räknats upp från 2014 med hjälp av Trafikverkets uppräkningsstal för EVA (2016). På samma sätt har Götatunnelns trafiksiffror räknats upp från 2026.

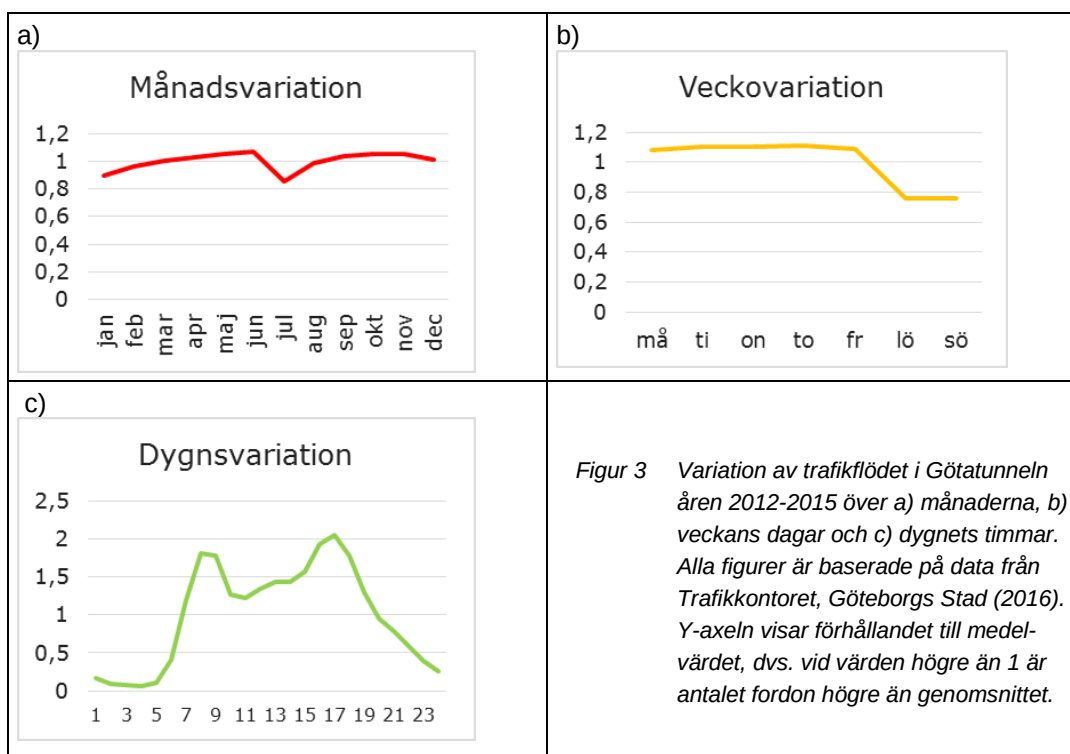
Oscarsleden är den ur trafikmängdshänseende dominerande vägsträckan inom beräkningsområdet, med stora mängder trafik och relativt hög hastighet. Trafikmängderna förväntas öka på leden i framtiden från nuläget 52 000 fordon/årsdygn till 64 000 fordon/årsdygn år 2035. Prognosen för de lokala gatorna anger en i stort sett oförändrad trafikmängd för båda framtidsscenarierna jämfört med nuscenariot (Stadsbyggnadskontoret Göteborg 2017). Med detta i åtanke antogs därför trafikmängden på Masthamns-gatan (Trafikkontoret Göteborg, 2013) vara densamma för alla scenarier.

Hastigheten på de flesta lokala gatorna är i nuläget 50 km/h, men i framtiden ska den sänkas till 40 km/h. I Götatunneln höjs däremot hastigheten från dagens 70 km/h till 80 km/h i framtiden.

3.3.2 Trafikflödesvariation

Trafikflödet varierar mycket över dygnet, veckan och månaderna, vilket gör att det vid vissa tillfällen kan vara mycket mer eller mindre trafik än genomsnittet. Trafikkontoret i Göteborg har mätt trafikflödet på timbasis i Götatunneln, och dessa uppgifter har använts för att skapa en trafikflödesfördelning med en för platsen representativ tidsupplösning. Denna tidsupplösning har använts för att skapa en årsvariation av trafiken i beräkningsområde, för att bättre kunna identifiera situationer med höga halter av emissioner och därmed påföljande höghaltstillfällen.

Baserat på trafikfördelningen har index med olika tidsupplösning tagits fram (Figur 3).



Figur 3 Variation av trafikflödet i Götatunneln åren 2012-2015 över a) månaderna, b) veckans dagar och c) dygnets timmar. Alla figurer är baserade på data från Trafikkontoret, Göteborgs Stad (2016). Y-axeln visar förhållandet till medelvärde, dvs. vid värden högre än 1 är antalet fordon högre än genomsnittet.

Månadsindex för trafiken i Götaleden 2012-2015 visar att trafikflödet är lägst under juli och januari (Figur 3a). Mest trafik ses i juni och därefter oktober. Vad gäller veckovariationen så är det stor skillnad i trafikmängder i Götatunneln mellan vardag och helg (Figur 3b). Tidigare beräkningar av trafikflödesvariationen över veckodagarna utförda av VTI (2005) visar att lastbilar är aktiva framförallt på vardagarna, medan skillnaden mellan vardags- och helgtrafik är mindre för personbilar. Fördelningen av trafik över dygnets timmar i Götatunneln visas i Figur 3c. Här ses tydliga trafiktoppar dels på morgonen vid sjutiden, dels på eftermiddagen vid tre- till femtiden.

3.3.3 Emissionsberäkningar

Bil, lastbil och buss

Emissioner av både NO_x och PM₁₀ från vägtrafiken har beräknats för 2016 och 2025 samt PM₁₀ för 2035. Avgasemissioner har beräknats med emissionsfaktorer från emissionsmodellen HBEFA (version 3.2), som tar hänsyn till hur fordonsflottans utsläpp och sammansättning förväntas förändras i framtiden. I HBEFA antas att det kommer att fortsätta ske förbättringar avseende avgasutsläppen, samt att en större andel av fordonsflottan i framtiden kommer att bestå av fordon med god avgasrening och effektivitet. Emissionsfaktorerna i HBEFA baseras på PHEM-modellen för fordon upp till Euroklass 4. För Euroklass 5 baseras emissionsfaktorerna på mätningar gjorda med icke-reglerade kör-cykler som täcker ett betydligt större område av körsituationer än de reglerade avgas-testerna, och bör därmed återspegla en realistisk emission. Emissionsfaktorerna för Euro 5-fordon är 4-5 gånger högre i modellen än utsläppsgränsvärdet. Emissionsfaktorer för Euroklass 6 utgår bara delvis från mätningar, dessa är främst baserade på kommande lagkrav. För avgasemissionsberäkningarna har det antagits att Oscarsleden inklusive dess på- och avfarter, Götatunneln, Olof Palmes Plats, Järnvågsgatan samt Nya Al-lén/Norra Allégatan har köbildning en timme varje vardag och trafikflöden nära kapacitetsgräns cirka en och en halv timme per dag. För övriga gator har antagits trafikflöden nära kapacitetsgräns en halvtimme per dag. För att representera ett värsta fall har emissionsfaktorer för år 2020 använts i beräkningarna för år 2025 (scenario 2 och 3).

Emissionsfaktorer för resuspension, dvs. uppvirvling av på vägbanan tidigare ackumulerade slitagepartiklar, har beräknats med Nortrip. Nortrip är en emissionsmodell som utvecklats för nordiska förhållanden där mängden resuspension beror bland annat på meteorologiska indata, trafikmängden (ÅDT), andel tung trafik, dubbdäcksandel och hastigheten fordonen kör i. Den tekniska utveckling och förnyelsen av fordonsflottan som förväntas leda till lägre avgasemissioner kommer inte att påverka emissionen av uppvirvlat material, så en liknande minskning av denna typ av emissioner förväntas inte ske.

Spårvagn

Spårvagnar ger inga direkta utsläpp av avgaser, däremot så ger hjul och bromsar upphov till slitagepartiklar på samma sätt som för bilar och andra fordon. Spårvagnar är inte inkluderade i de emissionsmodeller som används för övrig trafik, utan andra emissionsfaktorer har använts.

Den emissionsfaktor som använts för spårvagnar i denna utredning är 0,33 g/km per spårvagn. Denna emissionsfaktor kommer från BUWAL (2001), och har använts som underlag av IIASA (International Institute for Applied System Analysis) i Rains/Gains-modellen.

För att validera denna emissionsfaktor har jämförelse gjorts med emissionsfaktorer för annan spårbunden trafik. Fridell m. fl. (2010) har tagit fram emissionsfaktorer för regional-tåg, pendeltåg och godståg som bl.a. använts inom EU-projektet Transphorm. Dessa emissionsfaktorer kan ses i Tabell 4, tillsammans med beräknade emissionsfaktorer för

en trettio meter lång spårvagn (baserat på längden för den vanligaste spårvagnsmodellen i Göteborg, M31). Emissionsfaktorn 0,33 g/km ligger i intervallet mellan emissionsfaktorn för pendeltåg och regionaltåg. I tabellen ses även att den är i samma storleksordning som emissionsfaktorn för ett 30 meter långt pendeltåg, vilket innebär att detta bör vara en rimlig emissionsfaktor för PM₁₀ från spårvagn.

Tabell 4 Emissionsfaktorer för PM₁₀ för regionaltåg, pendeltåg och godståg (Fridell m.fl. 2010), samt beräkning av emissionsfaktor för 30 meter långt tåg (samma längd som en spårvagn) baserat på längdjusterad emissionsfaktor.

Tågtyp	PM ₁₀ emissionsfaktor (g/tåg-km)	PM ₁₀ emissionsfaktor (mg/tåg-km * tåglängd i meter)	Längdjusterad emissionsfaktor för 30 meter långt tåg (g/tåg-km)
Regionaltåg	0,24	3,1	0,10
Pendeltåg	0,48	11	0,34
Godståg	2,9	5,3	0,16

3.4 Övriga emissioner

I spridningsberäkningarna som presenteras i denna rapport har även emissioner från Rosenlundsverket och fartyg vid Masthuggskajen tagits hänsyn till.

3.4.1 Rosenlundsverket

Rosenlundsverket är beläget öster om det aktuella planområdet, och har två skorstenar. Emissioner från Rosenlundsverket har tillhandahållits av Göteborg Energi (2017) och baseras på ett medelvärde av bränsleförbrukningen i anläggningen mellan åren 2012 och 2016. Mellan dessa år har Göteborg inte haft någon kallare vinter och anläggningen har heller inte i någon större omfattning behövt köras som reserv för annan anläggning. Således kan medelvärdet av emissionerna mellan 2012 och 2016 representera ett "normalår". Emissioner från Rosenlundsverket som använts i spridningsmodelleringen kan ses i Tabell 5. Övriga parametrar tillhandahålls av Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (2017) och presenteras i avsnitt 3.5.3.

Tabell 5. Emissioner från Rosenlundsverket.

Utsläpp från Rosenlundsverket	NO _x (ton/år)	Stoft (ton/år)
Normalår	7	0,1

3.4.2 Masthuggskajen

Masthuggskajen är belägen i norra delen av planområdets närområde, och ses med en fartygssilhuett i Figur 2. Stena Danica och Stena Jutlandica anlöper denna kaj dagligen. I Tabell 6 presenteras antal anlöp per år för de båda färjorna. Emissioner från fartyg vid Masthuggskajen beräknades baserat på emissionsfaktorer tillhandahållna av Miljökontoret i Göteborg (2017).

Tabell 6. Anlöp vid Masthuggskajen.

Fartyg	Antal anlöp/år
Stena Jutlandica	717
Stena Danica	692

3.4.3 Spridningsmodellering

I detta kapitel beskrivs tillvägagångssättet för spridningsberäkningen av emissioner från källor i markplan (vägtrafik) samt för skorstensutsläpp (dvs. Rosenlundsverket, Stenafär-

gör och ett eventuellt framtida ventilationstorn för Götatunneln). Det finns stora skillnader i spridningen mellan vägtrafikens linjekällor i markplan och emissioner som sker ifrån en skorsten många meter över marken. Av denna anledning har två olika modeller använts i utredningen, en för vägtrafikens emissioner nära marken, Miskam, och en modell som bättre är anpassade för utsläpp från skorsten (TAPM). Orsaken att olika modeller använts är att spridningen av de markbaserade emissionerna i den komplicerade bebyggelsen kräver en modell där spridningsförutsättningarna i 3D illustreras så korrekt som möjligt, vilket görs med en CFD-modell (se vidare nedan). Å andra sidan så simuleras spridningen från en skorsten på ett mycket generaliserat sätt med denna modell där bl.a. plymlyft exempelvis inte är variabelt vilket kan orsaka mycket stora fel av haltberäkningen. Detta tas däremot med vid beräkningar med TAPM-modellen (se vidare nedan). För att erhålla en totalhalt har resultaten från båda modellerna lagts ihop samt även en urban bakgrundshalt.

3.4.4 Källor i markplan – vägtrafikens emissioner

För att beräkna haltnivåer från marknära utsläppskällor inne i tätbebyggt område och där människor vistas, behövs en tredimensionell flödesmodell som kan beräkna spridningen av föroreningshalter med hög detaljeringsgrad. Modellen måste kunna ta hänsyn till effekten av byggnader i täta urbana miljöer, så som för gaturum, för att kunna återskapa ett 3D-vindfält och därmed relevanta spridningsförutsättningar på många vertikala nivåer, från marken till nivåer över taken. För översiktliga beräkningar i urbana miljöer används ofta till exempel s.k. Gaussiska modeller, som är relevanta för modellering av haltnivån i takhöjd. Gaussiska modeller tar inte hänsyn till effekten av byggnader på ett verklighetstroget sätt, och är därmed inte lämpliga verktyg för beräkning av luftkvaliteten i gaturum eller tätbebyggda urbana miljöer. Modellen som har använts här är Miskam (se vidare Bilaga A) som är en tredimensionell CFD-modell (Computational Fluid Dynamic) som simulerar strömningsförhållandena mellan huskropparna och därmed spridningsförhållandena mellan och över byggnaderna.

För att återskapa ett realistiskt vindfält som representerar vindflöden för de aktuella kvarteren har ett mycket större område inkluderats i CFD-beräkningarna. Vindfältberäkningarna är grunden för haltberäkningarna till luft, vilka också har gjorts med Miskam-modellen.

3.4.5 Modellering av tunnelutsläpp i markplan

När utsläpp från vägtrafiken spridningsberäknas representeras dessa emissioner av en s.k. linjekälla belägen strax över vägbanan. Emissionen längs linjekällan beror på många olika faktorer, t.ex. antal bilar, andel tung trafik och skyltad hastighet på en viss väg eller vägvagnsnitt (se vidare kap. 3.2.3). Även inne i Götatunneln följer emissionerna denna princip men till skillnad från i ett öppet gaturum kommer alla föroreningar som fordon släpper ut dras med i trafikens riktning och spridas via tunnel- och rampmynningarna, om det inte finns anordningar för att begränsa andelen emissioner som når tunnelmynningen. Fordon som kör ut ur tunneln drar med sig tunnelnluften, och emissionerna inifrån tunneln koncentreras därför närmast tunnelöppningen vid utfarterna men avtar successivt med avståndet från tunnelöppningen. Dessa ackumulerade föroreningar bidrar till höga halter i tunnelmynningen och dess omedelbara närhet.

Det finns i dagsläget ingen vedertagen metodik för modellering av utsläpp i tunnlar. Vad gäller spridning av dessa finns det vissa modeller som säger sig kunna simulera dess spridning. Detta gäller dock främst för spridningen vid tunnlar som mynnar i markplan, inte, som i detta fall, med en tunnelmynning under markplan omgärdad av höga väggar med öppning uppåt.

För beräkning av dessa förutsättningar har COWI utgått från ett snarlikt exempel i Stockholm vilket finns beskrivet i litteraturen (Brydolf och Johansson 2011). I Stockholmsstudien fanns mätningar av NO₂ och trafikinformation presenterade varpå motsvarande utformning som för tunneln i Stockholm kunde göras, men den modell (Miskam) som använts för överdäckningen i Göteborg. Resultatet från beräkningarna för Stockholmstunneln har validerats mot mätningarna vid och kring tunneln och överensstämde mycket bra (se utförlig beskrivning i Bilaga E).

För tunnelberäkningarna i Göteborg användes samma metodik som för Stockholmstunneln men baserat på aktuella trafiksiffror för Götatunneln. De ackumulerade emissionerna från trafiken i tunneln har i modellen illustrerats på samma sätt som i Brydolf och Johansson (2011), dvs. som veckade linjekällor på tunnel- och rampmynningen i de körfält som lämnar tunneln, ca 100 meter ut från tunneln. Se vidare Bilaga E för en utförligare beskrivning av metodiken för tunnelberäkningarna.

Beroende på scenario varierar mängden emissioner som beräknats lämna tunneln genom dess mynningar. I Nu-scenariot släpps 100 % av de i tunneln ackumulerade emissionerna ut genom mynningarna. I Scenario 2, 3 och 4 släpps 20 % eller inga av de i tunneln ackumulerade emissionerna ut i mynningarna, eftersom tunnelluften antas ventileras bort genom en 20 m hög skorsten. Den antagna placeringen av skorstenen visas i Figur 4. Även för Scenario 2 och 4 har metodiken med veckade linjekällor används för den delen av emissionerna som inte ventileras genom skorstenen.



Figur 4. Planområdet östra del med tunnelmynningen. Den röda punkten markerar läget för tunnelskorstenen som ventilerar tunnels västergående rör.

3.4.6 Punktutsläpp från skorsten

Till skillnad från vägtrafikens utsläpp i markplan sker skorstensutsläppen koncentrerat i en punkt ovanför marken. När föroreningar släpps ut högre upp är spridningsförutsättningarna oftast bättre än i markplan pga. högre vindhastigheter och färre hinder (byggnader, vegetation etc.) som kan bromsa upp vinden. Skorstensparametrar som höjd, diameter, flödes hastighet och rökgastemperatur är ytterligare faktorer som påverkar plymlyftet och därmed spridningen. Då Miskam-modellen inte är väl lämpad för skorstensutsläpp har TAPM-modellen använts för emissioner från dessa.

I utredningsområdet är spridningsförutsättningar komplexa där meteorologiska processer både i regional, lokal och i mikroskala samverkar. TAPM är både en dynamisk väderprognosmodell för beräkning av meteorologi i regional till lokal skala (exempelvis sjö- och landbris sommartid, topografisk påverkan på vinden) och en spridningsberäkningsmodell. TAPM kan även beräkna en kemisk omvandling, t.ex. emissioner av NO_x till halter av NO₂, då modellen tar hänsyn till relevanta kemiska omvandlingsprocesser. I Tabell 7 presenteras indataparametrar som använts för de skorstenar vars emissioner ingår i denna luftutredning.

Tabell 7. Parametrar för de skorstenar som ingår i spridningsmodelleringen.

Parameter	Rosenlund 1	Rosenlund 2	Stena Danica	Stena Jutlandica	Ventilationstorn
Skorstenshöjd (m)	100	80	45	25	20
Skorstensradie (m)	2	0,8	0,5 *	0,5 *	3
Rökgasttemperatur (°C)	200	35	200	200	13
Rökgashastighet (m/s)	2,8	14	4 *	4 *	9

* Anger värden som antagits utifrån tidigare liknande beräkningar.

För ventilationstornet testades olika höjder för att finna en lämplig höjd där tillräckligt mycket tunnelemissioner ventileras bort från mynningsens närområde samtidigt som tornet skulle vara så lågt som möjligt. Efter denna optimering sattes ventilationstornets höjd till 20 m. Den använda rökgasttemperaturen är ett uppskattat årsmedelvärde för luften i tunneln. Tornets radie och rökgashastighet bestämdes utifrån den volym tunnelluft som behöver ventileras bort.

3.4.7 Meteorologiska ingångsdata för spridningsmodellering

Meteorologin som används som indata till Miskam-modellen bör vara representativ för de lokala väderförhållandena. I detta fall finns lokala meteorologiska mätningar i närområdet, från SMHI-stationen belägen vid Skansen Lejonet. Denna lokala meteorologi är indata till vindfäls- och haltberäkningarna i Miskam. Förutom meteorologi behöver Miskam även tredimensionell information om de planerade byggnaderna samt omgivande bebyggelse.

Då MKN och miljö kvalitetsmålen är baserade på statistik för ett helt år måste även de meteorologiska beräkningarna och spridningssimuleringarna göras för ett helt år. Meteorologin, och därmed spridningsförutsättningarna, kan variera mycket från ett år till nästa. Resultaten skulle inte bli representativa för en längre tidsperiod om ett kalenderår med särskilt goda eller dåliga spridningsförhållanden används. För att ändå erhålla ett representativt år används ett s.k. typår för området, som är ett typisk "väderår" med avseende på spridningsförutsättningar. Typåret kan bestå av januari 2005, februari 2010 osv., där januari 2005 då är representativ för januarivädret över en längre tidsperiod.

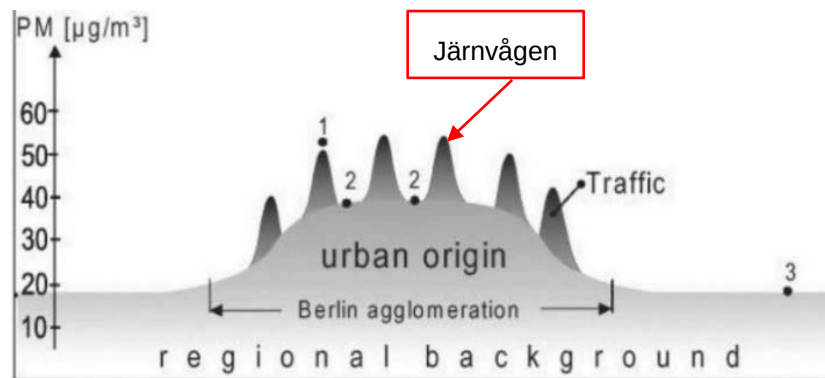
3.4.8 Tidfördelning av emissioner

I spridningsmodelleringen förläggs de beräknade emissionerna geografiskt och tidsmässigt. Den tidsmässiga fördelningen ner till timnivå är viktig för att på ett verklighetstroget sätt kunna representera utsläppens variation i tiden. Denna verksamhetsanpassade fördelning av utsläppen, tillsammans med meteorologiska indata av god kvalitet, är en förutsättning för att kunna beräkna trovärdiga haltbidrag. Alla emissionskällor har förlagts enligt sina unika tidsindex, både över dygnet och över året – för vägtrafik och Rosenlunds-

verket skiljer sig också index mellan veckodagar och helgdagar. Emissioner ur Götatunnelns ventilationstorn har givits samma tidsvariation som trafiken.

3.4.9 Uppskattning av urban bakgrundshalt

För att kunna jämföra beräknade haltnivåer av NO₂ med MKN (för års-, dygns- resp. timmedelvärde) måste även en relevant urban bakgrundshalt för området adderas vilken inkluderar övriga källor i området och långdistanstransporterat haltbidrag. I Figur 5 nedan visas hur halten av luftföroreningar fördelas i en stad samt planområdets lokalisering.



Figur 5 Schematisk bild av föroreningshalter i en stad (Lenschow m.fl. 2001) samt illustration av planområdets lokalisering.

Punkt 3 till höger i figuren symboliserar den halt som uppmäts på rurala platser, en s.k. regional bakgrundshalt, där det inte finns någon påverkan av föroreningar från städer eller närliggande källor och visar därmed halten från långdistanstransporterade luftföroreningar. Punkt 2 representerar centrala delar av städer, ofta (men inte alltid) i taknivå, en s.k. urban bakgrundshalt. Dessa mätningar fångar in bidraget från både långdistanstransporterade föroreningar och det bidrag som genererats i regionen samt från övriga källor i staden. Motsvarande mätningar för Göteborg görs på Femmans mätstation som är placerad på Nordstadstorgets tak. Punkt 1 representeras av mätningar i markplan samt vid en trafikerad gata. Förutom de föroreningar som fångas in i mätningar av den urbana bakgrundshalten uppmäts här även de mycket lokalt producerade utsläppen längs specifika gator vilket benämns gaturumshalt. Exempel på en sådan plats i Göteborg är mätstationen vid Gårdaleden. I Figur 5 visas därmed även att den urbana bakgrundshalten kan variera beroende på var i staden man är. Högst är halten oftast i de centrala delarna. Längre från centrum minskar generellt halten till följd av mindre mängd emissioner och ofta längre avstånd från källorna, vilket leder till lägre nivåer. En gata i de yttre delarna av en stad kan därmed få en lägre halt än en gata med lika mycket trafik som är belägen inne i de centrala delarna, eftersom bidraget från urban bakgrund är högre i centrum.

Uppskattningen av urban bakgrundshalt för det aktuella planområdet är komplicerat, och måste anpassas för de lokala förhållandena i området. För beräkning av en relevant totalhalt måste den urbana bakgrundshalten korrigeras så att närproducerade lokala bidrag tas bort. Detta innebär att bidrag från långtransporterade föroreningar och föroreningar från mer avlägsna källor i staden ska inkluderas men det bidrag som härrör från beräkningsområdet inte medräknas i påslaget av urban bakgrundshalt.

I Göteborg finns i dagsläget mätningar av urban bakgrundshalt på Femman. Denna station har stor belastning av lokala källor varför denna inte rakt av kan appliceras på förhållanden vid Järnvågen. Det har tidigare även funnits en urban bakgrundsstation på Järntorget på taket av Folkets hus. Vid jämförelse mellan dessa tidigare mätningar på Femman och Järntorget så framkom att halterna var i stort sett samma varför nutida mätning-

ar från Femman antas vara relevanta att använda för området vid Järnvågen. För att inte dubbelräkna det lokala bidraget från de gator som denna beräkning inkluderar har detta (beräknat i taknivå) subtraherats från den uppmätta urbana bakgrundshalten. Samma urbana bakgrundshalt har använts för 2025.

Den korrigerade bakgrundshalten beräknas således som:

Korrigerad urban bakgrundshalt = Mätningar vid Femman – Simulerad lokalt bidrag i taknivå vid Järntorget.

Totalhalten i planområdet beräknas därmed som:

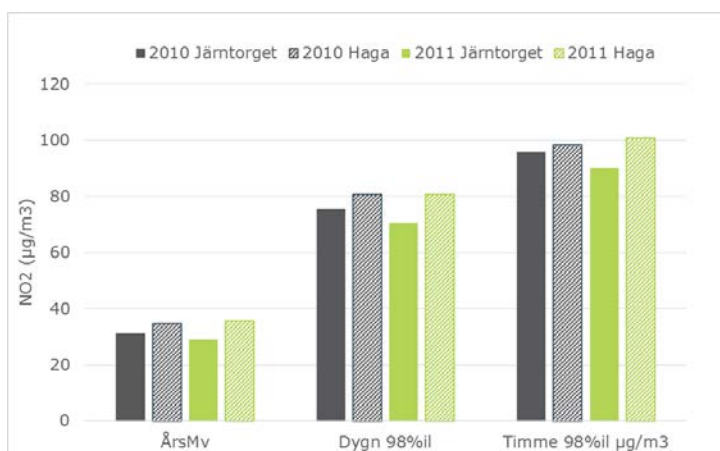
Totalhalt = Simulerad lokalt bidrag i markplan + korrigerad bakgrundshalt i taknivå.

Det är denna totalhalt som jämförs mot MKN och miljömålet.

4 Resultat

4.1 Validering av beräkningsmetodik

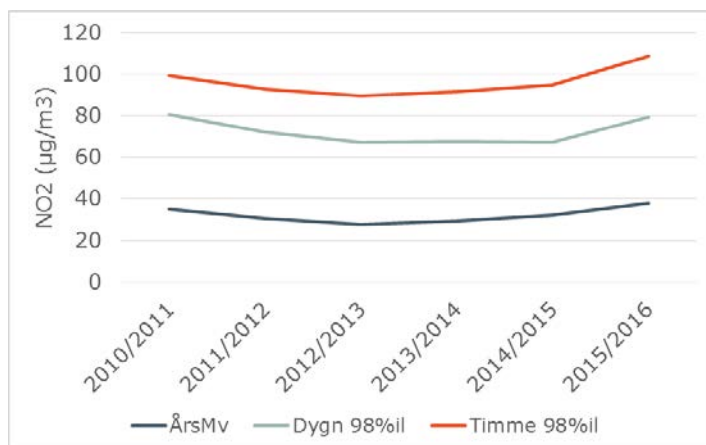
För att validera metodiken för luftberäkningar används oftast mätningar från beräkningsområdet. I detta fall har det gjorts mätningar i markplan på en stäcka från Järntorget-Nya Allén som var igång fram till 2011. Dessa kunde inte rakt av användas då både utsläppsnivåerna från bilarna och mängden trafik har ändrats fram till 2016, som i denna utredning är definierat som dagens situation. Det finns dock mätningar genomförda i Haga från 2010 på Sprängkullsgatan vid Vasa kyrka, och som alltså pågått parallellt (2010 och 2011) med Järntorgsmätningarna. För att kunna göra någon form av rimlighetsbedömning av beräknade nutida haltnivåer har därför en jämförelse gjorts mellan mätningarna på Järntorget och Haga för åren 2010 och 2011 (Figur 6).



Figur 6 Jämförelse mellan uppmätta NO_2 -halter i gaturum för Järntorget/Allén och Haga/Sprängkullsgatan år 2010-2011.

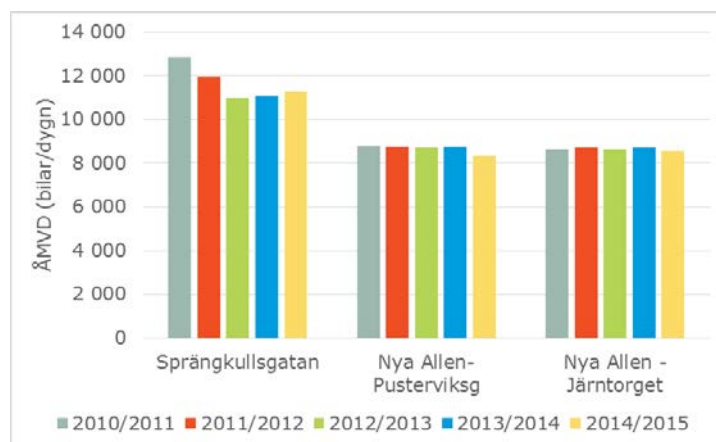
I Figur 6 framkommer att halten vid Hagastationen 2010 och 2011 var något högre än vid Järntorget där halten var mellan 86-98% av halten vid Haga.

Haltutvecklingen vid Hagastationen visas i Figur 7. För att beräkna halttenden i området, snarare än att visa mellanårsvariationen till följd av meteorologin har beräkning gjorts som tvåårs glidande medelvärde. Här framgår att NO_2 -halten 2015/2016 är uppe i ungefär samma nivå som halten var 2010/2011 efter att ha varit en svagt sjunkande trend mellan 2011-2013/2014.



Figur 7 Haltutvecklingen av NO_2 vid mätstationen vid Haga/Sprängkullsgatan från 2010-2016 som tvåårs glidande medelvärde.

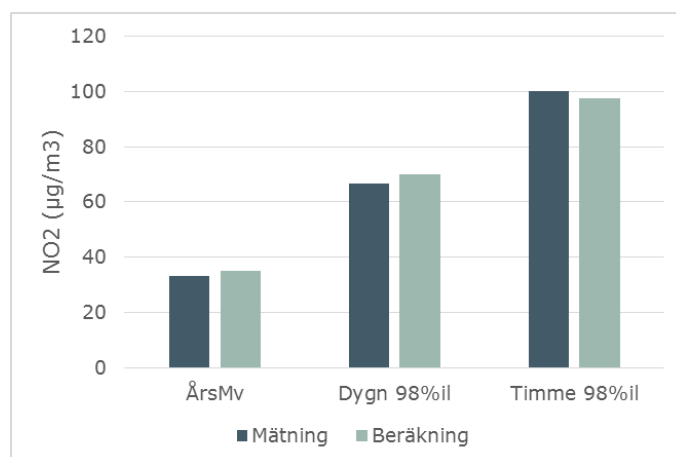
Trafikmängden på Sprängkullsgatan har minskat sedan 2010/2011 men dock ökat en aning under de sista åren (det finns ingen information för 2016) (se Figur 8). Detta, eller förändrad mängd tung trafik (bussar), skulle möjligen kunna vara en förklaring till ökningen av halterna 2015/2016.



Figur 8 Trafikutvecklingen vid Sprängkullsgatan och Nya Allén (endast en riktning) 2010-2015. Beräknat som glidande tvåårsmedelvärde.

De trafikmängder som visas för Nya Allén är endast för en riktning (från centrum mot Järntorget). Orsaken är att det inte finns någon information för båda riktningarna på Trafikkontorets hemsida men enligt indata för beräkningarna i denna utredning utgör ovanstående trafikmängden från centrum mot Järntorget ca 60% av den totala mängden för båda riktningarna. Detta innebär att trafikmängden är högre på Nya Allén än på Sprängkullsgatan men orsaken att haltnivåerna är snarlika beror sannolikt på att spridningsförutsättningarna är sämre på Sprängkullsgatan jämfört med Nya Allén. Motsvarande trafikförändring som ses på Sprängkullsgatan ses inte på Nya Allén.

I Figur 9 visas jämförelsen mellan beräknade (från 2016 ovan) och uppmätta NO_2 -halter i gaturum (Järntorget – Allén) år 2010-2011. Beräkningarna avser totalhalter (det sammanlagda bidraget från både tunnelberäkningarna och markplansberäkningarna plus korrigerad urban bakgrundshalt (korrigerad för det lokala bidraget. Mätningar från Haga under dels denna tid dels även senare år (fram till 2016 Figur 7) visar att det inte skett någon större förändring på haltnivåerna under dessa år varför halterna från 2010-2011 antas vara relevanta för att användas som validering. Resultatet visar mycket bra överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar med en skillnad på -2 till + 5 % beroende på parameter.



Figur 9 Jämförelse av uppmätta och beräknade NO_2 -halter i gaturum (Järntorget – Allén) år 2010-2011.

Enligt Luftguiden ska osäkerheten i modellberäkningar av luftföroreningshalter understiga 50 % för tim- och dygnsmedelvärde av NO₂ och för årsmedelvärde av PM₁₀. För årsmedelvärdet av NO₂ ska osäkerheten understiga 30 %. För PM₁₀ finns ingen fastställd gräns för osäkerheten avseende dygnsmedelvärdet.

4.2 Scenario 1: Nu-scenario med EF 2016

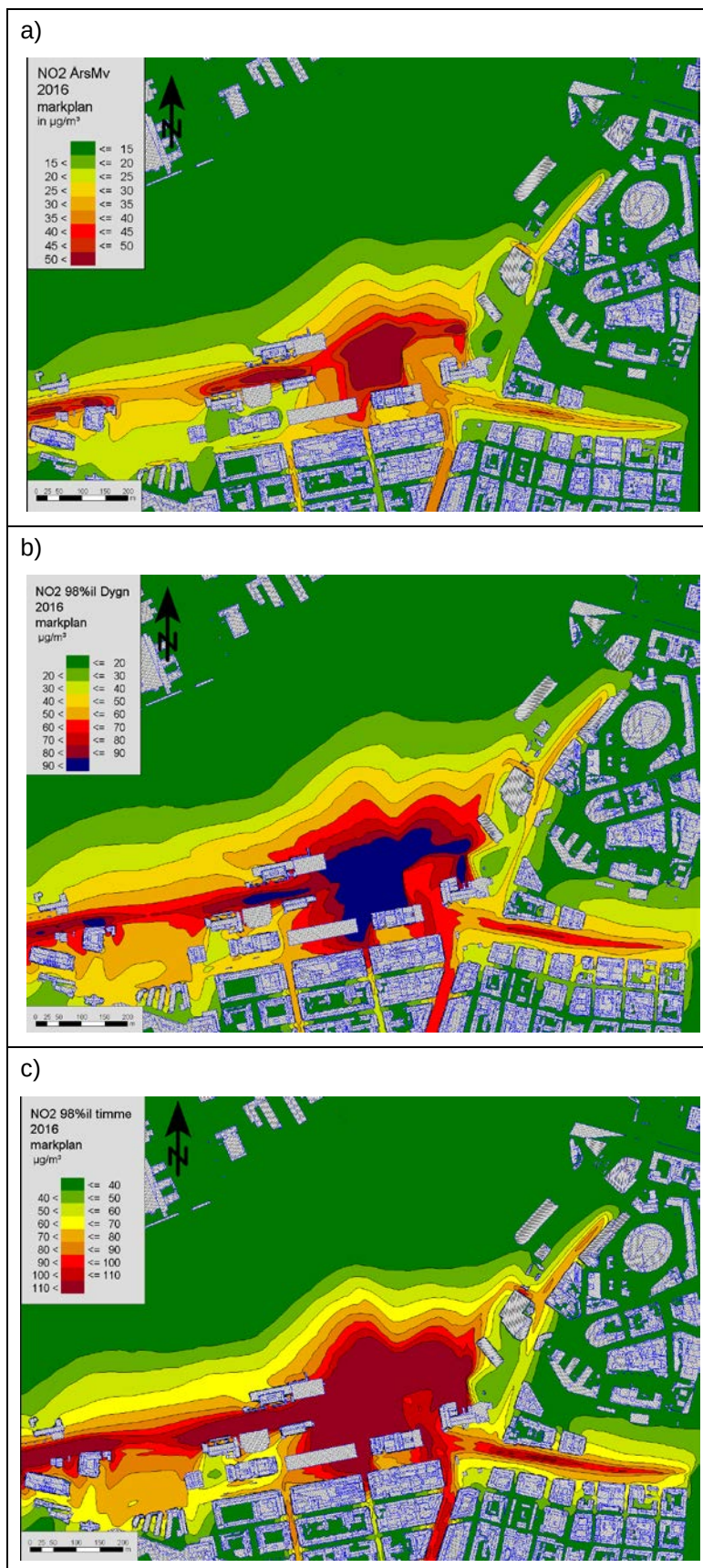
Som utgångspunkt för jämförelse med framtida scenarion modellerades Nu-scenariot som motsvarar 2016-års trafik och emissionsfaktorer för NO₂ och PM₁₀ med typårets meteorologi.

4.2.1 NO₂

I figuren nedan visas totalhalten av NO₂ som årsmedelvärdet i *Figur 10 a*), 98-percentilen för dygnsmedelvärdet i *Figur 10 b*) och för NO₂ och 98-percentilen för timmedelvärdet i *Figur 10 c*). Totalhalten innebär att de spridningsmodellerade emissionerna från samtliga källor (vägtrafik, Rosenlundsverket, Stena färjor, urban bakgrund och tunnelemissioner genom skorsten för de scenarier där ventilationstorn ingår) har summerats ihop. Överskridanden av MKN markeras med klarröd färg i kartorna.

Resultatet visar att NO₂-halterna generellt är höga i området. MKN för årsmedelvärdet överskrids i dagsläget vid tunnelmynningen och avfarten som går västerut. Området med överskridanden sträcker sig även söderut mot Masthamnsgatan och västerut vid Stena Terminalen.

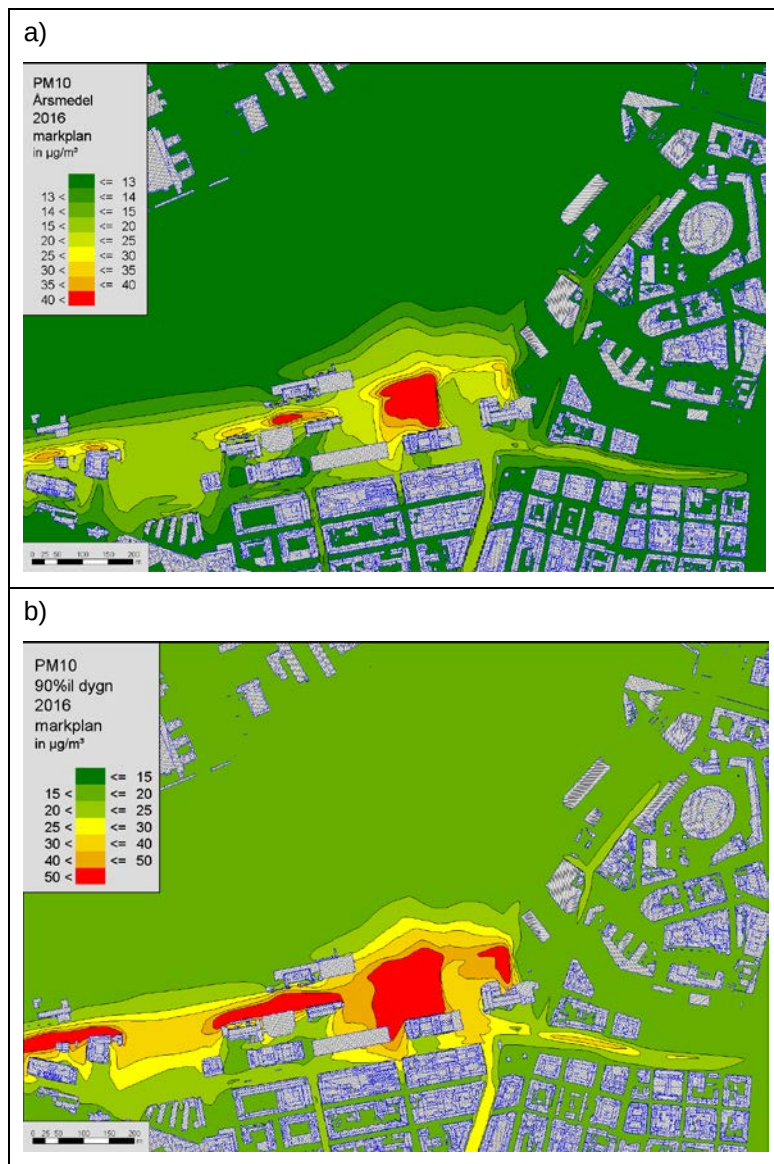
För 98%-dygn och timme är områdena med överskridanden betydligt större och omfattar även Järntorget, Första Långgatan samt kvarteret mellan Värmlandsgatan och Järnvågsgatan. Beräkningen visar tydligt hur spridningen begränsas där gaturummet är bebyggt på bägge sidor (t ex i höjd med Stena terminalen) och hur luftföroreningar kan tränga in längre in i kvarteren längs med tvärgator (t ex Nordhemsgatan).



Figur 10 Beräknad total NO₂-halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) för Nu-scenariot, a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen för dygnsmedelvärdet och c) 98-percentilen för timmedelvärdet. Röd haltgränsen markerar gränsen för MKN för respektive karta. Gul haltgränsen markera gränsen för Miljökvalitetsmålet (definierat endast för årsmedelvärdet och 98%il timme).

4.2.2 PM₁₀

I Figur 11 visas årsmedelvärdet och 90-% för dygnsmedelvärdet av PM₁₀. MKN överskrids för både parametrar vid tunnelmynningen fram till Masthamnsgatan och längs med Nordhemsgatan fram till Första Långgatan. Överskridanden förekommer också vid avfarten västerut samt på leden vid Stena terminalen. Miljökvalitetsmålet för årsmedelvärdet och 90%il dygn överskrids i stora delar av området idag, orsakat av en hög bakgrundshalt, på 12 µg/m³, vilket kan jämföras med miljökvalitetsmålet 15 µg/m³.

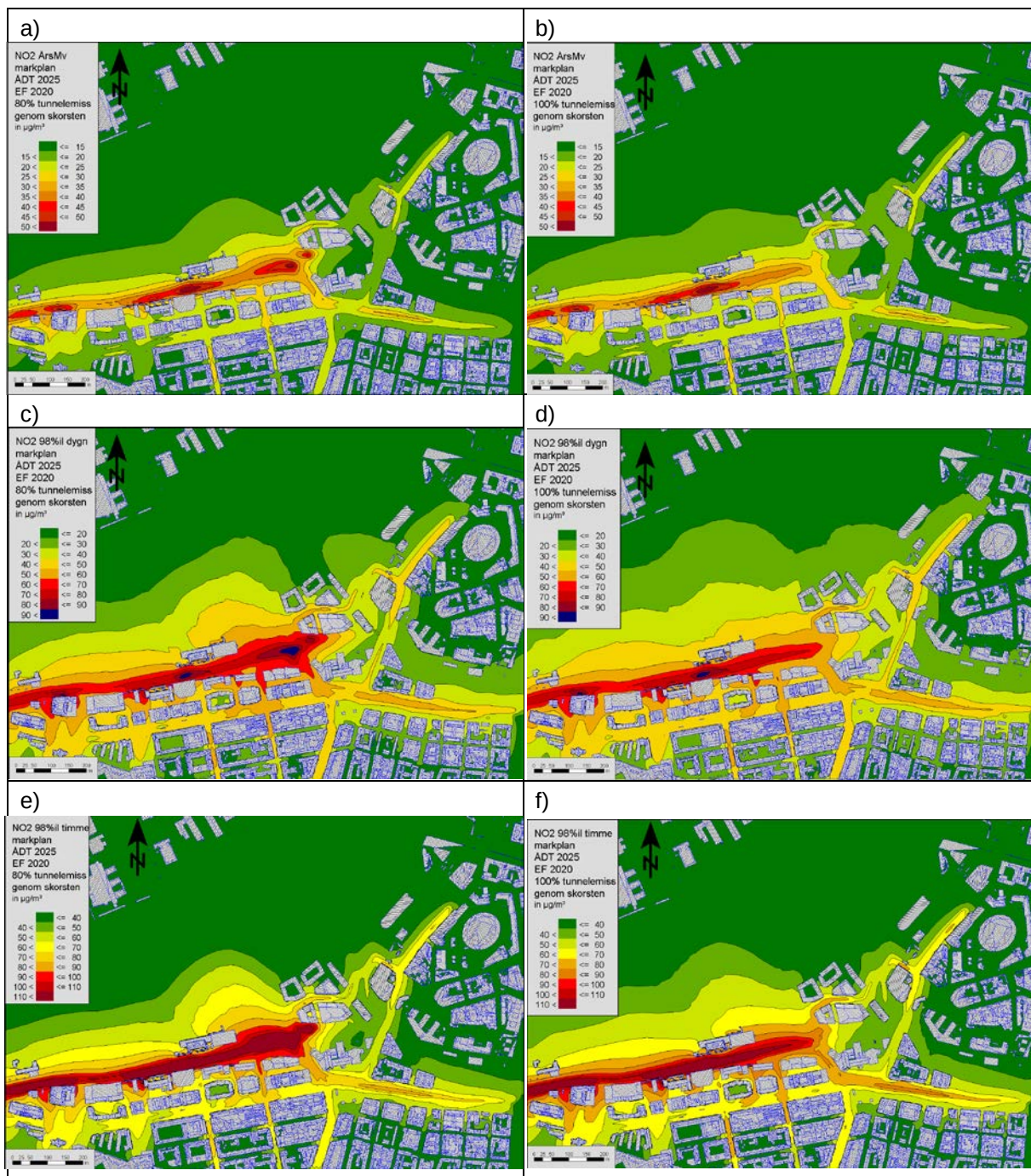


Figur 11

Beräknad total PM₁₀-halt (µg/m³) för Nu-scenariot, a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen för dygnsmedelvärdet. Röd haltgränsen markerar gränsen för MKN för respektive karta. Orange haltgräns för miljökvalitetsmålet.

4.3 Scenario 2 och Scenario 3: NO₂ 2025

I detta avsnitt presenteras beräkningarna av NO₂-halten för 2025 gemensamt för att lättare kunna jämföra resultaten från Scenario 2 och 3. Båda scenarier avser "värsta fall" beräkningar med ÅDT för 2025 men emissionsfaktorer för 2020. Kartorna visar totalhalten där alla källor i området och den urbana bakgrundshalten är inkluderade.



Figur 12

Beräknade totala NO₂-halter (µg/m³) i markplan för Scenario 2 och 3. Vänstra kolumnen Scenario 2, högra kolumnen Scenario 3. a) och b) årsmedelvärde, c) och d) 98-percentilen för dygnsmedelvärde och e) och f) 98-percentilen för timmedelvärde. Röd haltgränsen markerar gränsen för MKN för respektive karta.

I Scenario 2 är antagandet att 80% av tunnelemissioner ventileras bort genom en 20 m hög skorsten (se Figur 12 vänstra kolumnen), i Scenario 3 ventileras 100% av tunnel-emissionerna genom skorstenen (se Figur 12 högra kolumnen). Av värstafallberäkningarna för 2025 som presenteras i Figur 12 framgår att om **80 % av emissionerna** i tunneln ventileras bort via en 20 m hög skorsten klaras MKN för årsmedelvärde av NO₂ Figur

12 a) vid de flesta hus, förutom några tangeringar av MKN närmast Oscarsleden. MKN för 98-percentil dygn (Figur 12 c) och timme (Figur 12 e) tangeras eller överskrids vid byggnaderna närmast tunnelmynningen, men klaras i den planerade parken.

I fallet där **100% av tunnelemissionerna** ventileras bort sjunker halterna i området och MKN för årsmedelvärdet (Figur 12 b) klaras i kvarteret mellan Masthamnsgatan och Oscarsleden, samt vid byggnaderna norr om den övertäckta tunnelavfarten. Längre västerut längs Oscarsleden påverkas inte halterna av att tunnelemissionerna ventileras bort, och MKN tangeras fortfarande vid husen närmast leden. Halterna vid byggnaderna norr om avfarten samt i den planerade parken underskrider MKN för 98-percentilen av både dygns- (Figur 12d) och timmedelvärdet (Figur 12 f).

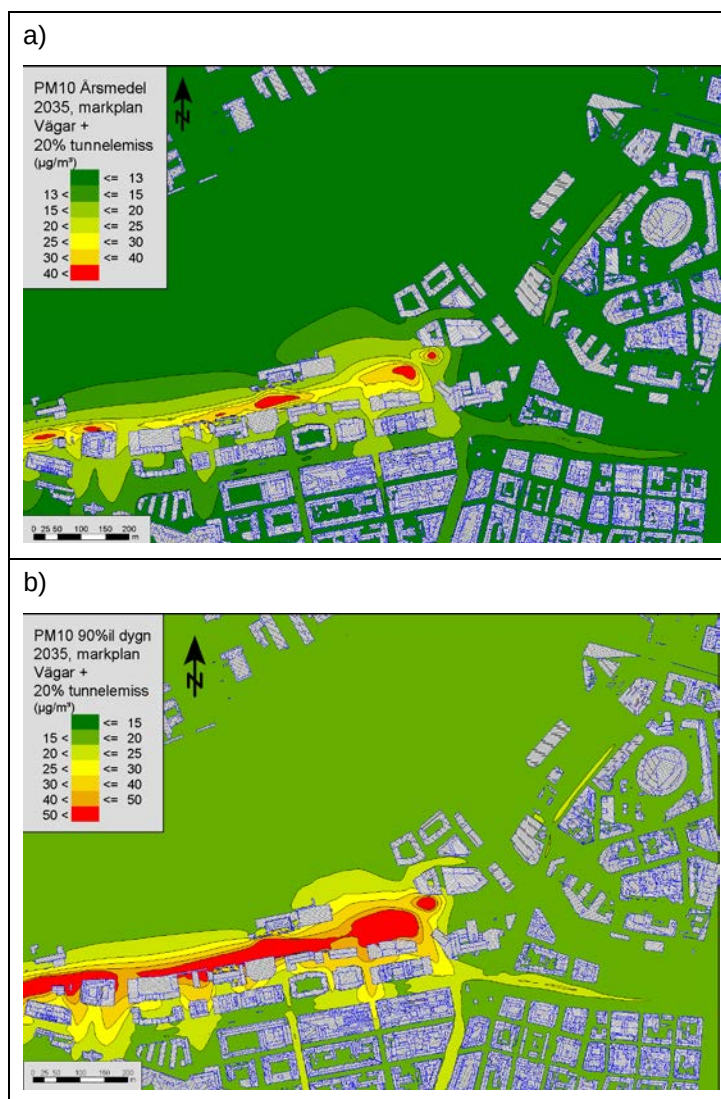
I Scenario 2 där **80 % av tunnelemissionerna** ventileras bort är marginalerna till MKN små vid husen närmast tunnelmynningen och längs Oscarsleden. Luftkvaliteten närmast tunnelmynningarna, i den planerade parken och korsningen Nordhemsgatan/Masthamnsgatan förbättras dock påtagligt av bortventileringen. Om 100% ventileras bort blir t ex halten ca 10 µg/m³ lägre för båda 98-percentilerna i korsningen Masthamnsgatan/Nordhemsgatan samt den planerade parken.

De lägre haltgränserna för miljö kvalitetsmålet avseende NO₂ (20µg/m³ för årsmedelvärdet, 60 µg/m³ för 98%il timme) klaras i stort sett inte på Masthamnsgatan och Första Långgatan, oavsett hur stor andel av tunnelemissioner som ventileras bort genom skorsten.

För att förtydliga vilken effekt ventilationstornet har på luftkvaliteten i Järnvågsområdet redovisas ytterligare kartor i 6 Bilaga A. Dessa kartor jämför halterna från endast vägtrafiken med halterna från vägtrafiken plus tunnelemissioner genom 20 m hög skorsten. Denna jämförelse har gjorts både för Scenario 2 och 3. Genom att ventileras bort 80-100% av tunnelemissionerna genom ventilationstornet minskar de marknära emissioner vid tunnelöppningen avsevärt. Ventilationstornets NO₂-bidrag i markplan är liten.

4.4 Scenario 4: PM₁₀ 2035

I Figur 13 visas beräknade halter för PM₁₀ för år 2035. För detta scenario antas att 80% av alla emissioner ventileras genom skorstenen.



Figur 13 Beräknad total PM₁₀-halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) för år 2035, a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen för dygnsmedelvärdet. Röd haltgränsen markerar gränsen för MKN för respektive karta.

I Figur 13 framgår att marginalen till MKN-gränsen för årsmedelvärdet av PM₁₀ (a) är god vid husen vid tunnelmynningen, i parken och längs hela Masthamnsgatan. MKN för 90-percentilen för dygnsmedelvärdet (b) överskrids vid samtliga byggnader väster om tunnelmynningen längs med Oscarsleden. I parken klaras dock MKN med god marginal.

De lägre haltgränserna för miljö kvalitetsmålet avseende PM₁₀ ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för årsmedelvärdet, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för 90%il dygn) klaras delvis på Masthamnsgatan och för det mesta längs med Första Långgatan.

5 Diskussion

Områdets framtida förutsättningar och luftkvaliteten

Den nya bebyggelsen enligt detaljplanen innebär en stor förändring av området som idag präglas av stora öppna ytor, trafikapparaten runt Götatunnelns västra mynning, parkeringshus, service och olika typer av kommersiella verksamheter. Detaljplanen för området kommer att innebära en betydande förändring till en mycket tät och hög bebyggelse. Detta kommer att resultera i en komplicerad miljö med avseende på spridning av luftföroreningar jämfört med dagens situation.

Detaljplanen föreslår hushöjder mellan 6-7 våningar längs med Masthuggskajen och upp till 27 våningar för ett hotelltorn nära Järntorget. En stor variation av hushöjden kan vara positiv med avseende på luftkvaliteten då höjdvariationen kan öka omblandning och turbulens vilket underlättar för frisk luft att tillföras till området. Spridningen kan bli förhållandevis effektiv med hjälp av turbulens. Å andra sidan innebär tät och hög bebyggelse att trånga gaturum uppstår med komplexa marknära vindfält som följd. Detta resulterar inte sällan i att marknära luftföroreningar (exv från vägtrafiken) inte ventileras bort vilket i vissa fall kan leda till höga haltnivåer.

De luftföroreningshalter som uppmäts i området kring Järnvågen härrör från många olika källor. Det finns lokala källor som Oscarsleden, bil och busstrafik på Linnégatan och Allén, Rosenlundsverket och färjetrafiken på älven och vid Stena Line, källor i andra delar av Göteborg och regionen, såsom stora trafikleder och industrier. Luftföroreningar kan dock också transporteras långa vägar från t ex på kontinenten, vilket också påverkar luftmiljön. Vid situationer med temperaturinversion när temperaturen närmast marken är lägre än högre blir skiktningen i atmosfären stabil och omblandningen minskar kraftigt. Inversioner uppträder ofta vintertid, och vid dessa tillfällen kan NO_2 -halten i hela centrala Göteborg bli ganska hög. Orsaken är att utbytet med renare luft från områden utanför Göteborgs centrala delar (utanför den s.k. värmeö) och även den vertikala nedblandning är ytterst begränsad. För Göteborgs del inträffar detta så pass ofta så det även ger avtryck i årsmedelvärdet. För PM_{10} inträffar de högsta halterna främst under senvinter och vår då tidigare ackumulerade partiklar virvlas upp (s.k. resuspension) då vägbanorna torkar. Detta sker ofta samtidigt med förekomst av stabila högtryck som härrör från mer kontaminerade delar av Europa varpå bidrag från långdistanstransport kan bli högt vilket ger en hög bakgrundshalt varför inblandningen av renare luft blir begränsad.

Validering av simulerade halter

I syfte att validera både emissionsberäkningarna, den urbana bakgrundshalten samt modelleringen har dagens situation jämförts med mätningar på Järntorget (mätsträcka Järntorget-Allén). Mätningarna slutade dock 2011. Samtida mätningar vid Haga/Sprängkullsgatan vid Vasakyrkan uppvisade haltnivåer som var i nivå med de som mättes vid Järntorget-Allén. En översiktlig analys av trafikutvecklingen i området visar att trafikmängderna på Sprängkullsgatan har ökat något medan trafiken på Nya Allén varit i stort sett den samma. Skillnaden antas dock vara så liten att en jämförelse fortfarande är relevant. De beräknade haltnivåerna är möjligen något överskattade. Baserat på resultatet på ovanstående validering så antas beräkningarna för både nu och framtida scenarier ge relevant bakgrund för att kunna bedöma den framtida luftkvaliteten. Detta förutsätter dock att indata i form av trafikmängder är rimliga.

Spridningsberäkning av tunnelemissioner i markplan

En stor del av emissionerna för området härrörde från Götatunnelns nedsänkta tunnelmynning och avfart. Det finns modeller där tunnelmynningar sägs kunna hanteras men inte nedsänkta sådana. Förutom problematiken kring simulering av spridningen av för-

oreningarna så är det inte heller helt självklart hur emissionerna i tunnels åskådliggörs. Detta hade även uppmärksammats av Brydolf och Johansson (2011) i Stockholm där man genomfört mätningar kring en tunnelmynning samt testat fram relevant fördelning av emissionerna. Baserat på dessa mätningar och metodik för emissionsfördelning genomfördes först motsvarande test för Stockholm med gott resultat, varför metodiken antogs vara relevant även för Götatunneln.

Ventilationstorn för avgaser från Götatunneln

På grund av de höga luftföroreningshalterna i nu-läget med överskridanden av MKN för både NO₂ och PM₁₀ finns det risk att halterna även de kommande 5 till 7 åren förbli höga, särskilt om trafiken ökar och emissionsfaktorerna inte sjunker tillräckligt fort. Till följd av detta gjordes test av att tunnelemissioner helt eller delvis ventileras bort i en skorsten. Genom att testet gjordes för ett värsta fallscenario (beräknats med 2025 års ÅDT men med 2020 års EF) har även höjd tagits för eventuella underskattningar av EF.

För att testa att utsläpp via ett ventilationstorn faktiskt gav en positiv effekt för lufthalterna i detaljplaneområdet testades spridningen och det lokala haltbidraget. Dessa beräkningar gjordes på delvis antagna förutsättningar (såsom skorstenshöjd och diameter, med vilken hastighet och temperatur avgasernas lämnar skorstenen). Avseende skorstenshöjden gjordes även tester med höjder på 20, 40 och 90 m. Dessa visade att även ett ventilationstorn med den lägsta höjden är en effektiv åtgärd för att minska halterna i området. Beräkningarna för båda scenarierna 2025 gjordes därför med ett 20 m högt ventilationstorn lokaliserat väster om tunnelmynningen. Test gjordes även för 80% respektive 100 % av tunnelemissionerna släpptes ut genom ventilationstornet.

För att uppnå en kraftig minskning av halterna i området är antagandet i Scenario 2 och 3 därför att en mycket hög andel tunnelemissioner kan ventileras genom en skorsten. Det är dock sannolikt inte rimligt att 100% går att leda via tornet men beräkningarna visar på potentialen med ett ventilationstorn och skillnaden mellan 80 och 100%. Kontakt har även tagits med tunnelexperter med erfarenheter från långa tunnlar i Norge, där de påtalat att det finns tekniska möjligheter att ventileras bort en mycket stor andel av tunnelluften via ventilationstorn.

Resultaten visar entydigt att ventilationstornet är en mycket effektiv åtgärd för att få lägre halter, både för NO₂ såväl som partiklar. Då ventilationstornet släpper ut avgaserna högre upp i luften blir spridningen mer effektiv än i markplan då vindhastigheten är större högre upp.

Vertikal spridning från ventilationstornet

Beräkningen av spridningen från ventilationstornet visade att haltbidraget i markplan blir relativt lågt. Bidraget i markplan ifrån ventilationstornet är störst under maj-slutet av september vilket sannolikt beror både på vanligast förekommande vindriktningar, den vertikala luftskiktningen samt vindhastighet. Under de varma månaderna är det generellt mer konvektion (=vertikala rörelser i luften på grund av varmare markyta (ger både uppåt och kompenserande nedåtgående rörelser)) samtidigt som vindhastigheten ofta inte är alltför hög varför utspädningen inte blir så stor. Då avgasskorstenen ligger relativt nära den planerade bebyggelsen så har även det vertikala haltbidraget beräknats. Tester har gjorts för 20 och 40 meters skorsten. Här visade resultaten att det generellt är högst haltbidrag från avgasskorstenen på ca 50 meter över markytan oavsett om skorstenen är 20 eller 40 meter. Haltnivåerna på 50 meters höjd är dock lägre vid en 20 meter hög skorsten. Orsaken är sannolikt att plymen hinner spridas mer innan den når 50 meters höjd samt att den utsätts för mer turbulens då den är närmare markytan. Även detta talar för att använda en 20 meter hög skorsten eftersom vinsten både i markplan är liten i förhållande till risken att

få plymer med högre halter (dock fortfarande låga) nära fasaderna på de närmaste husen.

Framtida trafikmängder

Det föreligger alltid osäkerheter när det kommer till prognoser för framtiden där Trafikverket antar en fortsatt ökning medan Göteborgs kommun jobbar för en minskning av trafiken i centrala delar av staden. Rimligheten i dessa antaganden kan dock inte värderas i denna utredning.

Framtida emissionsfaktorer

För de kommande åren förväntas en minskning av NO_x utsläppen från vägtrafiken tack vare teknikutvecklingen. Orsaken är att emissionsfaktorerna (utsläppsmängd/fordon) antas minska enligt HBEFA-modellen (3.2) och väntas fortsätta minska framöver. Detta har hittills lett till att emissionen av NO_x minskar med i genomsnitt 35 % mellan 2020 och 2030 (varierar beroende på väg). I slutet av våren (2017) släpptes en ny version av HBEFA-modellen (3.3) där EF för personbilar uppdaterats (ökats) kraftigt (lastbilar var samma). När en testberäkning gjordes (för ett annat område) visade det sig att EF var i stort sett oförändrad fram till 2020. Det visade sig även att med EF HBEFA 3.2 så erhöles samma emissioner redan 2019/2020 som HBEFA 3.3 gjorde år 2023/2024. Det vill säga om man förutsätter att den nya HBEFA 3.3 är korrekt för de närmaste 8-10 prognosåren, så är antagandet att använda 2020 års EF från HBEFA 3.2, som är gjort i denna utredning i det så kallade "worst-case"-förhållandet, ett antagande med relativt stor marginal.

När det gäller PM₁₀ kan dock ingen minskning förväntas i framtiden, då PM₁₀-halten främst orsakas av uppvirvling av damm och stoft som har samlats på vägbanan. Fler och tyngre fordon, hög andel dubbdäck vintertid och torrt väder under våren är faktorer som ökar partikelbildningen och därmed även uppvirvlingen. Det ökande trafikarbetet på framförallt de stora trafiklederna medför därför risken att PM₁₀-halten ökar jämfört med dagens nivå och att PM₁₀ kan komma och överskrida miljökvalitetsmålen i Göteborg längs trafiklederna år 2030.

Simulerade NO₂-halter – Nu- och framtida scenarier för 2025

Spridningsberäkningarna för Nu-scenario med 2016 års ÅDT och emissionsfaktorer visar på höga halter och överskridanden av MKN avseende både NO₂ och PM₁₀ i delar av detaljplaneområdet. Dessa beräkningar visar att det till stor del beror på trafiken på Oscarsleden och från tunnelmynningen på Götatunneln.

Då trafiken på Oscarsleden förväntas öka och EF sannolikt inte ännu kompenserar för detta, riskerar MKN avseende NO₂ att överskridas även år 2025. För att klara MKN 2025 kommer det därför krävas att majoriteten av emissionerna i Götatunneln leds ut via ventilationstunneln. Vid testerna med 80% av tunnelemissionerna via skorsten så överskreds MKN längs Götaleden och närmast tunnelmynningen samt på några tvärgator in mot Masthamngatan.

Om istället 100% av tunnelemissionerna leds ut via skorsten så klaras MKN för samtliga parametrar (d v s årsmedelvärde, 98-percentil dygn och timme) till största delen förutom på Oscarsleden. För att detta alternativ ska anses rimligt krävs sannolikt en närmare kontakt med en ventilationsexpert för tunnlar.

Simulerade PM₁₀-halter – Nu- och framtida scenarier 2035

MKN för PM₁₀ avseende årsmedelvärde och 90-percentil dygn överskrids idag i relativt stora delar av området. En orsak är att bakgrundshalten som adderats till haltbidraget från vägarna är hög (12 µg/m³). Detta härrör dels från långdistanstransporterade föroreningar dels från lokala källor.

I beräkningen för 2035 där 80% av tunnelemissionerna ventileras genom en 20 m hög skorsten kan överskridanden av MKN förekomma närmast tunnelmynningen och längs med Götaleden. Det urbana bakgrundsbidraget, som även innehåller bidrag från långdistanstransporterade partiklar, påverkar även möjligheten att klara MKN. För PM10 är det alltså inte endast det lokala bidraget som orsakat höga halter varför det ibland kan vara svårt att med hjälp av lokala insatser åtgärda höga halter.

6 Referenser

Brydolf och Johansson (2011). *Avståndets betydelse för luftföroreningshalter vid vägar och tunnelmynningar. Jämförelser mellan uppmätta och beräknade halter av kväveoxider (NO_x)*. SLB-analys, Stockholm och Uppsala läns luftvårdsförbund. LVF 2010:22.

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2001) *Massnahmen zur Reduktion von PM₁₀-Emissionen*. Schlussbericht. BUWAL Abteilung Luftreinhaltung und NIS, January, 2001.

Fridell, E., Ferm, M., Björk, A., & Ekberg, A. (2010). *Emissions of particulate matter from railways – emission factors and condition monitoring*. Transportation Research Part D: Transport and Environment. Volume 15, Issue 4, June 2010, Pages 240–245

Göteborg Energi (2017). Mailkontakt april 2017.

Göteborgs stads hemsida, trafikmängdsuppgifter: www.goteborg.se. (april 2017).

Haeger-Eugensson m.fl. (2016). Luftkvalitetsutredning för bebyggelse ovanpå Götaleden. COWI-rapport A079228, för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad.

Haeger-Eugensson m.fl. (2014a), Nya spridningsberäkningar avseende partiklar runt samverkanscentralen – Park1. COWI-rapport A055042.

Haeger-Eugensson och Forsman (2014b): Effekten av olika åtgärder avseende partiklar till luft samverkanscentralen – park1. COWI-rapport A055042B.

Haeger-Eugensson m.fl. (2010): Vägtrafikens bidrag till kvävedioxid- och partikelhalter vid Gårda. För Trafikverket Region Väst. IVL-rapport U2764.

IIASA (N.d.). <http://www.iiasa.ac.at/~rains/PM/docs/documentation.html> (2016-04-19)

Irga m. fl. (2015). *Does urban forestry have a quantitative effect on ambient air quality in an urban environment?* Atmospheric Environment 120, 173-181

Lenschow m. fl.. (2001): Some ideas about the sources of PM₁₀. Atmospheric Environment 35 Supplement No. 1 (2001) S23–S33

Miljöförvaltningen Göteborg (2017). Mailkontakt april-maj 2017.

Naturvårdsverket (2014). *Luftguiden Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft*. 2014:1.

Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad (2017). Mailkontakt april-juni 2017.

Trafikkontoret Göteborgs Stad, Karin Björklind (2016). Trafikflödesinformation för mätningar i Götatunneln för åren 2012-2015.

Trafikkontoret Göteborgs Stad, (2013). Trafikmängder på olika gator, <http://www.statistik.tkgbg.se/> hämtad maj 2017.

Trafikverket (2016). Uppräkningstal för EVA 2014-2040-2060. PM daterat 2016-03-11.

Trafikverket (2014). Vägtrafikflödeskartan. <http://vtf.trafikverket.se/> hämtad maj 2017

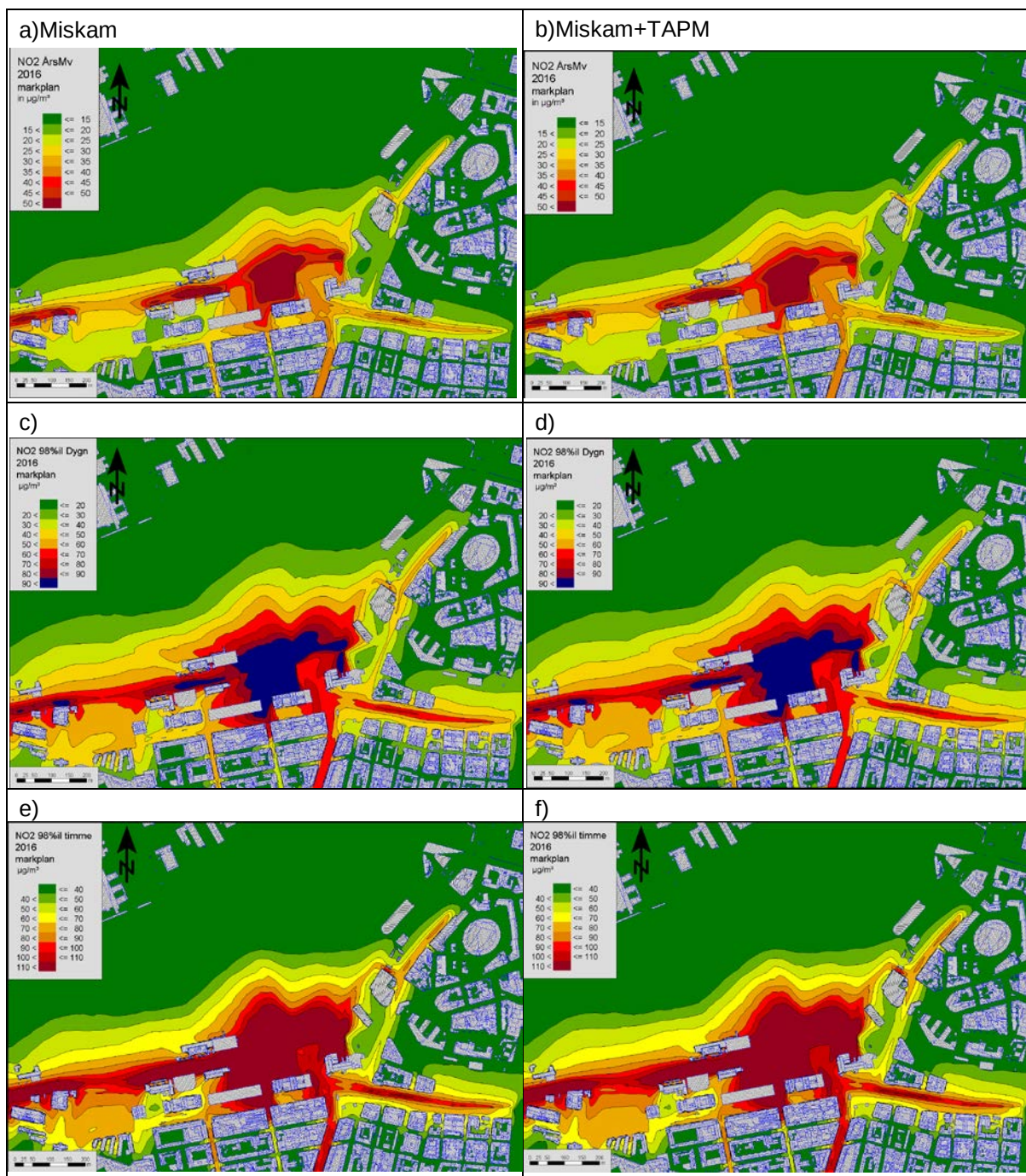
Transphorm (2009). *Report on emission factors for wear particles from railways*. Deliverable D1.2.6, type R.

Yang m.fl. (2008): *Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago*. Atmospheric Environment 42 (2008) 7266–7273

Bilaga A Resultat endast vägtrafik

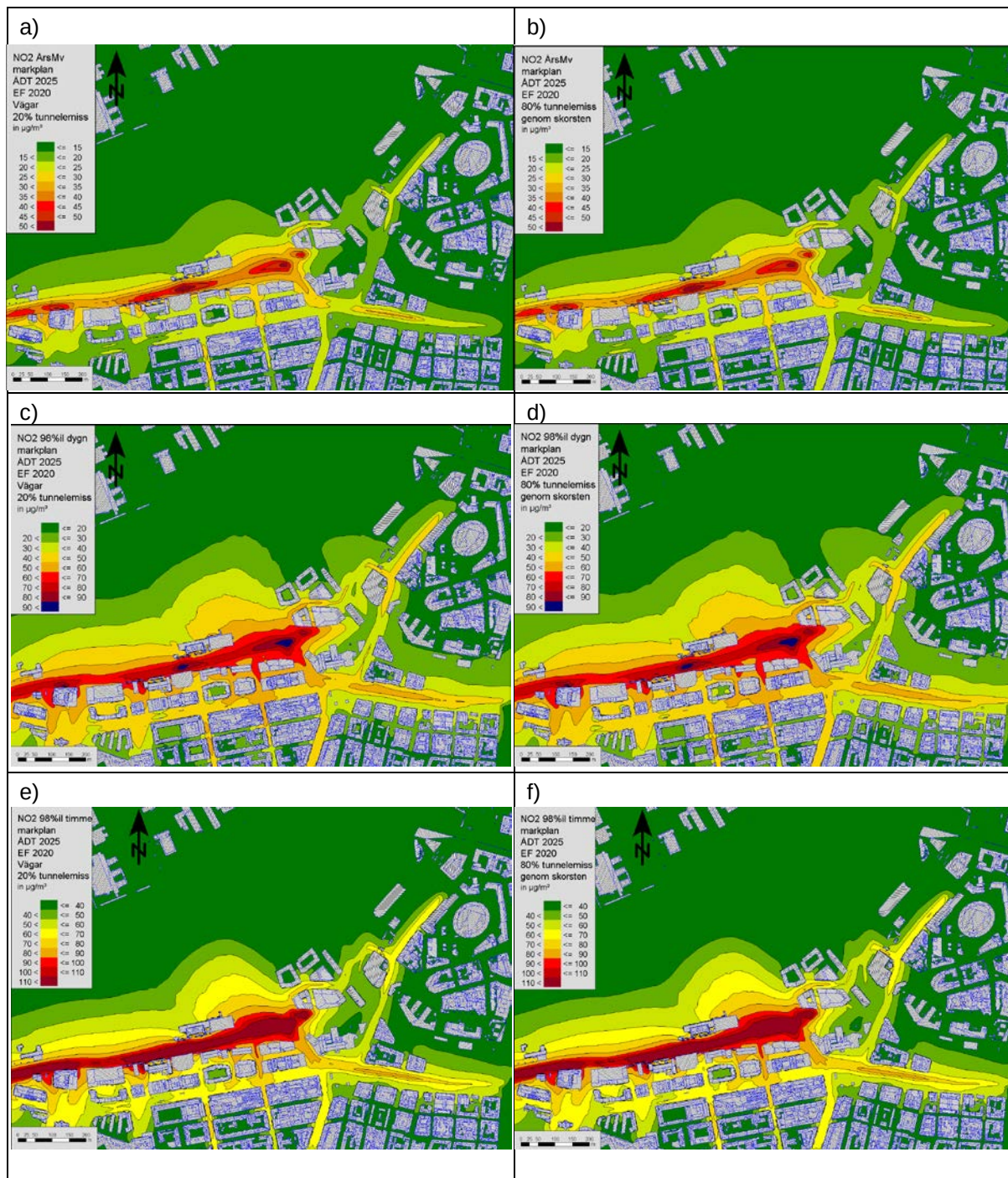
Scenario 1: NO₂ (Nu-läget)

Kartorna i a), c) och e) visar bidraget från endast vägtrafiken. Det bidraget som har spridningsberäknats med TAPM avser Rosenlundverket och färjorna. Bidraget därifrån till totalhalten är ytterst liten som kartorna i b), d) och f) visar.



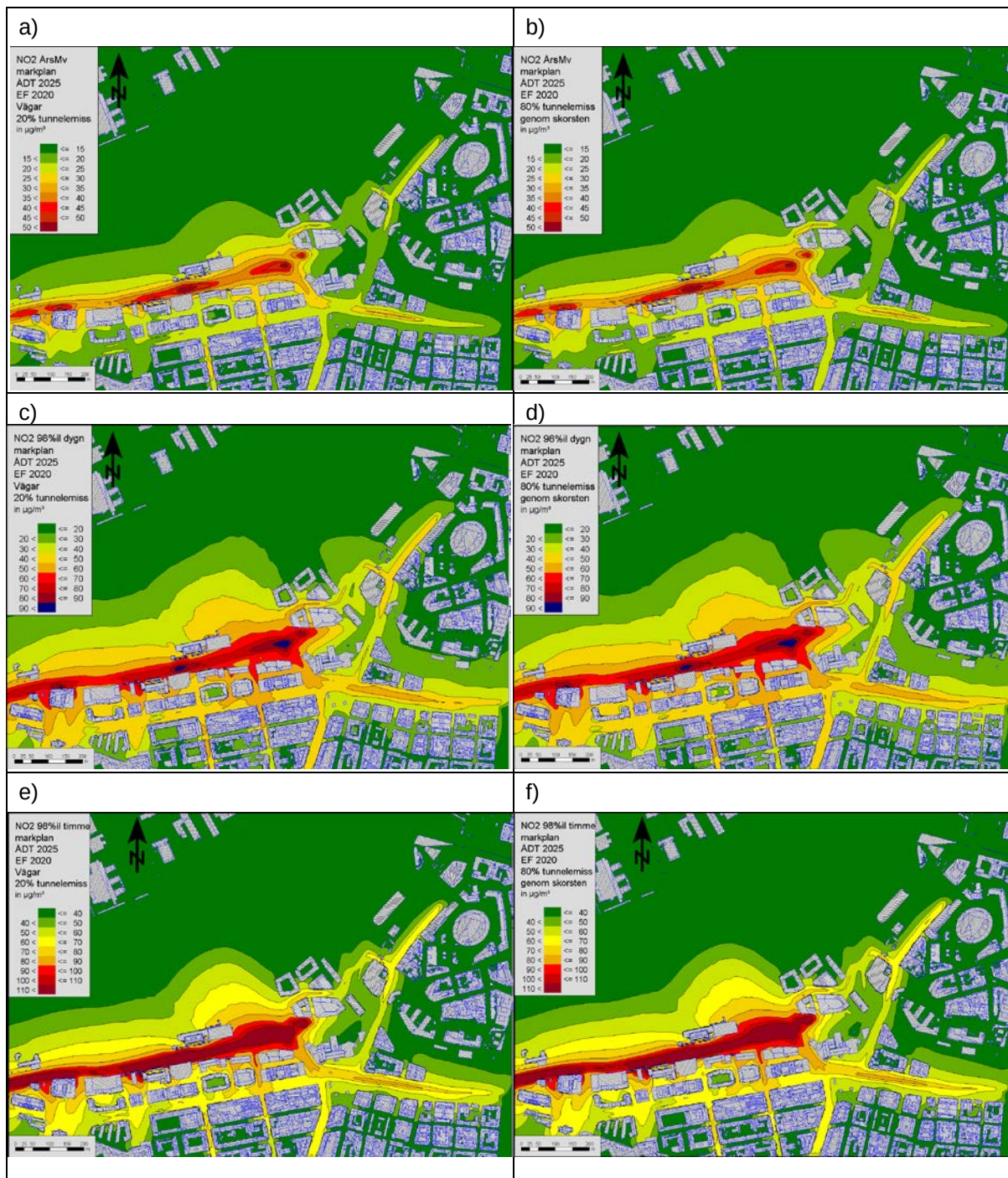
Scenario 2: NO₂ 2025.

Kartorna visar halterna när endast 20% av tunnelemissioner lämnar tunnelöppningen och 80 % ventileras genom en 20 m hög skorsten. Kartorna i a), c) och e) visar bidraget från endast vägtrafiken, kartorna b), d) och f) visar vägtrafiken + bidraget från tunnelemissionerna som ventileras genom skorsten.



Scenario 3: NO₂ 2025

Kartorna visar halterna när inga tunnelemissioner lämnar tunnelöppningen och 100 % ventileras genom en 20 m hög skorsten. Kartorna i a), c) och e) visar bidraget från *endast vägtrafiken*, kartorna b), d) och f) visar *vägtrafiken + bidraget från tunnelemissionerna som ventileras genom skorsten*.



Bilaga B Beskrivning MISKAM-modellen

MISKAM (Microscale Climate and Dispersion Model). MISKAM-modellen är en av de idag mest sofistikerade modellerna för beräkning av spridning avseende luftföroreningar i mikroskala. Det är en tredimensionell dispersionsmodell som kan beräkna vind- och haltfördelningen med hög upplösning i allt från gaturum och vägavsnitt till kvarter eller i del av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tre-dimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under flow d.v.s. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt eller linje- eller ytkällor.

Modellen simulerar ett tredimensionellt vindfält över beräkningsområdet varför t.ex. turbulens runt hus samt s.k. trafikinducerad turbulens och därmed marknära strömningsförhållanden återges på ett realistiskt sätt. Denna typ av modell lämpar sig därmed väl även för beräkningar inom tätbebyggda områden där beräkning av haltnivåer ner i markplan skall utföras.

MISKAM är speciellt anpassad för planering i planeringsprocesser av nya vägdragningar eller nybyggnation i urbana områden. Modellen är utvecklad av The Institut für Physik der Atmosphäre der University of Mainz.

MISKAM-modellen ingår i ett modellsystem s.k. SoundPLAN där även externbuller kan beräknas. Programmet kan räkna i enlighet med alla större internationella standarder, inklusive nordiska beräkningsmetoder för buller från industri, vägtrafik och tågtrafik. Resultatet kan bestämmas i enskilda punkter eller skrivas ut som färgkartor för större ytor.

Bilaga C Miljökvalitetsnormer och nationella miljömål

Miljökvalitetsnormer

I samband med att Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999 infördes miljökvalitetsnormer som ett nytt styrmedel i svensk miljö rätt. Systemet med miljökvalitetsnormer regleras framförallt i Miljöbalkens 5:e kapitel. Till skillnad mot gränsvärden och riktvärden skall miljökvalitetsnormerna enbart ta fasta på vad människan och naturen tål utan hänsyn till ekonomiska intressen eller tekniska förhållanden. En norm kan meddelas om det behövs för att i förebyggande syfte eller varaktigt skydda människors hälsa eller miljön. De kan även användas för att återställa redan uppkomna skador på miljön.

De miljökvalitetsnormer (MKN) som först fastställdes i svensk lagstiftning behandlade högsta tillåtna halter i utomhusluft av svaveldioxid, kvävedioxid och bly (SFS 1998:897). Den 19 juli 2001 trädde en ny förordning om miljökvalitetsnormer i kraft (SFS 2001:527). Denna ersatte den gamla förordningen och behandlade normer för bl.a. kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). Förordningen har uppdaterats vid ett antal tillfällen och idag gäller Luftkvalitetsförordningen SFS 2010:477 och Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet, NFS 2013:11.

MKN anger maximalt tillåtna halter för medelvärdet över hela året samt för höghaltstillfällen som kan vara över ett dygn eller en timme. För dessa anges maximala halter som 90- eller 98-percentiler för dygn och timme, dvs. endast 10 % respektive 2 % av alla värden får överskrida normvärdet. Exempelvis får ett dygnsmedelvärde för NO₂ inte överskrida 60 µg/m³ i mer än 2 % av årets alla dygn, vilket motsvarar ca en vecka. Normernas nivåer för årsmedelvärde är satta för att skydda mot långtidsexponering, medan nivåerna för dygn och timmar är satta för att ge skydd även mot korttidsexponering.

Gällande miljökvalitetsnormer för NO₂ och PM₁₀ redovisas i Tabell B:1 och B:2

Tabell B:1 Miljökvalitetsnormer för NO₂ i utomhusluft.

Medelvärdestid	Värde (µg/m ³)	Anmärkning
För skydd av människors hälsa		
1 timme	90	Får överskridas högst 175 timmar per år (98-percentil) *
1 dygn	60	Får överskridas högst 7 dygn per år (98-percentil)
1 år	40	-

* Förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

Tabell B:2 Miljökvalitetsnormer för PM₁₀ i utomhusluft.

Medelvärdestid	Värde (µg/m ³)	Anmärkning
1 dygn	50	Får överskridas högst 35 dygn per år (90-percentil)
1 år	40	–

På följande platser anser Naturvårdsverket att MKN till skydd för människors hälsa inte bör tillämpas:

- luften på vägbanan som enbart fordonsresenärer exponeras för (normerna ska dock tillämpas för luften som cyklister och gående exponeras för på trottoarer och cykelvägar längs med vägar och i vägars mittremsa)
- där människor normalt inte vistas (t.ex. inom vägområdet längs med större vägar förutsatt att gång- och cykelbanor ej är lokaliserade där)
- i belastade mikromiljöer, t.ex. i direkt anslutning till korsning eller vid stationär förorenad frånluft (exempelvis från tunnel). I gatumiljö bör därför luften där normer tillämpas vara representativ för en gatusträcka på minst 100 meter.

I Luftkvalitetsförordningen anges att varje kommun ska kontrollera att MKN följs i kommunen, och att kontrollerna får bedrivas i samverkan med andra kommuner. Det finns en nedre och en övre utvärderingströskel för varje MKN, vilka tillsammans med kommunens befolkningsmängd samt huruvida kommunen samverkar eller ej anger kravet på kontrollernas omfattning. Den övre utvärderingströskeln (ÖUT) indikerar att luftkvaliteten behöver övervakas genom mätningar (halter > övre utvärderings-tröskeln). Om halterna ligger mellan övre och nedre utvärderingströskeln (NUT) är en kombination av mätningar och modellberäkningar tillräckligt.

Tabell B:3 Utvärderingströsklar för miljökvalitetsnormer, avser skydd av människors hälsa om ej annat anges.

Förorening	Medelvärdestid	Utvärderingströsklar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		Nedre (NUT)	Övre (ÖUT)
NO ₂	1 timme ¹⁾	54	72
	1 dygn ²⁾	36	48
	1 år	26	32
PM ₁₀	1 dygn ³⁾	25	35
	1 år	20	28

1) Överskrids mer än 175 timmar under ett kalenderår

2) Överskrids mer än 7 dygn under ett kalenderår

3) Överskrids mer än 35 dygn under ett kalenderår

Miljökvalitetsmål

Det svenska miljöarbetet styrs även av miljömålssystemet, som omfattar ett generationsmål, 16 miljökvalitetsmål och 24 etappmål. Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljökvalitetsmålen ska nås. Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till. Det finns även preciseringar av miljökvalitetsmålen. Preciseringarna förtydligar målen och används i det löpande uppföljningsarbetet av målen. Ett av de 16 miljökvalitetsmålen, *Frisk luft*, berör direkt halter i luft av olika föroreningar och definieras enligt följande: "Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas". Miljökvalitetsmålet Frisk luft är preciserat med luftföroreningshalter som inte ska överskridas, varav ett urval kan ses i Tabell B:4.

Tabell B:4 *Preciseringar av det nationella miljökvalitetsmålet Frisk luft.*

Förorening	Medel- värdestid	Miljökvalitets- mål ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anmärkning
NO ₂	1 timme	60	Får överskridas högst 175 timmar per år (98-percentil)
	1 år	20	–
PM ₁₀	1 dygn	30	–
	1 år	15	–

Referenser

Miljömålsportalen, Naturvårdsverket <http://www.miljomal.se/>

SFS 2001:112 och SFS 2001:527 (2001), Förordning om miljökvalitetsnormer för utomhusluft.

SFS 2010:477, Uppdaterad förordning om miljökvalitetsnormer för utomhusluft.

Bilaga D Trafikuppgifter

Källa	Gata	ÅDT			Andel tung trafik			Skyltad hastighet	
		2016	2025	2035	2016	2025	2035	2016	2025/35
A	Linnégatan	10 170	6 500	6 500	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Värmlandsgatan, södra segmentet	5 400	6 000	7 000	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Första Långgatan	5 580	6 000	3 000	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Nya Allén/Norra Allégatan	15 390	15 000	10 000	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Järnvågsgatan	21 960	18 000	14 000	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Påfart Götaleden (E45) österut	7 500	7 500	7 500	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Avfart Götaleden (E45) västerut	6 500	6 500	6 500	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Avfart Oscarsleden (E45) österut	9 000	9 000	9 000	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Påfart Oscarsleden (E45) västerut	6 000	6 000	6 000	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Emigrantvägen, östra segmentet	8 100	9 000	9 000	10 %	7 %	10 %	50	40
A	Värmlandsgatan, norra segmentet	0	3 000	3 000	0 %	5 %	0 %	50	40
A	Olof Palmes plats	15 390	15 000	12 000	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Skeppsbron	5 400	6 000	5 000	10 %	7 %	10 %	50	40
A	Stora Badhusgatan	5 940	7 000	6 000	10 %	7 %	10 %	50	40
A	Järntorgsgatan	4 500	4 500	3 500	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Stigbergsliden	3 150	3 000	2 500	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Oskarsgatan	2 340	4 000	3 500	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Emigrantvägen, västra segmentet	1 170	1 500	1 500	10 %	5 %	10 %	50	40
A, B	Oscarsleden (E45)	52 010	57 420	64 140	10 %	11 %	10 %	70	70
A	Surbrunnsgatan	5 940	6 000	5 000	10 %	7 %	10 %	50	40
A	"Andra Långgatan" ut på Andrégatan	0	4 500	4 000	0 %	7 %	0 %	0	40
C	Masthamnsgatan	1 900	1 900	1 900	4 %	4 %	4 %	50	40
A	Nordhemsgatan Norr om 1a lång	5 130	6 000	6 000	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Nordhemsgatan Söder om 1a lång	1 350	2 500	2 000	5 %	5 %	5 %	40	40
D	Götatunneln	53 070	60 700	67 010	12 %	11 %	11 %	70	80

Källa	Gata	ÅDT Buss			ÅDT Spårvagn		
		2016	2025	2035	2016	2025	2035
A	Linnégatan	42	42	42	187	187	160
A	Första långgatan	0	0	48	307	307	240
A	Nya Allén/Norra Allégatan	0	0	0	0	0	293
A	Järnvågsgatan	0	42	42	0	0	0
A	Påfart Götaleden (E45) österut	4	4	24	0	0	0
A	Avfart Götaleden (E45) västerut	4	4	24	0	0	0
A	Avfart Oscarsleden (E45) österut	32	41	61	0	0	0
A	Påfart Oscarsleden (E45) västerut	32	41	61	0	0	0
A	Emigrantvägen, östra segmentet	88	46	46	0	0	0
A	Skeppsbron	88	46	46	0	0	0
A	Stora Badhusgatan	88	88	88	173	173	107
A	Järntorgsgatan	0	42	42	173	173	107
A	Stigbergsliden	0	0	0	307	307	240
A	Oscarsleden (E45)	64	100	64	0	0	0
A	Surbrunnsgatan	88	46	88	0	0	0
A	Götatunneln (för tunnelemissioner)	0	100	100	0	0	0

Referenser

A – Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, maj 2017. Mailkontakt.

B – Trafikverket, 2014. Vägtrafikflödeskartan. <http://vtf.trafikverket.se/> hämtad maj 2017. ÅDT-siffra uppräknad mha Trafikverkets uppräkningsstal för EVA 2014-2040-2060. PM dat. 2016-03-11.

C – Trafikkontoret Göteborgs Stad, 2013. Trafikmängder på olika gator, <http://www.statistik.tkgbg.se/M/Masthamnsgatan.html> hämtad maj 2017

D – COWI, juni 2016. Luftkvalitetsutredning för bebyggelse ovanpå Götaleden. Underlagsrapport för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad.

Bilaga E Modellering av tunnelemissioner

1. Introduktion

En nödvändig förutsättning för att bedöma luftkvaliteten vid Järnvågen var att på ett så korrekt sätt som möjligt återge spridningen och därmed haltbidraget av föroreningar vid och runt tunnelmynningen och rampmynningar som finns i området, vilket kommer att adderas till den redan höga haltnivån inom planområdet. Problemställningen är både att geografiskt lokalisera emissionen rätt, det vill säga hur mycket emissioner som kommer ut ur tunnelmynningen, därefter redogöra för hur dessa sprids på ett realistiskt sätt. I denna bilaga beskrivs COWIs tillvägagångssätt för modellering av tunnelemissioner, vilket utvecklades för luftkvalitetsutredningen av Överdäckning av Götaleden (Haeger-Eugensson m fl., 2016). För Järnvågens luftkvalitetsutredning har en snarlik metodik använts, anpassad för de lokala förhållandena vid Järnvågen.

För att kunna göra en bra modellering av spridningen av föroreningar från tunnel- och rampmynningar har en genomgång gjorts av tidigare studier som finns på området. Det finns i dagsläget ingen vedertagen metodik för modellering av tunnelutsläpp, speciellt inte om tunnelmynningen är nedsänkt i förhållande till omgivande markyta. COWI har därför utgått från de få exempel som finns beskrivna i litteraturen, vilka har vidareutvecklats, testats och validerats mot tidigare genomförda mätningar vid en tunnelmynning i Stockholm. Metoden applicerades därefter på aktuella förhållanden vid Järnvågen i Göteborg (se vidare nedan).

2. Syfte

Att beskriva metoden för uppskattning och spridning av NO_2 vid nedsänkta tunnelmynningar.

3. Bakgrund

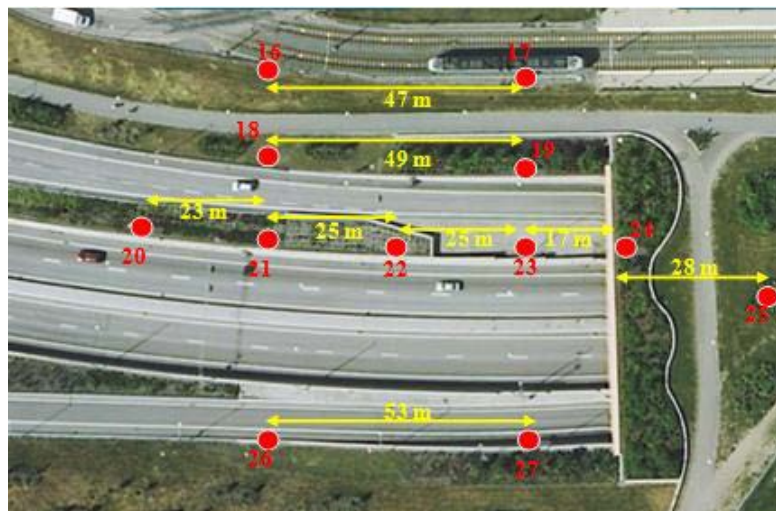
I litteraturen finns det ett antal modeller som anges kunna ta hänsyn till spridning från tunnelmynningar (bl.a. GRAL av Öttl, 2014). Dessa antar en spridning från en mynning i (eller i vissa fall över) markplan. Om tunnelmynningen ligger nedsänkt i förhållande till omgivande markyta, ofta i förhållandevis djupa schakt, kommer spridningen av luftföroreningar från tunneln försvåras då dessa först måste blandas upp till marknivå och sedan vidare ut i omgivningen. Om dessutom mynningen och schakten är omgärdade av mer eller mindre kompakt och hög bebyggelse blir spridningen ytterligare mer komplicerad. Studier som täcker in alla dessa förutsättningar har inte återfunnits i litteraturen.

En studie som innefattar dispersionen vid tunnelmynningar genomfördes av Guordol m.fl. (2004) där spridningen studerades i vindtunnel. Resultaten visade att gaturummet vid tunnelmynningen påverkade hur strömmen av förorenad luft som kommer ut ur tunnelmynningen blandas med de högre luftlagren. Luftströmmens påverkan på hastigheten i luftlagret över gaturummet var liten. För att modellera detta använde Guordol en linjekälla för vägen ut från tunneln med en Gaussisk plymkälla för de ackumulerade tunnelemissionerna.

En litteraturstudie om luftkvaliteten i och runt tunnlar har även gjorts i Australien 2008 (Longley och Kelley 2008). Här konstaterades att tunnlar ofta byggs med syfte att förbättra luft- och bullersituationen, men att en konsekvens av detta blir att stora mängder luftföroreningar släpps ut via tunnelmynningarna och orsakar lokalt höga halter. Mätningar har visat på förhöjda halter av föroreningar inom 100-200 meter från mynningarna.

En utmaning när det gäller modellering av tunnelutsläpp är att de flesta modeller inte klarar av att modellera tunnelmynningar med nedsänkta vägbanor, instängda gaturum och den ström av förorenad luft som bilarna drar med sig ut från tunneln och som blandas med den omgivande luften.

Om det inte finns ventilationstorn eller liknande i tunnlar så kommer alla föroreningar som fordonen släpper ut att spridas via tunnel- och rampmynningarna. Dessa ackumulerade föroreningar bidrar till höga halter i mynnings direkta närhet. I en studie av SLB Analys (Brydolf och Johansson 2011) undersöktes hur luftföroreningar sprids vid tunnelmynningar, dock ej nedsänkta sådana. Här konstateras att det inte finns någon vedertagen metodik för beräkning av halter runt tunnelmynningar. I denna studie undersöktes spridningen av NO_x vid Södra Länkens västra mynning i Årsta i Stockholm. NO_x-halter mättes på olika avstånd från tunnelmynningen mellan körbanorna och ut på sidorna, se Figur 14, och därefter modellerades emissionerna med modellen SMHI-Airviro som är en Gaussisk modell. Man erhöll relativt god överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade halter med avvikelser under 40 %.



Figur 14 Mätpunkter vid Södra Länkens västra mynning i Årsta. Bild från Brydolf och Johansson 2011, SLB Analys.

Eftersom en Gaussisk modell användes kunde hänsyn ej tas till den detaljerade utformningen av själva nedsänkningen av tunnelmynningen, eftersom detta inte kan inkluderas i sådana modeller. I fallet för Årstatunneln var sannolikt inte detta något problem, då omgivningarna kring tunneln var öppna utan närliggande bebyggelse. Det gick alltså inte att applicera metodiken direkt på Göteborg då de lokala förutsättningarna är mycket mer komplicerade här. Däremot användes metodiken för uppskattning och geografisk placering av emissionerna vid tunnelmynningen. Baserat på dessa indata beräknades spridningen som skulle användas för

överdäckningen i Göteborg, dvs. den typ av modell som bättre kan beskriva 3D-förutsättningar, CFD-modellen Miskam. 3D-modelleringen testades för Årstatunneln, med hjälp av indata från studien i Stockholm vilken finns väl beskriven i litteraturen och där även mätningar av halter har gjorts vilket möjliggjorde validering av haltavklingningen vid tunnelmynningen (Brydolf och Johansson 2011).

Samma metodik applicerades sedan på Överdäckningens tunnel- och rampmynningar (se vidare Haeger-Eugensson 2014), vars halter adderades till haltbidragen från övriga vägar. Beräkningen validerades mot uppmätta halter i Göteborg. Samma metodik applicerades här vidare för Järnvågen.

4. Områdesbeskrivning Järnvågen

Inom beräkningsområdet för Järnvågen är Götatunnelns västra mynning belägen. Dessa är dels för nuvarande Götatunneln, dels för mynningarna öster och väster om överdäckningen, samt för av- och påfarter vid Götatunnelns mynning och inom planområdet.

Götatunneln är 1,6 km lång och är lokaliserad längs Göta Älv. Detta är ett av några få huvudstråk för trafik i Göteborg, som både lokal och passerande trafik nyttjar, vilket innebär en stor andel tung trafik, bl.a. till följd av långtradartrafik från Stenas terminaler.

LUFTKVALITETSUTREDNING TILL DETALJPLAN FÖR JÄRNVÅGSGATAN M FL INOM STADSDELEN MASTHUGGET

TILLÄGG DECEMBER 2017

UNDERLAGSRAPPORT

*Marie Haeger-Eugensson
Christine Achberger
Anna Bjurbäck
Marian Ramos García*



ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00

FAX 010 850 10 10

WWW cowi.se

PROJEKTNR.

A096695

DOKUMENTNR.

A096695-04-02-RAP002

VERSION

2

UTGIVNINGSDATUM

2017-12-05

BESKRIVNING

Underlagsrapport

UTARBETAD

Marie Haeger-Eugensson
Christine Achberger
Anna Bjurbäck
Marian Ramos García

GRANSKAD

Maria Holmes

GODKÄND

Marie Haeger-
Eugensson

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	7
2	Inledning	9
2.1	Bakgrund	9
2.2	Syfte	10
3	Förändringar jämfört med tidigare luftutredning	11
4	Metodik	12
4.1	Detaljer kring scenarierna	12
4.2	Vertikal haltfördelning	12
4.2.1	<i>Detaljer Rosenlundsverket</i>	12
4.3	Emissioner från tunnelmynningen med ett ventilationstorn	13
4.3.1	<i>Sammanfattning av tunnelrapporten</i>	13
5	Resultat	14
5.1	Scenario 5: NO ₂ 2025	14
5.2	Scenario 6: PM ₁₀ 2035	16
5.3	Vertikala halter	17
5.3.1	<i>Vertikal haltfördelning från avgasskorstenen och färjorna</i>	18
5.3.2	<i>Vertikal haltfördelning från Rosenlundsverket</i>	19
6	Diskussion	22
7	Referenser	25
Bilaga A	Beskrivning MISKAM-modellen	26
Bilaga B	Miljökvalitetsnormer och nationella miljömål	27
Bilaga C	Planområdet	30
Bilaga D	Trafikuppgifter	31
Bilaga E	Halkkartor	33

1 Sammanfattning

Inledning och Syfte

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg genomför detaljplanearbete för bebyggelse i området kring Järnvågsgatan. Det är i dagsläget dålig luftkvalitet i området på grund av emissioner från en stor mängd trafik, främst från Oscarsleden. Därtill mynnar den långa Götatunneln ut i planområdet vilket ger höga emissioner på en liten yta. Vidare tillkommer utsläpp från Rosenlundsverket och färjor vid Masthuggskajen. Planförslaget innebär en exploatering om ca 1 300 bostäder samt 150 000 kvadratmeter kontor och verksamheter.

COWI har tidigare utfört en luftkvalitetsutredning för den aktuella planen. Denna rapport är ett tillägg till den tidigare med anledningen av att vissa byggnaders utformning förändrats under planarbetets gång samt att vissa trafikmängder ändrats. Därtill har möjligheterna till bortventilering av tunnelluft undersökts grundligare.

Syftet med luftutredningen är att beräkna luftkvaliteten i området med avseende på kvävedioxid (NO_2) 2025, och partiklar (PM_{10}) 2035 och utvärdera om MKN klaras.

Metod

De nya beräkningarna består av två scenarier, Scenario 5 respektive 6. I båda scenarier är planområdet fullt utbyggt (rev 2) och Götatunnelns på- och avfarter täckta. Därtill ventileras 95% av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör ut genom en avgasskorsten, varvid endast 5% av tunnelemissionerna i västergående riktning kommer ut via den västra huvudmynningen, och inget via sidomynningen.

- › Scenario 5. Värsta fall för NO_2 , 2025 med 95 procents tunnelventilering – 2025 års trafikmängd (rev nov 2017) men emissionsfaktorer (EF) för år 2020.
- › Scenario 6. Värsta fall för PM_{10} , 2035 med 95 procents tunnelventilering – 2035 års trafikmängd (rev nov 2017) och emissionsfaktorer (EF) för år 2035.

Beräkningarna har utförts med en 3D-modell en s.k. CFD-modell (Miskam) för utsläppen i markplan från vägar och tunnelmynningen. För punktutsläpp från avgasskorsten, Rosenlundsverken samt färjorna vid Masthuggskajen har den s.k. TAPM-modellen använts. För att halterna ska kunna jämföras mot MKN måste en totalhalt beräknas. Detta har gjorts genom att bidragen från Miskam- och TAPM-beräkningarna summerats, och att en för området lokal urban bakgrundshalt adderats. Den urbana bakgrundshalten är baserad på mätningar från Miljöförvaltningens mätstation vid Järntorget.

Resultat

Scenario 5, NO_2 2025

Worst case-beräkningen av NO_2 -halten visar att MKN för årsmedelvärdet ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) klaras över i stort sett hela området. Tangerande eller överskridanden av MKN ses endast på Oscarsleden och vid vissa av husen närmast leden: parkeringshuset Koffen och G2 (se Bilaga C för en karta över planområdet). I parken över tunnelmynningen och vid byggnaderna närmast norr om tunnelmynningen klaras MKN med god marginal, med halter mellan 15 och $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På Masthamnsgatan förekommer halter på $15\text{--}25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och endast ett fåtal partier får halter över $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid alla planerade bostäder klaras MKN för årsmedelvärdet.

För 98-percentilen av dygnsmedelvärdet av NO_2 är halten hög i anslutning till tunnelmynningen och närmaste delen av leden trots att 95 procent av tunnelemissionerna bortventileras via skorsten. Haltnivåerna är dock betydligt lägre än vid tidigare beräkningar i parken ovanför Götatunneln och vid byggnaderna närmast norr om tunnelmynningen där MKN ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nu klaras med halter mellan 30 och $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Däremot ses tangeringar eller överskridanden av MKN vid husen närmast leden: parkeringshuset Koffen samt byggnad G2, G5, E1, E2, E6 och D4 i planområdet. Några enstaka tungor av halter över MKN når in bland husen i västra delen av planområdet, främst vid byggnad G5. Längs Masthamnsgatan varierar halten mellan 30 och som mest $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men MKN klaras vid de planerade bostäderna. Av byggnaderna som nås av överskridanden av MKN är det enbart E1 som planeras för bostäder och kontor, överskridandet berör fasaden närmast Oscarsleden.

MKN för 98-percentilen av timmedelvärdet ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tangeras eller överskrids längs hela Oscarsleden fram till de flesta byggnaderna direkt söder om leden: parkeringshuset Koffen samt byggnad G2, G5, E1, E2, E5, E6, D1 och D4 i planområdet. Överskridanden av MKN kan även nå in mellan husen i västra delen av planområdet, främst byggnad G5. På Masthamnsgatan ses varierande halter mellan 40 och $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I parken ovanför Götatunneln och vid husen närmast norr om tunnelmynningen ses halter mellan 40 och $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, där MKN därmed klaras med god marginal. Av de nämnda byggnaderna som nås av överskridanden av MKN är det enbart E1 som planeras för bostäder och kontor, överskridandet berör fasaden närmast Oscarsleden.

Scenario 6, PM_{10} 2035

MKN för årsmedelvärdet av PM_{10} ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) klaras på de allra flesta platser utom några enstaka områden mitt på Oscarsleden. För 90-percentilen av dygnsmedelvärdet visar beräkningarna att MKN ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskrids eller tangeras längs med större delen av Oscarsleden, samt vid parkeringshuset Koffen och byggnaderna G2 och G5 i planområdet. I parken ovanför Götatunneln och dess närbelägna byggnader klaras dock MKN med marginal med halter mellan 15 till $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Längs Masthamnsgatan är halterna mellan 15 och $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. MKN för både årsmedelvärde och 90-percentil av dygnsmedelvärdet klaras vid alla planerade bostäder.

Vertikal haltfördelning

Då flera av de planerade husen vid området nära tunnelmynningen och mot Rosenlundswerken är så höga att skorstensplymerna riskerar att ge höga haltbidrag vid husen, på t.ex. balkonger eller friskluftsintag, så har den vertikala haltfördelningen även utretts vid några punkter. Det är dels tre punkter nära tunnelmynningen (A-C) och husen närmast avgasskorstenen dels tre punkter (1-3) vid husen närmast Rosenlundswerken.

NO_2 från ventilationstornet och färjorna: Utsläppen från ventilationstornet och från färjorna leder inte till några överskridanden av MKN på någon nivå vid några av testpunkterna. Det kan dock förekomma något förhöjda halter på omkring 15 meter över marknivå för årsmedelvärdet vid alla tre punkterna. För 98-percentilen för dygnsmedelvärdet ses det tydligt i punkt B, medan det för punkt C inte finns någon vertikal skillnad.

NO₂ från Rosenlundsverket, normal vinter: För normalåret visar beräkningen att låga haltbidrag (0 till 5 µg/m³) förekommer på alla nivåer från markplan till 150 m, medan det högsta haltbidraget (10 till 15 µg/m³) endast återfinns på nivå 100 m och då endast under 2 timmar. För jämförelse med MKN har alla övriga haltbidrag, beräknade som 98-percentil av timmedelvärdet, adderas till respektive nivå. Här framkommer att MKN för 98% timme inte överskrids i någon av punkterna. Bedömningen är därmed att haltbidraget från Rosenlundsverket under normala vintermånaderna inte kan orsaka överskridanden av MKN på någon nivå.

NO₂ från Rosenlundsverket, kall vinter: Under en kall vinter är utsläppen högre och ger därmed generellt högre halter samtidigt som spridningsförutsättningarna är sämre. Vid alla tre punkterna återfinns de högsta halterna på 50 och/eller 100 m höjd. Under enstaka timmar kan halterna överstiga 30 µg/m³ på nivåerna på 100 till 150 m över marken. På 10 m höjd är det mycket få timmar med haltbidrag över 25 µg/m³. Under kalla vintrar och under enstaka timmar antas haltbidraget av NO₂ från Rosenlundsverket vara relativt högt på de högre nivåerna, men då det enbart gäller enstaka timmar bedöms risken för överskridanden av MKN vara låg.

Diskussion

Den sammanlagda bedömningen från de två scenarierna 2025 och 2035 med bortventilering av 95 procent av tunnelluften visar att MKN klaras i stora delar av planområdet kring tunnelmynningen. Det sker dock fortfarande överskridanden av MKN längs Oscarsleden och vissa mindre områden emellan de yttersta husen närmast leden i höjd med Masthuggstorget. Orsaken är att effekten av de lägre emissionsnivåerna från tunneln avtar med ökande avstånd från mynningen.

Analysen av halter i vertikalled till följd av skorstensemissioner visar att det kan förekomma viss ökning av halten på 15 meters höjd vid planområdet närmast avgasskorstenen (främst punkt B) samt på 100 meters höjd i planområdet närmast Rosenlundsverken. Beräkningarna visar dock att varken avgasskorstenen eller Rosenlundsverken förväntas orsaka några överskridanden av MKN på någon nivå.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

För närvarande pågår arbete med att ta fram en ny detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnväggsgatan m.fl. Detaljplanen syftar till att omvandla området mellan Skeppsbron och Masthuggstorget på Södra Älvstranden till en ny stadsdel med delvis hög bebyggelse och hög täthet där ett stort antal bostäder blandas med handel, kontor, hotell förskola och andra verksamheter. Idag domineras området av biltrafiken med parkeringar och vägar.

COWI har tidigare utfört en luftkvalitetsutredning för den aktuella detaljplanen (COWI, 2017), där luftkvaliteten i markplan undersöktes då 80 respektive 100 procent av emissionerna inne i Götatunneln ventilerades ut genom en skorsten ovan

mark, med slutsatsen att ventilationstornet och med nästintill 100 procents bortventilering är nödvändigt för att klara MKN.

Stadsbyggnadskontoret har även fått yttranden från Länsstyrelsen om att den tekniska genomförbarheten på ventilationstornet måste utredas. En sådan utredning har genomförts (Engman m.fl. 2017), med slutsatserna att det i de allra flesta fall är möjligt att ventileras bort all tunnelluft via skorsten.

Sedan denna rapport levererades har Stadsbyggnadskontoret gått vidare och gjort förändringar från det tidigare detaljplaneförslaget.



Figur 1 Detaljplaneområdet från väst. I bildens vänstra del syns den nya halvön. Bild: Kanozi

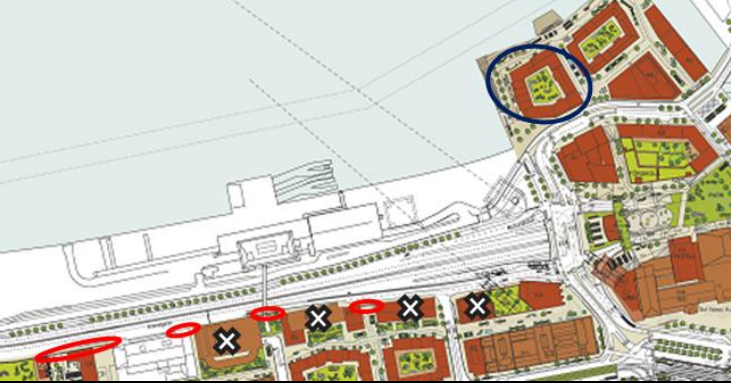
2.2 Syfte

Syftet med detta tillägg är att mera i detalj utreda hur luftkvaliteten påverkas när 95% av tunnelluften bortventileras genom en skorsten/ventilationstorn. Utredningen skulle även belysa hur denna åtgärd skulle påverka luftföroreningshalter i olika höjder över marken vid de planerade höga husen som finns närmast tunnelskorstenen. Resultaten skulle även utvärderas mot MKN med avseende på kvävedioxid år 2025 och partiklar år 2035.

3 Förändringar jämfört med tidigare luftutredning

Förutsättningar som ändrats från tidigare utredning redovisas i Tabell 1.

Tabell 1 Beskrivning av genomförda förändringar i denna beräkning jämfört med tidigare utredning.

Ändring	Beskrivning
Trafik	Uppdaterade trafikmängder för Linnégatan, Masthamnsgatan och Värmlandsgatan. Förändrade hastighet på flera lokalgator. Se Bilaga C för detaljer.
Byggnader	Några av dagens byggnader (kryss i figuren nedan) längs Oscarsleden hade i de tidigare beräkningarna fel höjd och har nu höjts. Bullerskärm har kompletterats eller höjts till 10 m längs Oscarsleden (röda cirklar nedan). Byggnaden i blå cirkel har ändrats både avseende utseende och höjd. 
Andel tunnel-emissioner genom skorsten	Höjning från tidigare 80% till 95% av tunnelemissionerna emitteras genom ventilationsskorstenen. De 5 % resterande tunnelemissionerna som ventileras ut direkt från tunneln går endast genom huvudtunnelmynningen.
Baserat på ovanstående förändringar genomfördes nya spridningsberäkningar enligt samma metodik och samma meteorologi som tidigare.	
Separata spridningsberäkningar genomfördes även för maximala emissioner från Rosenlundsverket (se nedan)	
Tillägg beräkning kall vinter	Spridningsberäkning för Rosenlundsverket med högre emissioner för drift under en kall vinter samt tillhörande meteorologi.

4 Metodik

För spridningsberäkningarna av de nya scenarierna för 2025 och 2035 som presenteras i denna rapport har även emissioner från fartyg vid Masthuggskajen och Rosenlundsverket (med "normal" utsläppsnivå) samt samma lokala urbana bakgrundshalt tagits hänsyn till, på samma sätt som i den tidigare utredningen (Hae-ger-Eugensson m.fl. 2017). Nya beräkningar har även gjorts vid maximala emissioner från Rosenlundsverken i syfte att utreda den vertikala halten vid några punkter. Detaljer kring de nya beräkningarna beskrivs nedan. Bedömning av vilka planerade bostäder som riskerar nås av överskridanden av MKN har gjorts med hjälp av plankarta från Göteborgs Stad (2017).

4.1 Detaljer kring scenarierna

Som komplettering till den tidigare luftutredningen har ytterligare två scenarier tagits fram:

- › Scenario 5. Värsta fall för NO₂, 2025 med 95 % avgasskorsten – Planområdet är fullt utbyggt (rev 2) och Götatunnelns på- och avfarter täckta. 2025 års trafikmängd (rev nov 2017) men emissionsfaktorer (EF) för år 2020. 95 % av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör ventileras ut genom en avgasskorsten.
- › Scenario 6. Värsta fall för PM₁₀, 2035 med 95 % avgasskorsten – Planområdet är fullt utbyggt (rev 2) och Götatunnelns på- och avfarter täckta. 2035 års trafikmängd (rev nov 2017) och emissionsfaktorer (EF) för år 2035. 95 % av emissionerna inne i Götatunnelns västergående rör ventileras ut genom en avgasskorsten.

4.2 Vertikal haltfördelning

I urbana områden minskar generellt halten av NO₂ och PM₁₀ med höjden eftersom den största delen av utsläppen sker i markplan. I planområdet kommer det att byggas många höga hus med upphöjda terrasser och balkonger samtidigt som det förekommer närliggande skorstenar med höjder likartade höjden på byggnaderna. Frågan har därför väckts om det finns risk för höga halter även på högre höjder jämfört med i markplan. Därför har även den vertikala haltbilden undersökts på 6 punkter (se Figur 7). Detta har gjort dels för 3 punkter där avgasskorstenen och plymerna från färjorna vid Masthuggskajen riskerar att påverka (punkterna A-C) dels för 3 punkter där påverkan riskeras från plymen från Rosenlundsverket (punkterna 1-3).

4.2.1 Detaljer Rosenlundsverket

I den tidigare luftutredning har emissioner från Rosenlundsverket beräknats för "normala" vintrar, vilka var baserade på bränsleförbrukning mellan åren 2012-2016. Då det under denna period inte inträffade en riktigt kall vinter omfattades inte de tidigare beräkningarna av de höga emissioner som kan inträffa vid driften under en kall vinter, varför komplettering av detta behövdes. Emissionerna för detta fall är beräknade utifrån en maximal bränsleförbrukning i anläggningen, baserad på år 2010. Spridningsberäkningen för Rosenlundsverket har gjorts för perioden novem-

ber till mars, då det är denna period på året som verket är igång. Denna typ av beräkningar genomförs med den s.k. TAPM-modellen då denna på bästa sätt åskådliggör skorstensplymens utbredning timvis där resultatet timman innan utgör indata till nästkommande timme.

I Tabell 2 jämförs emissioner från Rosenlundsverket för den "normala" och den kalla vintern. Utsläppen blir mellan 4 till 13 gånger högre under en kall vinter, där SO_2 är den parameter som ökar mest.

Tabell 2: Utsläpp av NO_x , stoft och SO_2 från Rosenlundsverket för de två beräknade scenarierna.

Utsläpp från Rosenlundsverket	NO_x (ton/år)	Stoft (ton/år)	SO_2 (ton/år)
Normal vinter	7	0,1	2
Kall vinter	31	0,8	27

4.3 Emissioner från tunnelmynningen med ett ventilationstorn

HBI Haerter och COWI har gjort en separat utredning för att testa genomförbarheten av att i stort sett alla emissionerna i Götatunneln kan ventileras bort genom ett ventilationstorn lokaliserat vid Järnvågen strax utanför tunnelmynningen. Det fullständiga resultatet av tunnelutredningen redovisas i en separat underlagsrapport (Engman m.fl. 2017). Beräkningarna omfattar avluftsventilationen vid Götatunnelns västra mynning.

4.3.1 Sammanfattning av tunnelrapporten

Generellt för ventilation och lufthalter i tunnlar gäller att om ingen forcerad ventilation används genererar bilarna själva ett vindflöde i samma riktning som bilarna åker, s.k. trafikinducerat flöde. Om det förekommer kö inne i tunneln kommer detta flöde bli lågt samtidigt som emissionen inne i tunneln är hög. Tvärt om gäller, om det är fritt flöde inne i tunneln blir luftflödet högt och halterna låga.

Götatunnelns så kallade avluftöppning (förberedd öppning genom vilken avluften ska ledas ut till avgasskorstenen) ligger strax innan avfarten ur tunneln mot Järntorget. Detta gör att utläckage av avgaser från tunneln via både avfartsramper och huvudtunnelmynningen riskeras om enbart utsug via skorsten används som åtgärd. Därför krävs även att fläktar installeras i avfartsramptunneln vilka ska blåsa tillbaka avgaserna in i huvudtunneln och därmed begränsa uttransport via tunnelmynningarna. På samma sätt används de befintliga fläktarna i huvudtunneln vilka kan styras till att blåsa tillbaka avgaserna in i tunneln.

Test och dimensionering av luftflödet med det anpassade tunnelventilationssystemet har simulerats där även yttre (varierande) faktorer som t.ex. trafikbelastning samt aktiv reglering av tunnelventilationen inkluderats. Resultaten validerades mot uppmätta värden på lufthastigheten i tunneln under perioden januari – november 2017.

Med hjälp av modellen analyserades scenarier med tänkbara Extremsituationer, 1) maximal förväntad luftförorening i tunneln (stillastående trafik) respektive 2) maximal förväntad lufthastighet i tunneln (maximal tillåten hastighet). Simuleringen visade att det var nödvändigt med fläktar för att spärra uttransporten av avgaser via tunnelmynningarna. Resultatet av beräkningarna, inklusive effekten av spärr med hjälp av fläktarna, visar att hela det samlade luftflödet i tunneln kan extraheras via ventilationstornet. Detta gäller upp till en lufthastighet i tunneln på ca 3,5 m/s och att även gällande luftkvalitetsgränsvärden för trafikutrymmet (inre tunnelmiljö) följdes. Detta innebär att en utsugningsgrad på 100 procent kan upprätthållas, även under ogynnsamma trafikförhållanden vid prognosåret 2035.

Sammantaget visades att ett avluftsystem enligt föreslagen principlösning med stor sannolikhet är kapabelt att upprätthålla en utsugningsgrad på 100 procent under 95 procent av tiden eller mer. För vidare detaljer se Engman m.fl. 2017.

5 Resultat

Kartorna visar totalhalten där alla källor i området och den lokala urbana bakgrundshalten är inkluderade. För båda scenarier antas att 95 % av alla emissioner ventileras genom avgasskorstenen och resterande 5 % genom tunnelmynningen på huvudtunneln. Inga emissioner antas komma ut via avfartsrampen.

5.1 Scenario 5: NO₂ 2025

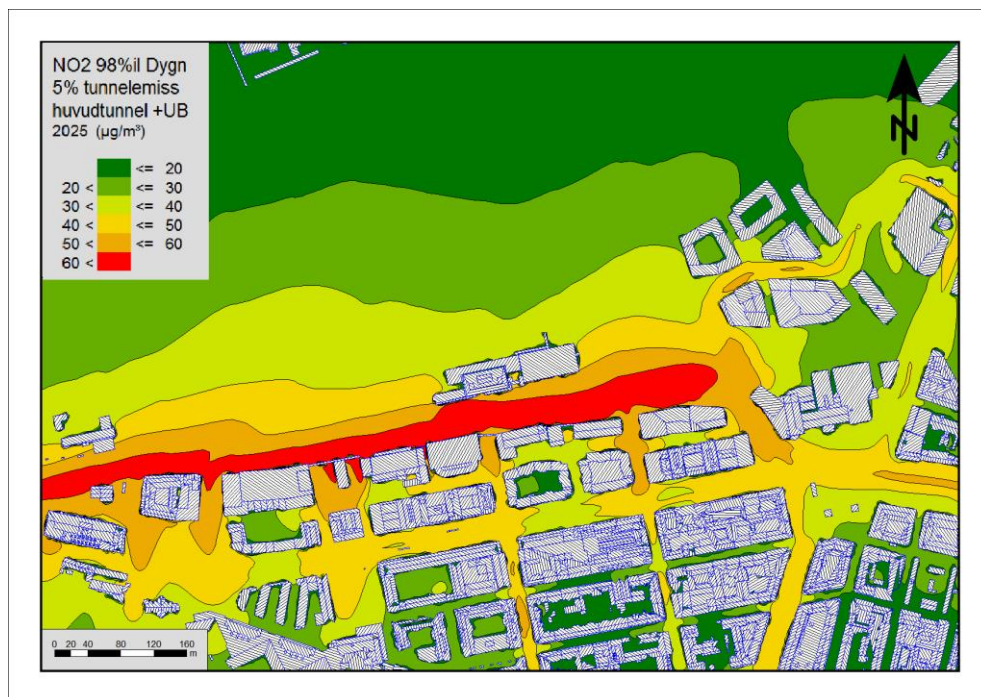
I detta avsnitt presenteras beräkningarna av NO₂-halten för 2025. Scenariot avser ett "värsta fall" med beräkningar baserade på ÅDT för 2025 och emissionsfaktorer för 2020. I Figur 2 visas årsmedelvärdet av NO₂-halten år 2025.



Figur 2 Beräknade NO₂-halter (µg/m³) i markplan år 2025 för årsmedelvärdet. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN (40 µg/m³).

Ur Figur 2 kan läsas att MKN för årsmedelvärdet av NO₂ (40 µg/m³) klaras över i stort sett hela området. Höga halter av NO₂ ses på Oscarsleden och vid vissa av husen närmast leden, där MKN kan komma att tangeras eller i vissa fall överskridas, det gäller parkeringshuset Koffen samt byggnad G2 i planområdet. I parken ovanför Götatunneln och vid byggnaderna närmast norr om tunnelmynningen klaras MKN med god marginal, med halter mellan 15 och 25 µg/m³. På Masthamns-gatan förekommer halter på 15-25 µg/m³ och endast ett fåtal partier får halter över 25 µg/m³. MKN för årsmedelvärdet klaras vid alla planerade bostäder.

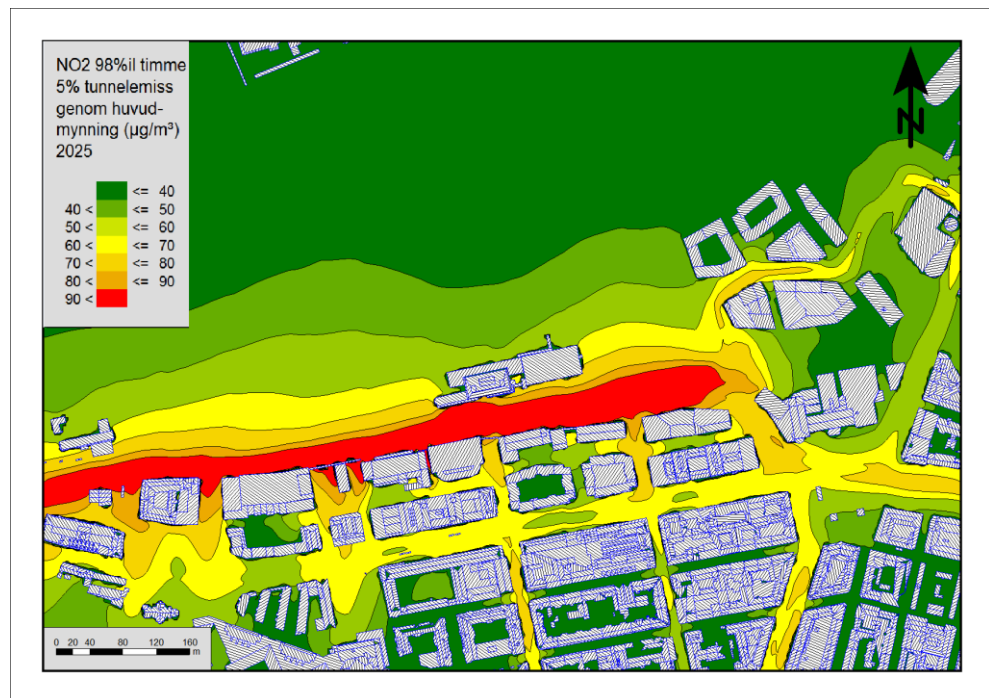
I Figur 3 visas 98-percentilen av dygnsmedelvärdet av NO₂. Här framgår att trots att 95 procent av tunnelemmissionerna ventileras bort via skorsten så är halten hög i anslutning till tunnelmynningen och närmaste delen av leden. Haltnivåerna är dock betydligt lägre än vid tidigare beräkningar i parken ovanför Götatunneln och vid byggnaderna närmast norr om tunnelmynningen där MKN (60 µg/m³) nu klaras med halter mellan 30 och 50 µg/m³. Däremot ses överskridanden eller tangeringar av MKN vid byggnaderna G2, G5, E1, E2, E6, D4 och parkeringshuset Koffen. Några enstaka tungor av halter över MKN når även in bland husen i västra delen av planområdet, främst byggnad G5. Längs Masthamnsgatan varierar halten mellan 30 och under 60 µg/m³. Byggnad E1 är den enda av de för bostäder och kontor planerade byggnaderna som nås av överskridanden av MKN, överskridandet rör fasaden närmast Oscarsleden.



Figur 3 Beräknade NO₂-halter (µg/m³) i markplan år 2025 för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN (60 µg/m³).

I Figur 4 visas 98-percentilen av timmedelvärdet av NO₂. Här framgår att även timmedelvärdet har betydligt lägre halter i parken ovanför Götatunneln och vid byggnaderna närmast norr om tunnelmynningen än vad tidigare beräkningar visat. Här klaras nu MKN (90 µg/m³) överallt. Däremot ses fortfarande att MKN överskrids eller tangeras längs hela Oscarsleden, vid byggnaderna G2, G5, E1, E2, E5,

E6, D1, D4 samt parkeringshuset Koffen. Det förekommer även vissa mindre "snibbar" av höga halter som sprids över planket emellan några av husen från Oscarsleden i höjd med Masthuggstorget, främst vid byggnad G5. Av de byggnader som nås av halter över MKN är det enbart E1 som planeras för bostäder och kontor, överskridandet berör fasaden närmast Oscarsleden.



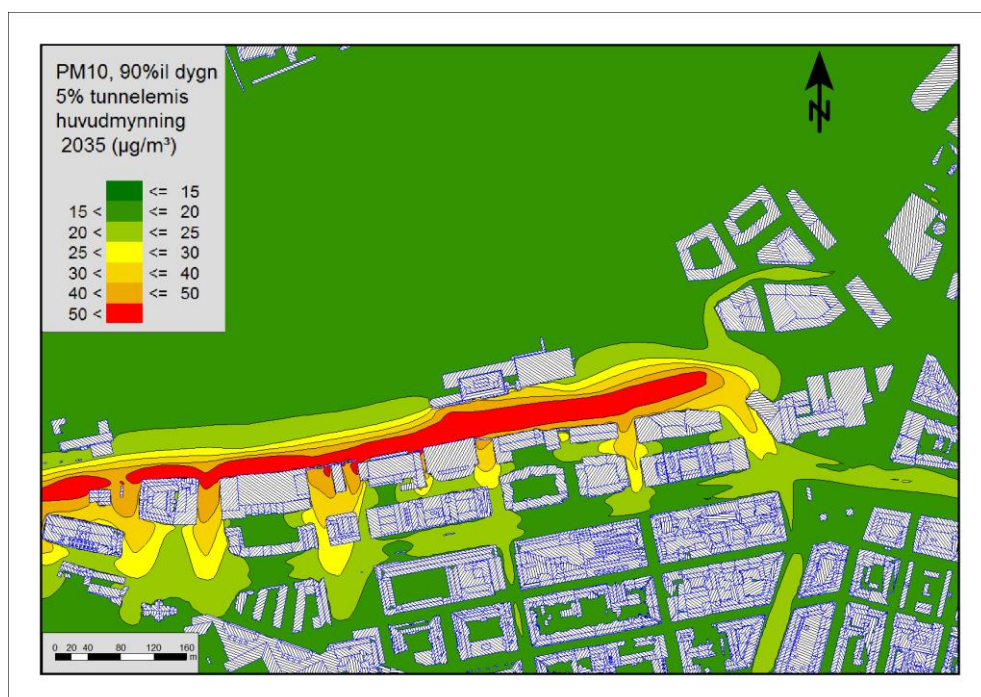
Figur 4 Beräknade NO₂-halter (µg/m³) i markplan år 2025 för 98-percentilen av timmedelvärdet. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN (90 µg/m³).

5.2 Scenario 6: PM₁₀ 2035

I Figur 5 och Figur 6 visas beräknade halter för PM₁₀ för år 2035. Avseende årsmedelvärdet av PM₁₀ framgår av Figur 5 att MKN (40 µg/m³) klaras på de allra flesta platser utom vid några enstaka områden mitt på Oscarsleden. Beräkningen av 90-percentilen av dygnsmedelvärdet för PM₁₀ år 2035 visas i Figur 6. Här kan ses att MKN (50 µg/m³) överskrids eller tangeras längs med större delen av Oscarsleden, vid byggnaderna G2 och G5 samt parkeringshuset Koffen. I parken ovanför Götatunneln och dess närbelägna byggnader klaras dock MKN med god marginal med halter mellan 15 till 25 µg/m³. Längs Masthamnsgatan är halterna mellan 15 och 40 µg/m³. MKN för både årsmedelvärdet och 90-percentilen av dygnsmedelvärdet klaras vid alla planerade bostäder.



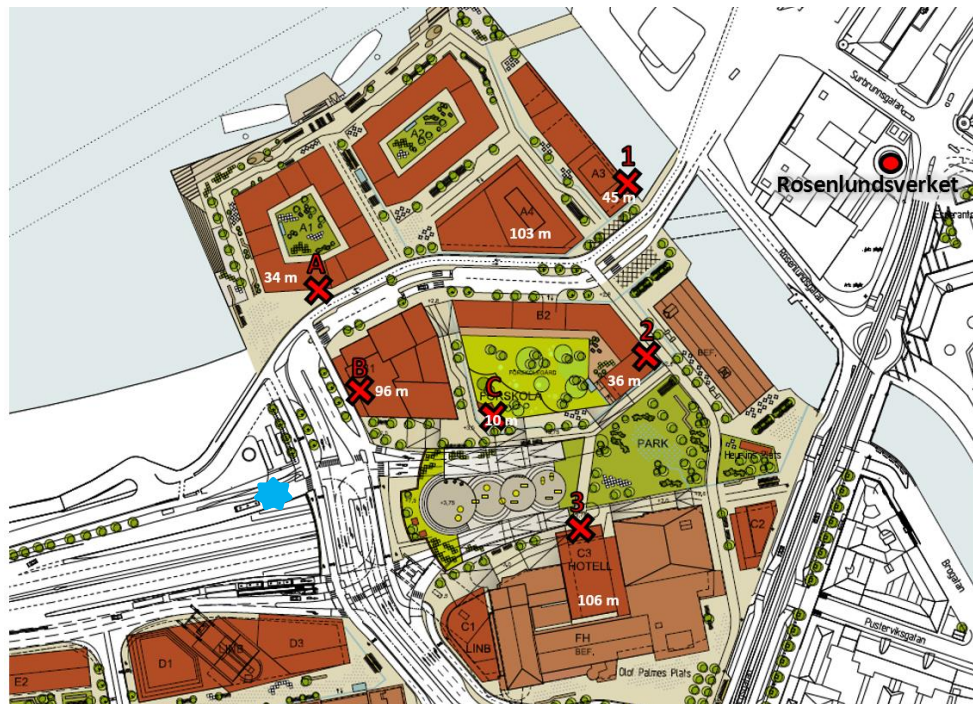
Figur 5 Beräknad total PM_{10} -halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) år 2035 för årsmedelvärdet. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 6 Beräknad total PM_{10} -halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) år 2035 för 90-percentilen av dygnsmedelvärdet. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.3 Vertikala halter

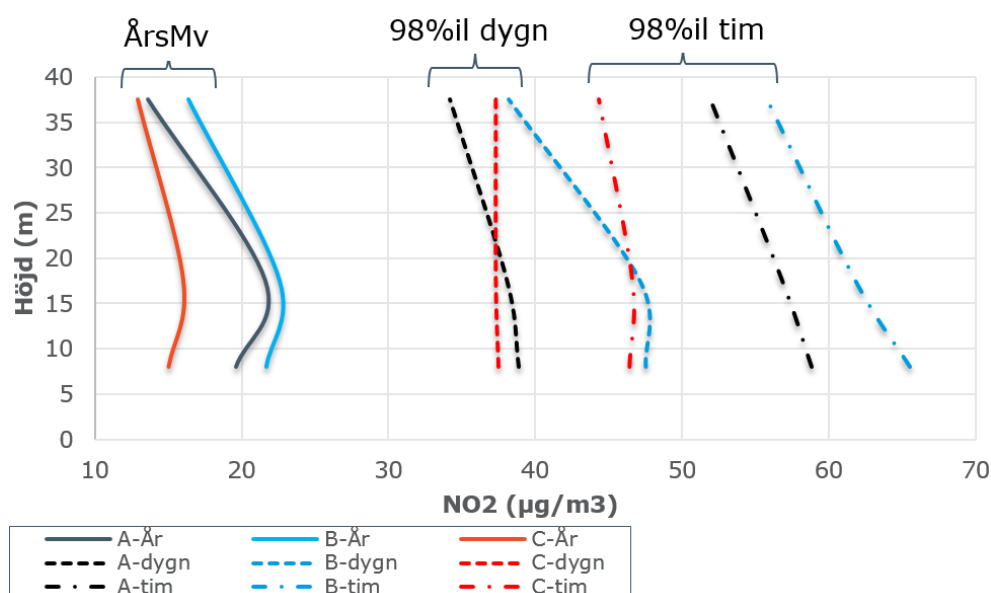
I nedanstående kartbild presenteras lokaliseringen av de 6 punkter där den vertikala haltfördelningen beräknats (Figur 7). Det är dels 3 punkter där avgasskorsten och plymerna från färjorna vid Masthuggskajen riskerar att påverka (punkterna A-C) dels för 3 punkter där påverkan riskeras från plymen från Rosenlundsverket (punkterna 1-3).



Figur 7 Punkter som har analyserats med avseende på vertikala halter visas med röda kryss. Även höjden på de högsta byggnaderna vid punkterna visas. Turkos stjärna visar läget på avgasskorstenen.

5.3.1 Vertikal haltfördelning från avgasskorstenen och färjorna

I Figur 8 visas den vertikala haltfördelningen vid punkterna A-C som totala halten för årsmedelvärdet, 98-percentien för dygnsmedelvärdet och 98-percentien för timmedelvärdet.



Figur 8 Vertikala totala halter vid punkterna A-C.

Det framgår av Figur 8 att MKN ej överskrids på någon nivå. Det framgår även att det vid alla tre punkter kan förekomma något förhöjda halter på omkring 15 meter över marknivå för årsmedelvärdet. För 98-percentilen av dygnsmedelvärdet ses

det ännu tydligare i punkt B där haltnivån är ca $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ högre än motsvarande för punkterna A och C. Orsaken är sannolikt punkt B ligger närmast avgasskorstenen och att plymen härifrån påverkar denna punkt mest.

Vid punkten C kommer en förskola att lokaliseras med en förskolegård på 10 meters höjd. Av figuren framgår att det här inte är någon skillnad på haltnivån i markplan jämfört med högre upp.

Av Figur 8 framgår också att det för 98-percentilen för timmedelvärdet är lägst halter vid punkt C och högst vid B. Mönstret med haltökning på 15 meter ses inte vid någon av punkterna, orsaken är sannolikt att det främst är de marknära emissionerna och dess vertikala spridning som bestämmer haltmönstret vid extremsituationer, vilka är dessa som fångas vid 98-percentilberäkningen (exv. inversionstillfällen).

5.3.2 Vertikal haltfördelning från Rosenlundsverket

Diagrammen i Figur 9 och Figur 10 visar frekvensen av NO_2 -halter under de kalla månaderna från november till mars för de tre punkterna markerade i Figur 7 och för olika höjder. På x-axeln visas olika haltintervall, dvs. 0 till $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 5 till $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ osv. Y-axeln anger hur ofta (dvs. hur många timmar) mellan november och mars halterna ligger inom en viss haltintervall. Staplarna har olika färger vilka anger de olika höjdnivåerna mellan 10 och 200 m. Staplarnas höjd representerar antal tillfällen i varje haltintervall.

Normal vinter:

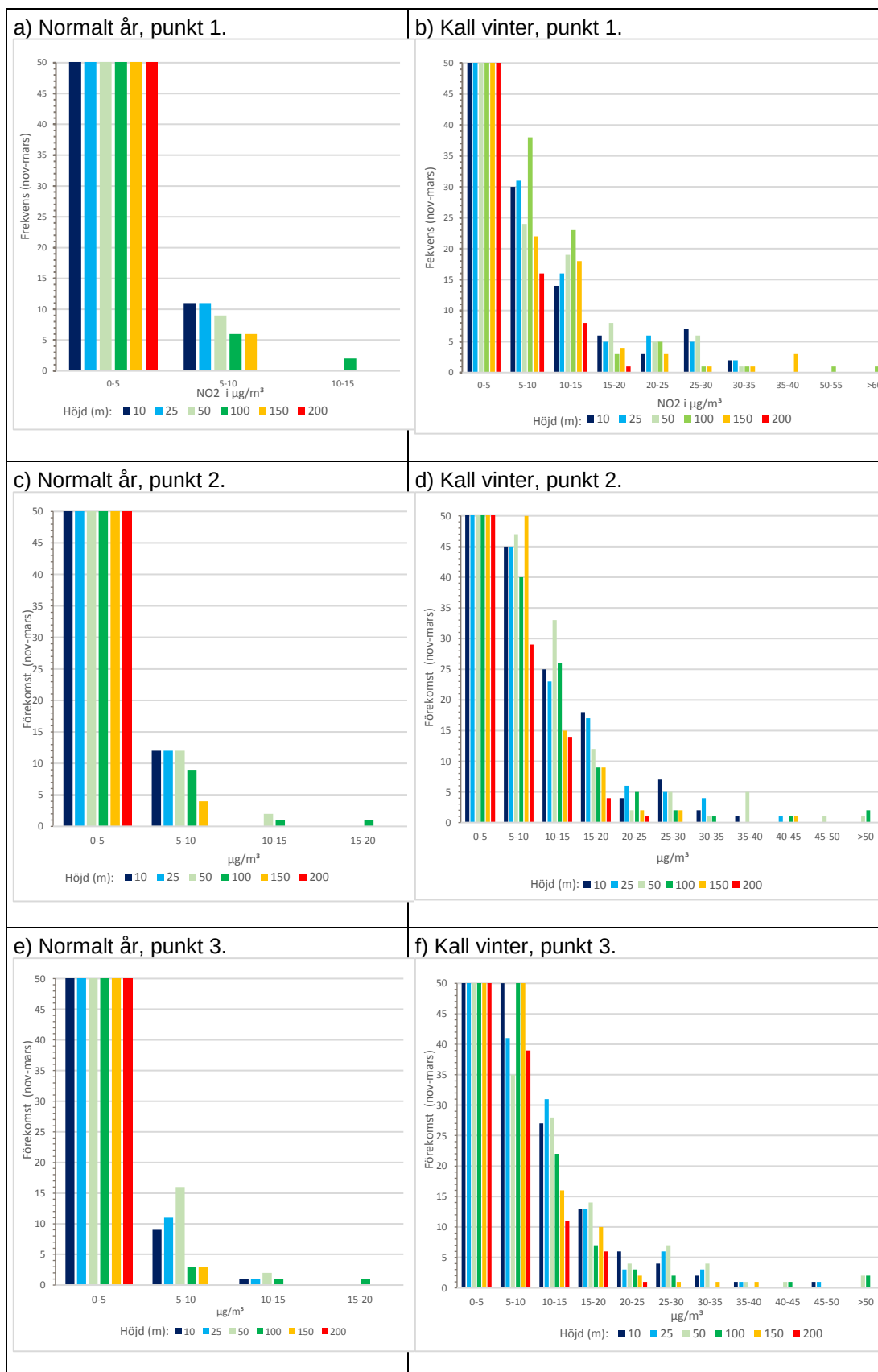
För normalåret visar beräkningen att låga NO_2 -haltbidrag (dvs. 0 till $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) förekommer på alla nivåer från markplan till 150 m, medan det högsta haltbidraget (10 till $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) endast återfinns på nivå 100 m och då endast under 2 timmar. Om alla övriga haltbidrag, beräknade som 98-percentil timme, adderas till respektive nivå överskrids inte MKN för 98-percentil timme i någon av punkterna. Bedömningen är därmed att haltbidraget från Rosenlundsverket under normala vintermånaderna inte kan orsaka överskridanden av MKN (98-percentilen av timmedelvärdet) på någon nivå även när alla övriga haltbidrag adderas.

SO_2 -haltbidraget (Figur 10) för ett normalår är mycket litet, endast 0 till $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i alla nivåer och vid alla tre byggnader (Punkt 1, 2 och 3 i Figur 7). Då SO_2 -halter generellt är mycket låga idag är bedömningen att det inte finns någon risk för överskridanden av MKN avseende SO_2 .

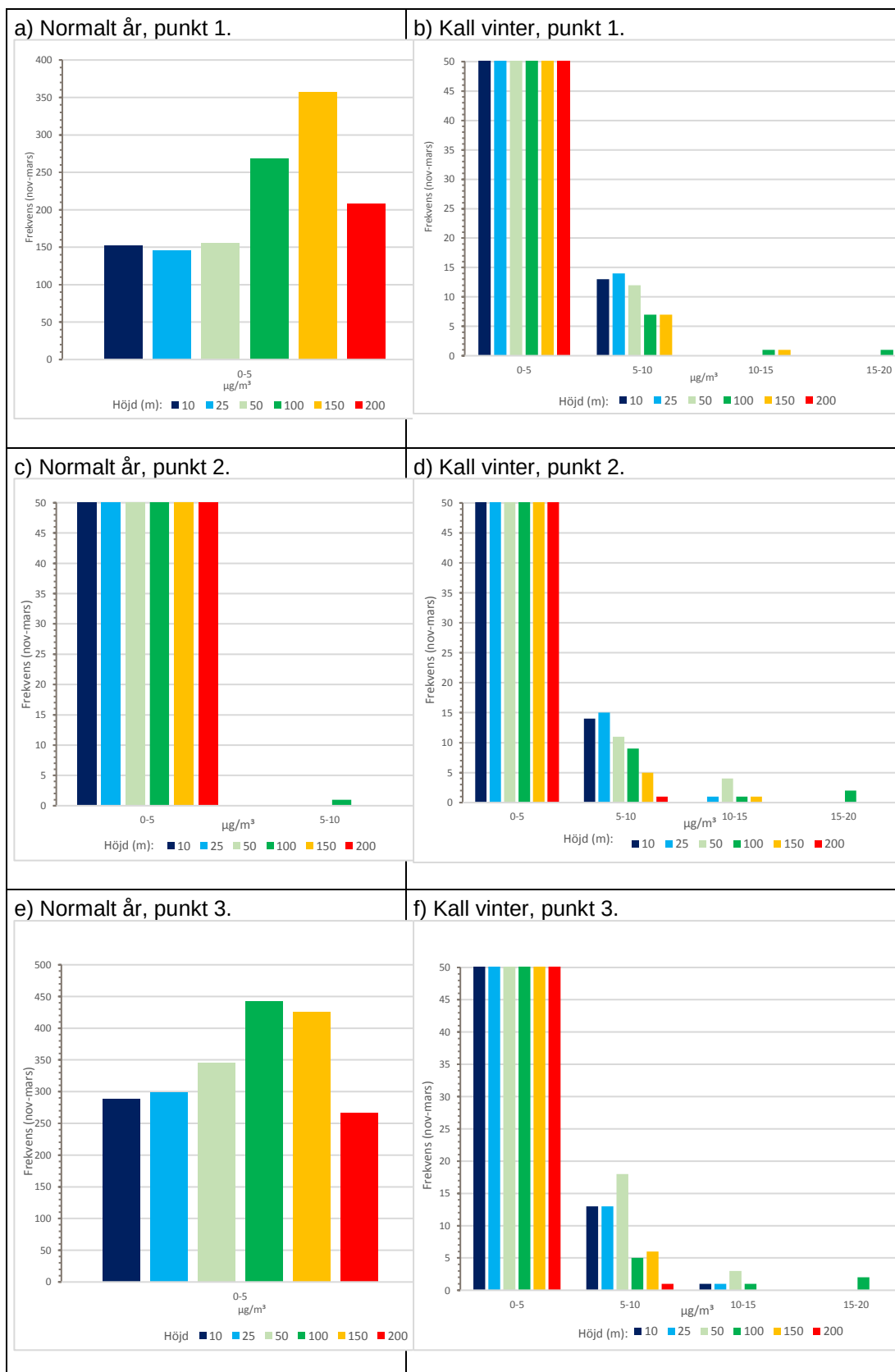
Kall vinter:

Under en kall vinter är utsläppen högre, vilket generellt ger högre halter. Vid de tre punkterna återfinns de högst halter på 50 och/eller 100 meter. Under enstaka timmar kan NO_2 -halten överstiga $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på nivåerna på 100 till 150 meter. På 10 meter är det mycket få timmar med haltbidrag över $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Under kalla vintrar kan NO_2 -tillskottet från Rosenlundsverket vara relativt högt på de högre nivåerna men endast under enstaka timmar. Höghaltstillfällena är dock mycket få, bedömningen är därför att risken för att NO_2 -tillskottet från Rosenlundsverket ska orsaka överskridanden av MKN (98-percentilen av timmedelvärdet) är låg, på alla nivåer.

En kall vinter är SO_2 -haltbidraget något högre än under en normal vinter, dock långt under MKN-gränserna.



Figur 9 NO₂-haltbidrag från Rosenlundverket i olika höjder över marken. Staplarna visar hur ofta haltintervallerna förekommer för a) ett normalår vid punkt 1, b) för en kall vinter vid punkt 1; c) för ett normalår vid punkt 2, d) för en kall vinter vid punkt 2; e) för ett normalår vid punkt 3, f) för en kall vinter vid punkt 3.



Figur 10. SO₂-haltbidrag från Rosenlundsverket i olika höjder över marken. Staplarna visar hur ofta haltintervallerna förekommer för a) ett normalår vid punkt 1, b) för en kall vinter vid punkt 1; c) för ett normalår vid punkt 2, d) för en kall vinter vid punkt 2; e) för ett normalår vid punkt 3, f) för en kall vinter vid punkt 3.

6 Diskussion

Ventilationstorn som åtgärd

Den tidigare luftutredningen visade höga luftföroreningshalter för framtida förhållanden 2025 med överskridanden av MKN för både NO₂ och PM₁₀ i stora delar av planområdet. Som åtgärd föreslogs ett 20 m hög ventilationstorn lokaliserat väster om tunnelmynningen för att ventileras bort trafikemissioner som uppstår i Götatunnelns västergående rör. I denna tidigare översiktliga utredning av ventilationstornet gjordes tester där 80 procent respektive 100 procent av tunnelemissionerna skulle ventileras genom skorsten för att visa på potentialen av en sådan åtgärd. Det visades sig då att om 100 procent leddes ut så skulle haltnivåerna sjunka betydligt och vid få platser överskrida MKN. Vid 80 procents utluftning skulle halterna inte sjunka tillräckligt. I nuvarande utredning har därför effekten av ventilationstornet på luftsituationen i planområdet studerats mer i detalj, närmare bestämt fallet när 95 procent av tunnelemissionerna ventileras bort genom skorsten.

För att undersöka om det är tekniskt möjligt och realistisk att släppa ut en så stor andel av tunnelemissionerna via en skorsten har en teknisk underlagsrapport (Engman m.fl. 2017) tagits fram för att närmare undersöka ventilationens verkningsgrad i Götatunneln. Rapportens slutsats är att det är genomförbart att ventileras bort 95 procent av tunnelemissionerna genom ett ventilationstorn. Detta gäller även under för ventilationsanläggningen extrema förhållanden, dvs. stillastående trafik i Götatunneln och situationen när många bilar kan köra med maximal tillåten hastighet (70 km/h) genom tunneln. Det första fallet innebär att ventilationsanläggningen måste hinna ventileras ut kraftigt förorenad tunnelluft, i det andra fallet krävs att fläktarna håller emot tunnelluften som bilarna drar ut när de lämnar tunneln i hastigheten 70 km/h. Baserat på ventilationsutredningen har två nya scenarier tagits fram i denna tilläggsutredning där förutsättningen har varit att 95 procent av emissionerna i Götatunnelns västergående rör leds ut genom ett ventilationstorn.

Med ventilationstornet flyttas en stor del av tunnelutsläppen från tunnelmynningen i marknivå till en upphöjd punkt ovanför mark. När utsläppen lyfts upp från marken och släpps ut genom en skorsten på högre höjd (20 m) förbättras spridningen eftersom vindhastigheten är högre vilket ger lägre halter än om motsvarande mängd släpps ut i marknivå.

Simulerade NO₂ halter år 2025

Vid jämförelse mellan spridningsberäkningarna i den tidigare utredningen (Haeger-Eugensson m.fl. 2017) är halterna som redovisas här i många fall betydligt lägre. Flera faktorer har bidragit till denna förändring. Här har åtgärden att leda bort 95 procent av tunnelemissionerna genom en skorsten den absolut största effekten, men även att det inte är några emissioner ifrån avfartsrampstunneln har effekt. Det är också lägre emissioner på Masthamnsgatan till följd av ändrad trafik samt slutligen ändrade byggnadshöjder vilket generellt har haft positiv inverkan på luftkvaliteten i området. Åtgärderna har mest påverkat området kring tunnelmynningen där den tydligaste förbättringen har skett.

Scenariot i denna tillägsrapport avser motsvarande "worst-case" scenario som i den tidigare utredningen, med ÅDT för år 2025, kombinerat med emissionsfaktorer av (NO_x) för 2020. Med detta scenario tas hänsyn till att utsläppen från biltrafiken

eventuellt inte minskar i den takten som förväntas av emissionsmodellen. Resultaten av "worst-case"-beräkningen för år 2025 med bortventilering av 95 procent av tunnelemissionerna visar att MKN för årsmedelvärdet ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) klaras över i stort sett hela området.

Överskridanden av MKN består dock på vissa ställen längs med Oscarsleden och MKN tangeras eller överskrids vid byggnad G2 och parkeringshuset Koffen. Tack vare den förbättrade bortventileringen förbättras luftkvaliteten avsevärt vid tunnelmynningen och parken ovanför Götatunneln får här låga halter. Åtgärden förbättrar därmed luftkvaliteten väsentligt i området jämfört med Scenario 3 i den tidigare rapporten, där 80 procent av tunnelutsläppen ventileras bort genom skorstenen. Väster om tunnelmynningen är det däremot utsläppen från Oscarsleden som dominerar NO_2 -haltbidraget i området. MKN klaras vid alla planerade bostäder.

Avseende 98-percentilen av dygnsmedelvärdet så har åtgärden sänkt haltnivåerna jämfört med tidigare beräkningar i parken ovanför Götatunneln och vid byggnaderna närmast norr om tunnelmynningen där MKN ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nu klaras med halter mellan 30 och $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. MKN överskrids eller tangeras dock vid byggnaderna G2, G5, E1, E2, E6, D4 och parkeringshuset Koffen. Av de nämnda byggnaderna är det bara E1 som planeras för bostäder och kontor, överskridandet rör fasaden närmast Oscarsleden.

För 98-percentilen av timmedelvärdet ger åtgärden också en förbättring närmast tunnelmynningen där områden med överskridanden eller tangerande av MKN ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) inte längre når lika nära de planerade byggnaderna ovanför tunnelmynningen. Över lag är halterna i parken ovanför Götatunnelns mynning låga. MKN kan dock tangeras eller överskridas vid byggnaderna G2, G5, E1, E2, E5, E6, D1, D4 och parkeringshuset Koffen. Av de nämnda byggnaderna är det bara E1 som planeras för bostäder och kontor, överskridandet rör fasaden närmast Oscarsleden.

Simulerade PM_{10} halter år 2035

Beräkningar visar att det inte finns någon risk för överskridanden av MKN avseende PM_{10} årsmedelvärde ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vid tunnelmynningen. Några överskridanden förekommer längs med Oscarsleden där gaturummet är stängt och spridningen är begränsad (t.ex. i höjd med Stenaterminalen). Även här visar beräkningen att vid 95 procents bortventilering av luftföroreningar via ventilationstornet så förbättras läget närmast tunnelmynningen och ger låga partikelhalter i området. MKN klaras vid alla planerade bostäder.

Enligt beräkningarna kommer MKN avseende 90-percentilen av dygnsmedelvärdet av PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) att överskridas eller tangeras längs med hela Oscarsleden år 2035, det gäller byggnaderna G2, G5 och parkeringshuset Koffen. Jämfört med den tidigare beräkningen är halterna i detta scenario lägre närmast tunnelmynningen och området med överskridandet av MKN har minskat. Även tangerandet av MKN på delar Masthamnsgatan i höjd med tunnelmynningen har minskat, vilket även kan beror på den lägre antagna trafiken längs denna gata. MKN klaras vid alla planerade bostäder.

Vertikala halter

Då ventilationstornet kommer vara placerat i nära anslutning till tunnelmynningen väster om den nya halvön där de högsta byggnaderna planeras efterfrågas en detaljerad utredning avseende ventilationstornets effekt på den vertikala haltfördelningen i denna del av planområdet. Med ventilationstornet flyttas emissioner från tunnelöppningen i marknivå till en upphöjd punktkälla där spridningsförutsättningar är mycket mer gynnsamma. Ventilationstornets placering är dock i närheten av de planerade byggnader som i vissa fall ganska höga varför dessa skulle kunna påverkas av utsläppen från tornet. Analysen av NO_2 -halterna på olika nivåer över marken visar dock att det inte finns några överskridanden av MKN på någon nivå, men att det kan förekomma något förhöjda årsmedelvärden på omkring 15 meter över marken vid alla tre punkter som har studerats. Spridningen från en upphöjd punktkälla är betydligt effektivare än från marknära källor i gaturum vilket förklarar att utsläppen från ventilationstornet inte resulterar i högre halter i ventilationstornets höjd.

Även Rosenlundverkets påverkan har studerats vid tre byggnader på östra sidan av den nya "halvön" (Figur 7). Då driften av värmeverket varierar mycket mellan "normala" vintrar och kalla vintrar har två scenarier studerats. I det ena fallet var utgångspunkten Rosenlundswerkets bränsleförbrukning under en normal vinter, i det andra fallet under en kall vinter. I normala vintrar är NO_2 bidraget lågt i alla nivåer upp till 150 m, något högre halter under ett fåtal timmar förekommer på 100 meters nivå. Då utsläppen under en kall vinter är betydligt högre blir även halterna generellt högre. Vid de studerade punkterna återfinns de högsta halterna på 50 och/eller 100 m höjd. Under kalla vintrar kan NO_2 -tillskottet från Rosenlundswerket vara relativt högt på de högre nivåerna, ca 100 m, men endast under enstaka timmar, vilket innebär låg sannolikhet för överskridanden av MKN för 98-percentilen av timmedelvärdet. SO_2 -utsläppen resulterar i båda scenarier i halter som med mycket god marginal klarar MKN för SO_2 .

7 Referenser

Haeger-Eugensson m.fl. (2017). *Luftkvalitetsutredning till detaljplan för Järnvågs-gatan m.fl. inom stadsdelen Masthugget*, Underlagsrapport för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad. COWI-rapport A096695 v.1.

Engman m.fl. (2017). *Beräkningar för avluftventilation vid Götatunnelns västra mynning – underlagsrapport*. COWI/HBI.

Göteborg Energi (2017). Mailkontakt april 2017.

Göteborgs Stad (2017), Plan- och byggprojekt, [http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Masthugget%20-%20J%C3%A4rnv%C3%A5sgatan-Plan%20-%20granskning-Plankartor/\\$File/01_1_Plankartor%20A3_1-2.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Masthugget%20-%20J%C3%A4rnv%C3%A5sgatan-Plan%20-%20granskning-Plankartor/$File/01_1_Plankartor%20A3_1-2.pdf?OpenElement) Hämtad 17-12-05

Lenschow m. fl.. (2001): Some ideas about the sources of PM₁₀. *Atmospheric Environment* 35 Supplement No. 1 (2001) S23–S33

Miljöförvaltningen Göteborg (2017). Mailkontakt april-maj 2017.

Naturvårdsverket (2014). *Luftguiden Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft*. 2014:1.

Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad (2017). Mailkontakt april-juni 2017.

Trafikkontoret Göteborgs Stad, Karin Björklind (2016). *Trafikflödesinformation för mätningar i Götatunneln för åren 2012-2015*.

Trafikkontoret Göteborgs Stad, (2013). Trafikmängder på olika gator, <http://www.statistik.tkbg.se/> hämtad maj 2017.

Trafikverket (2016). *Uppräkningstal för EVA 2014-2040-2060*. PM daterat 2016-03-11.

Trafikverket (2014). *Väghtrafikflödeskartan*. <http://vtf.trafikverket.se/> hämtad maj 2017

Bilaga A Beskrivning MISKAM-modellen

MISKAM (Microscale Climate and Dispersion Model). MISKAM-modellen är en av de idag mest sofistikerade modellerna för beräkning av spridning avseende luftföroreningar i mikroskala. Det är en tredimensionell dispersionsmodell som kan beräkna vind- och haltfördelningen med hög upplösning i allt från gaturum och vägavsnitt till kvarter eller i del av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tre-dimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under flow d.v.s. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt eller linje- eller ytkällor.

Modellen simulerar ett tredimensionellt vindfält över beräkningsområdet varför t.ex. turbulens runt hus samt s.k. trafikinducerad turbulens och därmed marknära strömningsförhållanden återges på ett realistiskt sätt. Denna typ av modell lämpar sig därmed väl även för beräkningar inom tätbebyggda områden där beräkning av haltnivåer ner i markplan skall utföras.

MISKAM är speciellt anpassad för planering i planeringsprocesser av nya vägdragningar eller nybyggnation i urbana områden. Modellen är utvecklad av The Institut für Physik der Atmosphäre of the University of Mainz.

MISKAM-modellen ingår i ett modellsystem s.k. SoundPLAN där även externbuller kan beräknas. Programmet kan räkna i enlighet med alla större internationella standarder, inklusive nordiska beräkningsmetoder för buller från industri, vägtrafik och tågtrafik. Resultatet kan bestämmas i enskilda punkter eller skrivas ut som färgkartor för större ytor.

Bilaga B Miljökvalitetsnormer och nationella miljömål

Miljökvalitetsnormer

I samband med att Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999 infördes miljökvalitetsnormer som ett nytt styrmedel i svensk miljö rätt. Systemet med miljökvalitetsnormer regleras framförallt i Miljöbalkens 5:e kapitel. Till skillnad mot gränsvärden och riktvärden skall miljökvalitetsnormerna enbart ta fasta på vad människan och naturen tål utan hänsyn till ekonomiska intressen eller tekniska förhållanden. En norm kan meddelas om det behövs för att i förebyggande syfte eller varaktigt skydda människors hälsa eller miljön. De kan även användas för att återställa redan uppkomna skador på miljön.

De miljökvalitetsnormer (MKN) som först fastställdes i svensk lagstiftning behandlade högsta tillåtna halter i utomhusluft av svaveldioxid, kvävedioxid och bly (SFS 1998:897). Den 19 juli 2001 trädde en ny förordning om miljökvalitetsnormer i kraft (SFS 2001:527). Denna ersatte den gamla förordningen och behandlade normer för bl.a. kvävedioxid och partiklar (PM₁₀). Förordningen har uppdaterats vid ett antal tillfällen och idag gäller Luftkvalitetsförordningen SFS 2010:477 och Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet, NFS 2013:11.

MKN anger maximalt tillåtna halter för medelvärdet över hela året samt för höghaltstillfällen som kan vara över ett dygn eller en timme. För dessa anges maximala halter som 90- eller 98-percentiler för dygn och timme, dvs. endast 10 % respektive 2 % av alla värden får överskrida normvärdet. Exempelvis får ett dygnsmedelvärde för NO₂ inte överskrida 60 µg/m³ i mer än 2 % av årets alla dygn, vilket motsvarar ca en vecka. Normernas nivåer för årsmedelvärde är satta för att skydda mot långtidsexponering, medan nivåerna för dygn och timmar är satta för att ge skydd även mot korttidsexponering.

Gällande miljökvalitetsnormer för NO₂ och PM₁₀ redovisas i Tabell B:1 och B:2

Tabell B:1 Miljökvalitetsnormer för NO₂ i utomhusluft.

Medelvärdestid	Värde (µg/m ³)	Anmärkning
För skydd av människors hälsa		
1 timme	90	Får överskridas högst 175 timmar per år (98-percentil) *
1 dygn	60	Får överskridas högst 7 dygn per år (98-percentil)
1 år	40	-

* Förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

Tabell B:2 Miljökvalitetsnormer för PM₁₀ i utomhusluft.

Medelvärdestid	Värde (µg/m ³)	Anmärkning
1 dygn	50	Får överskridas högst 35 dygn per år (90-percentil)
1 år	40	–

På följande platser anser Naturvårdsverket att MKN till skydd för människors hälsa inte bör tillämpas:

- luften på vägbanan som enbart fordonsresenärer exponeras för (normerna ska dock tillämpas för luften som cyklister och gående exponeras för på trottoarer och cykelvägar längs med vägar och i vägars mittremsa)
- där människor normalt inte vistas (t.ex. inom vägområdet längs med större vägar förutsatt att gång- och cykelbanor ej är lokaliserade där)
- i belastade mikromiljöer, t.ex. i direkt anslutning till korsning eller vid stationär förorenad frånluft (exempelvis från tunnel). I gatumiljö bör därför luften där normer tillämpas vara representativ för en gatusträcka på minst 100 meter.

I Luftkvalitetsförordningen anges att varje kommun ska kontrollera att MKN följs i kommunen, och att kontrollerna får bedrivas i samverkan med andra kommuner. Det finns en nedre och en övre utvärderingströskel för varje MKN, vilka tillsammans med kommunens befolkningsmängd samt huruvida kommunen samverkar eller ej anger kravet på kontrollernas omfattning. Den övre utvärderingströskeln (ÖUT) indikerar att luftkvaliteten behöver övervakas genom mätningar (halter > övre utvärderings-tröskeln). Om halterna ligger mellan övre och nedre utvärderingströskeln (NUT) är en kombination av mätningar och modellberäkningar tillräckligt.

Tabell B:3 Utvärderingströsklar för miljökvalitetsnormer, avser skydd av människors hälsa om ej annat anges.

Förorening	Medelvärdestid	Utvärderingströsklar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		Nedre (NUT)	Övre (ÖUT)
NO ₂	1 timme ¹⁾	54	72
	1 dygn ²⁾	36	48
	1 år	26	32
PM ₁₀	1 dygn ³⁾	25	35
	1 år	20	28

1) Överskrids mer än 175 timmar under ett kalenderår

2) Överskrids mer än 7 dygn under ett kalenderår

3) Överskrids mer än 35 dygn under ett kalenderår

Miljökvalitetsmål

Det svenska miljöarbetet styrs även av miljömålssystemet, som omfattar ett generationsmål, 16 miljökvalitetsmål och 24 etappmål. Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljökvalitetsmålen ska nås. Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till. Det finns även preciseringar av miljökvalitetsmålen. Preciseringarna förtydligar målen och används i det löpande uppföljningsarbetet av målen. Ett av de 16 miljökvalitetsmålen, *Frisk luft*, berör direkt halter i luft av olika föroreningar och definieras enligt följande: "Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas". Miljökvali-

tetsmålet Frisk luft är preciserat med luftföroreningshalter som inte ska överskridas, varav ett urval kan ses i Tabell B:4.

Tabell B:4 *Preciseringar av det nationella miljö kvalitetsmålet Frisk luft.*

Förorening	Medel- värdestid	Miljö kvalitets- mål ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anmärkning
NO ₂	1 timme	60	Får överskridas högst 175 timmar per år (98-percentil)
	1 år	20	–
PM ₁₀	1 dygn	30	–
	1 år	15	–

Referenser

Miljömålsportalen, Naturvårdsverket <http://www.miljomal.se/>

SFS 2001:112 och SFS 2001:527 (2001), Förordning om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft.

SFS 2010:477, Uppdaterad förordning om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft.

Bilaga C Planområdet



Bilaga D Trafikuppgifter

Källa	Gata	ÅDT			Andel tung trafik			Skyltad hastighet	
		2016	2025	2035	2016	2025	2035	2016	2025/35
A, E	Linnégatan	10 170	8 000 (6 500)	6 500	10 %	5 %	10 %	50	50 (40)
A, E	Värmlandsgatan, södra segmentet	5 400	6 000	4 000 (7 000)	5 %	5 %	5 %	50	50 (40)
A, E	Första Långgatan	5 580	6 000	3 000	10 %	5 %	10 %	50	50 (40)
A, E	Nya Allén/Norra Allégatan	15 390	15 000	10 000	10 %	5 %	10 %	50	50 (40)
A, E	Järnvågsgatan	21 960	18 000	14 000	5 %	5 %	5 %	50	50 (40)
A	Påfart Götaleden (E45) österut	7 500	7 500	7 500	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Avfart Götaleden (E45) västerut	6 500	6 500	6 500	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Avfart Oscarsleden (E45) österut	9 000	9 000	9 000	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Påfart Oscarsleden (E45) västerut	6 000	6 000	6 000	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Emigrantvägen, östra segmentet	8 100	9 000	9 000	10 %	7 %	10 %	50	50 (40)
A, E	Värmlandsgatan, norra segmentet	0	2 000 (3 000)	2 000 (3 000)	0 %	5 %	0 %	50	50 (40)
A, E	Olof Palmes plats	15 390	15 000	12 000	10 %	5 %	10 %	50	50 (40)
A, E	Skeppsbron	5 400	6 000	5 000	10 %	7 %	10 %	50	50 (40)
A, E	Stora Badhusgatan	5 940	7 000	6 000	10 %	7 %	10 %	50	50 (40)
A, E	Järntorgsgatan	4 500	4 500	3 500	5 %	5 %	5 %	50	50 (40)
A, E	Stigbergsliden	3 150	3 000	2 500	5 %	5 %	5 %	50	50 (40)
A, E	Oskarsgatan	2 340	4 000	3 500	10 %	5 %	10 %	50	50 (40)
A, E	Emigrantvägen, västra segmentet	1 170	1 500	1 500	10 %	5 %	10 %	50	50 (40)
A, B	Oscarsleden (E45)	52 010	57 420	64 140	10 %	11 %	10 %	70	70
A, E	Surbrunnsgatan	5 940	6 000	5 000	10 %	7 %	10 %	50	50 (40)
A, E	"Andra Långgatan" ut på Andrégatan	0	4 500	4 000	0 %	7 %	0 %	0	50 (40)
C, E	Masthamnsgatan	1 900	500 (1 900)	500 (1 900)	4 %	4 %	4 %	50	50 (40)
A, E	Nordhemsgatan Norr om 1a lång	5 130	6 000	6 000	5 %	5 %	5 %	50	50 (40)
A, E	Nordhemsgatan Söder om 1a lång	1 350	2 500	2 000	5 %	5 %	5 %	40	50 (40)
D	Götatunneln	53 070	60 700	67 010	12 %	11 %	11 %	70	80

Vissa trafikuppgifterna i denna Bilaga D uppdaterades i september 2017. De uppdaterade siffrorna är angivna i kursiv stil med ursprungssiffran inom parentes

Källa	Gata	ÅDT Buss			ÅDT Spårvagn		
		2016	2025	2035	2016	2025	2035
A	Linnégatan	42	42	42	187	187	160
A	Första långgatan	0	0	48	307	307	240
A	Nya Allén/Norra Allégatan	0	0	0	0	0	293
A	Järnvågsgatan	0	42	42	0	0	0
A	Påfart Götaleden (E45) österut	4	4	24	0	0	0
A	Avfart Götaleden (E45) västerut	4	4	24	0	0	0
A	Avfart Oscarsleden (E45) österut	32	41	61	0	0	0
A	Påfart Oscarsleden (E45) västerut	32	41	61	0	0	0
A	Emigrantvägen, östra segmentet	88	46	46	0	0	0
A	Skeppsbron	88	46	46	0	0	0
A	Stora Badhusgatan	88	88	88	173	173	107
A	Järntorgsgatan	0	42	42	173	173	107
A	Stigbergsliden	0	0	0	307	307	240
A	Oscarsleden (E45)	64	100	64	0	0	0
A	Surbrunnsgatan	88	46	88	0	0	0
A	Götatunneln (för tunnelemissioner)	0	100	100	0	0	0

Referenser

A – Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, maj 2017. Mailkontakt.

B – Trafikverket, 2014. Vägtrafikflödeskartan. <http://vtf.trafikverket.se/> hämtad maj 2017. ÅDT-siffra uppräknad mha Trafikverkets uppräkningsstal för EVA 2014-2040-2060. PM dat. 2016-03-11.

C – Trafikkontoret Göteborgs Stad, 2013. Trafikmängder på olika gator, <http://www.statistik.tkgbg.se/M/Masthamnsgatan.html> hämtad maj 2017

D – COWI, juni 2016. Luftkvalitetsutredning för bebyggelse ovanpå Götaleden. Underlagsrapport för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad.

E – Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, september 2017. Mailkontakt.

Bilaga E Halkartor

Nedanstående figurer är samma som i huvudrapporten men här i större format.



Figur E-1. Beräknade NO₂-halter (µg/m³) i markplan år 2025 för årsmedelvärdet. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN (40 µg/m³).



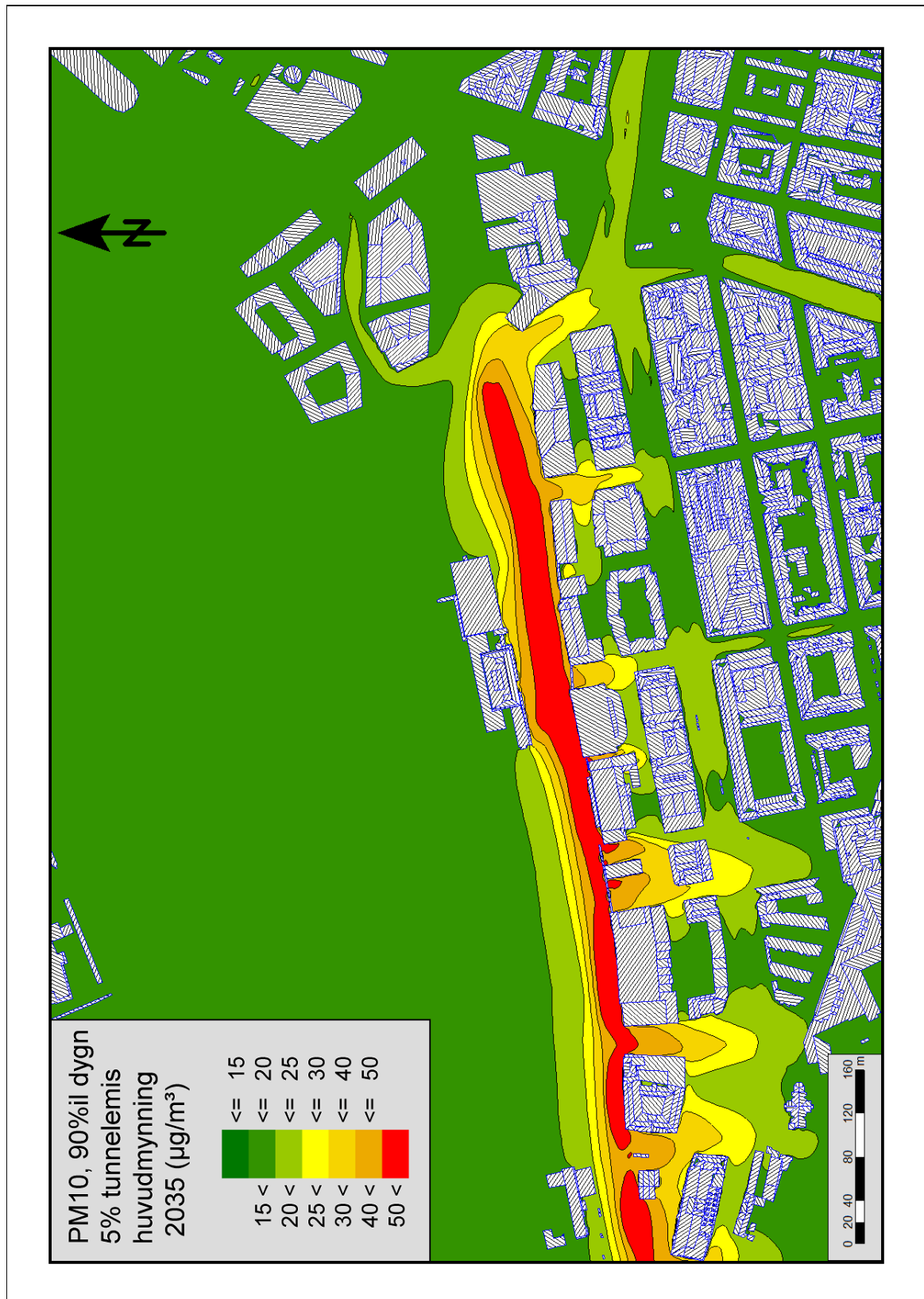
Figur E-2. Beräknade NO₂-halter (µg/m³) i markplan år 2025 för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN (60 µg/m³).



Figur E-3. Beräknade NO₂-halter (µg/m³) i markplan år 2025 för 98-percentilen av timmedelvärde. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN (90 µg/m³).



Figur E-4 Beräknad total PM_{10} -halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) år 2035 för årsmedelvärde. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur E-5. Beräknad total PM_{10} -halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) år 2035 för 90-percentilen av dygnsmedelvärde. Röd haltgräns anger överskridanden av MKN ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

BERÄKNINGAR FÖR AVLUFTVENTILATION VID GÖTATUNNELNS VÄSTRA MYNNING

UNDERLAGSRAPPORT

Emil Engman, HBI
Patrik Ohnesorge, HBI
Marie Haeger-Eugensson, COWI
Anna Bjurbäck, COWI



ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00

FAX 010 850 10 10

WWW cowi.se

PROJEKTNR.

A096695

DOKUMENTNR.

Beräkningar för avluftventilation vid Götatunnelns västra mynning

VERSION

2

UTGIVNINGSDATUM

2017-12-04

BESKRIVNING

Underlagsrapport

UTARBETAD

Emil Engman, HBI
Patrik Ohnesorge, HBI
Marie Haeger-Eugensson, COWI
Anna Bjurbäck, COWI

GRANSKAD

Leif W. Rasmussen,
COWI

GODKÄND

Erik Bäck, COWI

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	6
2	Inledning	8
2.1	Bakgrund	8
2.2	Syfte	9
3	Underlag och analys	10
3.1	Uppskattning av realiserbar avluftkapacitet vid DU1	10
3.2	Befintliga system	11
3.3	Bestämning av trafiksituation 2035	12
3.4	Trafikbelastning vid olika fordonshastigheter	13
3.5	Trafikmängd i avfartsramptunneln	14
3.6	Fordonsemissioner	14
3.7	Drifterfarenhet lufthastighet	15
4	Metod	16
4.1	Avluftstation DU1	16
4.2	Principlösning	16
4.3	Beräkningar	17
4.4	Drifterfarenhet	18
5	Resultat	18
5.1	Övergripande	18
5.2	Maximal förväntad luftförorening (0 km/h)	19
5.3	Maximal förväntad lufthastighet (70 km/h)	20
5.4	Jämförelse med drifterfarenhet	21
6	Slutsatser	22
7	Referenser	22

1 Sammanfattning

Inledning och syfte

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (SBK) genomför detaljplanearbete för bebyggelse i området kring Järnvågsgatan. Det är i dagsläget dålig luftkvalitet i området på grund av den stora mängden trafik som finns inom planområdet. Planförslaget innebär en exploatering om ca 1 300 bostäder samt 150 000 kvadratmeter kontor och verksamheter.

I juni 2017 visade luftutredningen att miljökvalitetsnormen (MKN) för NO₂ och PM₁₀ i framtiden riskerar att överskridas i det planerade området. En starkt bidragande faktor till höga halter av luftföroreningar i närområdet är trafikapparaten vid Götatunnelns mynning. Luftkvalitetsberäkningar där 80 respektive 100 procent av emissionerna i Götatunnelns norra (västergående) tunnelrör utventileras genom ett ventilationstorn visade på förbättrad luftkvalitet i tunnelmynningens närområde.

Luftkvalitetsutredningen behandlade endast teoretisk bortventilering av tunneln utan att gå djupare in på genomförbarheten. Syftet med denna rapport är att mer utförligt undersöka genomförbarheten och nödvändiga åtgärder för bortventilering av förorenad luft innan den släpps ut ur tunnelmynningen. Studien fokuserar enbart på norra tunnelröret och dess utfartsmynningar västerut.

Metod

Först analyserades de utrymmesmässiga förutsättningarna vid Driftutrymme 1 (DU1) i syfte att fastställa en samlad fläktkapacitet (volymflöde) som med hänsyn till bulleremissioner och energiförbrukning kan anses realiserbart. (DU1 är ett befintligt driftutrymme vid norra tunnelrörets utfartsmynning avsett som förberedelse för en framtida avluftstation.) Slutsats och rekommenderad uppställning är 2 st. avluftfläktar om 200 m³/s vardera. Dessa anordnas i en konventionell fläktstation med bullerreducerande kulissljuddämpare på vardera sidan om fläkthallen.

Med detta som utgångspunkt, och med tunnelns befintliga tunnelventilationssystem i beaktande, utarbetades därefter ett antal konceptförslag med målsättningen att kunna extrahera så nära 100 % av den förorenade tunneln som möjligt innan denna emitteras från tunnelns båda utfartsmynningar. Den utvalda principlösningen innefattar följande tillkommande utrustningar och åtgärder:

- 2 st. avluftfläktar i DU1 om 200 m³/s vardera
- 2 st. varvtalsstyrda reverserbara impulsfläktar i den förlängda avfartsramptunneln
- 1 mätställe för lufthastighet i avfartsramptunneln
- Anpassningar av styrsystemet för ny funktionalitet enligt principlösning (innefattar möjlighet att bromsa luftflödet i tunneln genom reversering av tunnelns impulsfläktar)

Tunneln och det anpassade tunnelventilationssystemet ställdes sedan upp i en 1-dimensionell beräkningsmodell kapabel att simulera luftflödet i tunneln under beaktande av yttre (varierande) faktorer som t.ex. trafikbelastning. Modellen kan även hantera aktiv reglering av tunnelventilationen utifrån kontinuerlig övervakning av

exempelvis lufthastigheten i tunneln. Med denna modell som bas analyserades ett antal framtida scenarier avsedda att täcka in de extremsituationer som kan tänkas uppstå avseende inre- och yttre miljöventilation, dvs. maximal förväntad luftförorening i tunneln respektive maximal förväntad lufthastighet i tunneln. Beräkningsresultaten jämfördes slutligen med uppmätta värden på lufthastigheten i tunneln under perioden januari – november 2017.

Resultat

Beräkningarna visar att hela det samlade luftflödet i tunneln kan extraheras vid DU1, upp till en lufthastighet i tunneln på ca 3,5 m/s. Med gjorda antaganden om fordonsemissioner respekteras dessutom gällande luftkvalitetsgränsvärden för trafikutrymmet (inre tunnelmiljö). Detta innebär att en utsugningsgrad på 100 % kan upprätthållas, även under ogynnsamma trafikförhållanden vid prognosåret 2035.

Utvärderingen av uppmätta lufthastigheter visar att lufthastigheten i tunneln under den studerade perioden endast vid något enstaka tillfälle överskrider 4 m/s, och att den under 95 % av tiden understiger 2,6 m/s.

Slutsatser

Sammantaget kan sägas att ett avluftsystem enligt föreslagen principlösning med stor sannolikhet är kapabelt att upprätthålla en utsugningsgrad på 100 % under 95 % av tiden eller mer.

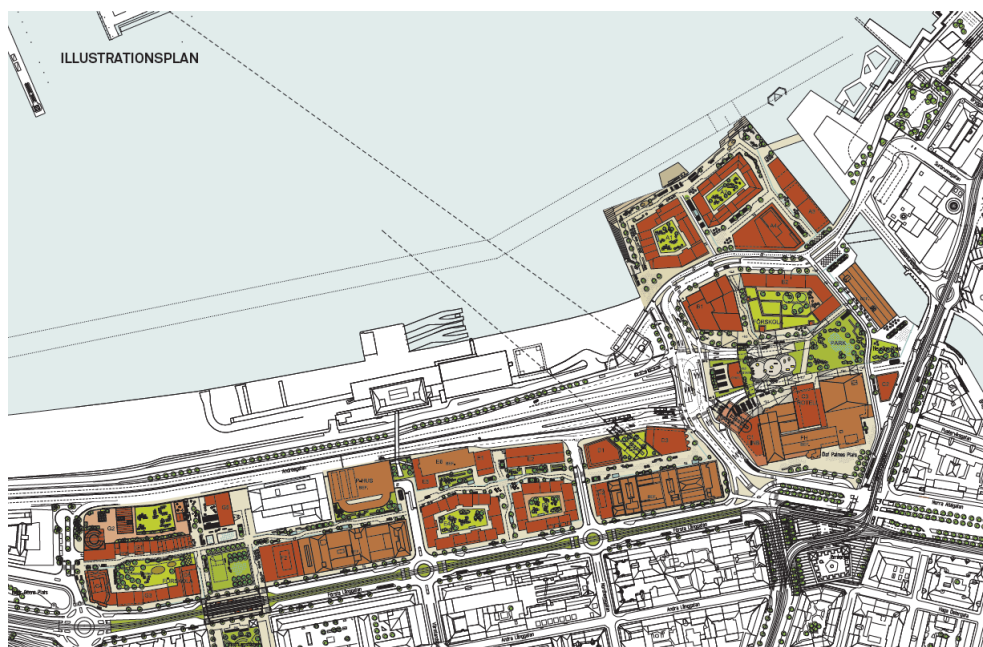
2 Inledning

2.1 Bakgrund

För närvarande pågår arbete med att ta fram en ny detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m.fl. Detaljplanen syftar till att omvandla området mellan Skeppsbron och Masthuggstorget på Södra Älvstranden till en ny stadsdel med delvis hög bebyggelse och hög täthet där ett stort antal bostäder blandas med handel, kontor, skola och andra verksamheter. Idag domineras området av biltrafiken med parkeringar och vägar.

Detaljplanen var ute på samråd under sommaren 2015, då inkom Länsstyrelsen med ett yttrande som berörde luftkvalitet. Stadsbyggnadskontoret i Göteborg gav därefter COWI i uppdrag att utföra en luftmiljöutredning där, förutom SBKs krav, även Länsstyrelsens yttranden skulle behandlas. Yttrandet tar bl.a. upp att genomförandet av detaljplanen kan medföra risk för överskridande av MKN för både kvävedioxid (NO_2) och partiklar (PM_{10}).

Planområdet som visas i Figur 1 är en del av Älvstaden och är beläget vid Masthuggskajen. Området ligger på Södra Älvstranden inom stadsdelarna Masthugg och Pustervik. I norr löper E45/Oscarsleden i öst-västlig riktning. I söder avgränsas området av Första Långgatan och i öster av Rosenlundskanalen. I väster går gränsen norr om cirkulationsplatsen vid Första Långgatans västra ände. Planområdet innefattar även den landtunga som ligger mellan Götatunnelns västra mynning och Rosenlundskanalen. Området domineras idag av parkeringsplatser.



Figur 1: Området för Detaljplan Järnvågen. Bild från Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 2017-10-31.

I luftkvalitetsutredningen beräknades framtida haltnivåer med en CFD-modell. Olika framtidsscenarier testades där 80 respektive 100 procent av luften inne i tunneln utventileras genom en 20 meter hög skorsten istället för via tunnelmynningen.

Slutsatser från luftkvalitetsutredningen (Haeger-Eugensson m.fl. 2017) var bl.a. att ett ventilationstorn effektivt kan minska halterna av både NO_2 och PM_{10} nära tunnelmynningen, vilket är nödvändigt för att kunna klara MKN.

2.2 Syfte

Rimligheten med avseende på fysikaliska förutsättningar för en avluftstation och ett ventilationstorn har ej tidigare utretts. Detta motiverade utförliga beräkningar för att påvisa möjligheten att ventiler bort tunnelluft (så kallad yttre miljöventilation), och till vilken grad detta kan göras.

Detta dokument behandlar endast miljöventilation (dvs. ingen brandventilation). För mer information om tunnelventilationssystemet som helhet, inklusive planerade åtgärder för brandventilation, hänvisas till den övergripande installationsutredningen för överdäckningen av Götatunnelns av- och påfartsramper (Sting/HBI, 2017).

3 Underlag och analys

Följande kapitel beskriver de beräkningar som gjorts och vilka underlag dessa beräkningar är baserade på. När specifika underlag för en viss parameter inte funnits tillgängligt har det varit nödvändigt att göra kvalificerade antaganden. En del antaganden är specifika för Götatunneln, medan andra är mer generella och baseras på vedertagna riktlinjer för projektering av tunnelventilation.

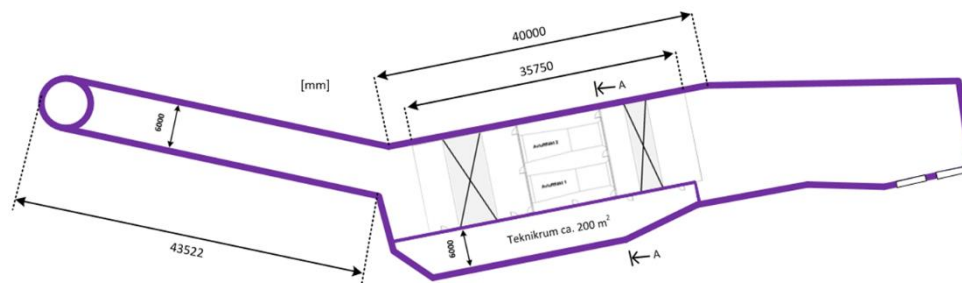
3.1 Uppskattning av realiserbar avluftkapacitet vid DU1

Underlag: Ritning [Vägverket, 1 42 K 20 01, 2006]

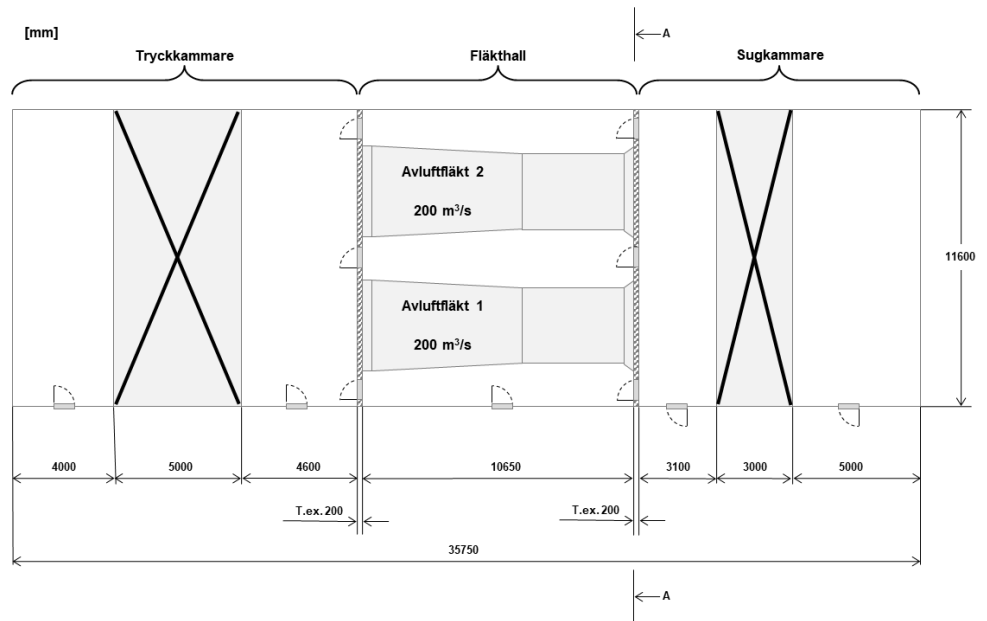
Underlagets huvudsakliga information för denna beräkning: Dimensioner för DU1 och avluftschakt.

Analys: Uppställningsplats för avluftfläktar samt tvärsnittsareor i avluftkanaler och avluftstorn medger installation i DU1 av 2 st. avluftfläktar med kapaciteten 200 m³/s vardera.

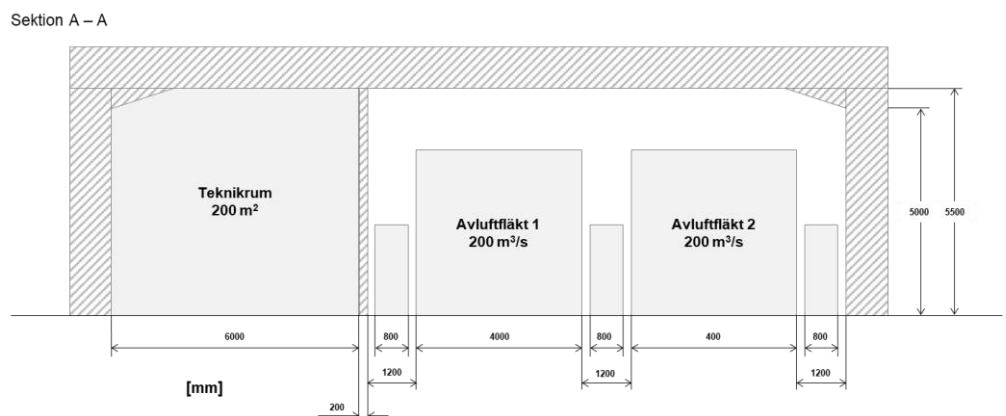
Avluftstornets diameter är 5,6 m, vilket motsvarar en area på 24,6 m². Ett totalt luftvolymflöde på 400 m³/s ger upphov till en utloppshastighet på 16 m/s, vilket är att betrakta som en övre gräns med avseende på buller och tryckförluster och därmed energiförbrukning.



Figur 2: Schematisk bild av DU1 – inklusive föreslagna installationer



Figur 3: Toppvy av fläkthall och kringliggande utrymmen i DU1. Kryssade fält i sug- respektive tryckkammare representerar bullerreducerande kulissljuddämpare.



Figur 4: Tvärsektion av fläkthall och kringliggande utrymmen i DU1

3.2 Befintliga system

Underlag: System- och funktionsbeskrivning Tunnelventilation [YIT Sverige AB för Vägverket, 0 V 51 58 01, 2006]

Underlagets huvudsakliga information för denna beräkning: Tunnelgeometri och fläktdata som indata för tunnelmodellen.

3.3 Bestämning av trafiksituation 2035

Underlag: [Haeger-Eugensson m.fl, 2017], [ASTRA, 2008]

Underlagets huvudsakliga information för denna beräkning: Trafikprognos för 2035 samt riktlinjer för hur årsdygnstrafiken (ÅDT) kan omvandlas till maxtrafik per timme för dimensionering

Bilaga D Trafikuppgifter

Källa	Gata	ÅDT			Andel tung trafik			Skyltad hastighet	
		2016	2025	2035	2016	2025	2035	2016	2025/35
A	Linnégatan	10 170	6 500	6 500	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Värmlandsgatan, södra segmentet	5 400	6 000	7 000	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Första Långgatan	5 580	6 000	3 000	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Nya Allén/Norra Allégatan	15 390	15 000	10 000	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Järnvägsplan	21 960	18 000	14 000	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Påfart Götaleden (E45) österut	7 500	7 500	7 500	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Avfart Götaleden (E45) västerut	6 500	6 500	6 500	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Avfart Oscarsleden (E45) österut	9 000	9 000	9 000	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Påfart Oscarsleden (E45) västerut	6 000	6 000	6 000	10 %	10 %	10 %	50	50
A	Emigrantvägen, östra segmentet	8 100	9 000	9 000	10 %	7 %	10 %	50	40
A	Värmlandsgatan, norra segmentet	0	3 000	3 000	0 %	5 %	0 %	50	40
A	Olof Palmes plats	15 390	15 000	12 000	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Skeppsbron	5 400	6 000	5 000	10 %	7 %	10 %	50	40
A	Stora Badhusgatan	5 940	7 000	6 000	10 %	7 %	10 %	50	40
A	Järntorgsgatan	4 500	4 500	3 500	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Stigbergsgatan	3 150	3 000	2 500	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Oskarsgatan	2 340	4 000	3 500	10 %	5 %	10 %	50	40
A	Emigrantvägen, västra segmentet	1 170	1 500	1 500	10 %	5 %	10 %	50	40
A, B	Oscarsleden (E45)	52 010	57 420	64 140	10 %	11 %	10 %	70	70
A	Surbrunnsgatan	5 940	6 000	5 000	10 %	7 %	10 %	50	40
A	"Andra Långgatan" ut på Andregatan	0	4 500	4 000	0 %	7 %	0 %	0	40
C	Masthamngatan	1 900	1 900	1 900	4 %	4 %	4 %	50	40
A	Nordhemsgatan Norr om 1a lång	5 130	6 000	6 000	5 %	5 %	5 %	50	40
A	Nordhemsgatan Söder om 1a lång	1 350	2 500	2 000	5 %	5 %	5 %	40	40
D	Götatunneln	53 070	60 700	67 010	12 %	11 %	11 %	70	80

Tabell 1: Utdrag ur [COWI, 2017]; trafikprognoser för 2025 och 2035

Verkehrscharakter	Typ	Klasse	MSV in % des DTV
Fernverkehr	1	Klasse 1	11
Fernverkehr mit Pendlerverkehr	2		
Pendlerverkehr	3		
Ortsverkehr	4		
Regionalverkehr	5	Klasse 2	14
Freizeitverkehr	6	Klasse 3	16
Touristikverkehr* (zusätzlich zu [10])	7	Klasse 4	18

Tabell 2: Utdrag ur [ASTRA, 2008]; klassificering och referenser för maxtrafik per timme

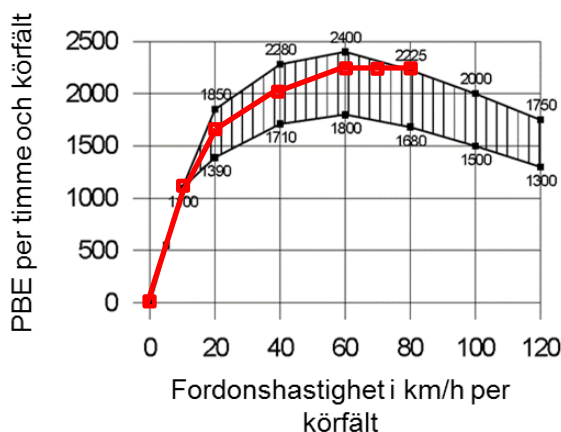
ÅDT-prognosen för år 2035 är 67 010 fordon/dygn dvs. 33 505 fordon/dygn/tunnelrör. Beroende på typen av trafik, kan ÅDT omvandlas till maxtrafik per timme. För säkerhetsmarginal i fortsatt arbete valdes klass 4, vilket innebär att maxtrafiken är 18 % av ÅDT, dvs. 6 030 fordon/h/tunnelrör. Vidare säger prognosen 12 % tung trafik för 2016 och 11 % för 2035. Konservativt väljs 12 % för beräkningarna. För beräkningarna antas även ett 70:30-förhållande mellan lätt och tung lastbil inom kategorin tung trafik.

3.4 Trafikbelastning vid olika fordonshastigheter

Underlag: [ASTRA, 2008]

Underlagets huvudsakliga information för denna beräkning: Riktlinje för trafikbelastning vid olika hastigheter när projektspecifika angivelser inte finns tillhanda.

Analys: Trafikbelastning nära teoretisk maxkapacitet, vilket utgör ett konservativt antagande med avseende på kolveffekt och av trafiken inducerade luftflöden.



Figur 5: Empiriska värden på teoretisk maximal trafikkapacitet i tunnel med enkelriktad trafik. Personbilsenheter (PBE) per timme och körfält över hastighet i km/h per körfält.

Notera: trafikflödet i Figur 5 anges i personbilsenheter (PBE), där lätt lastbil motsvarar 1,65 PBE och tung lastbil motsvarar 2,5 PBE. Röd kurva visar de värden som använts i beräkningarna.

Den övre kurvan i diagrammet anger maxtrafik för en tunnel med enkelriktad trafik, förhållandevis rak tunnelsträckning, vana förare etc. Den nedre kurvan är framtagen av World Road Association (PIARC) och representerar maxtrafik för en tunnel med enkelriktad trafik men med mer svårbemästrade körförhållanden och förare mindre vana med tunneln och dess omgivning. Götatunneln med dess relativt branta lutningar och av- respektive påfartsrampar bedöms ligga i den nedre delen av spannet.

De värden på trafikbelastning som bestämts i föregående kapitel ($6'030/3 = 2'010$ fordon/h/körfält, motsvarande 2230 PBE/h/körfält) befinner sig vid spannets övre gräns. Se röd kurva i Figur 5. Den trafikbelastning som använts i beräkningarna kan därmed anses vara konservativt valda med avseende på kolveffekt och av trafiken inducerade luftflöden.

3.5 Trafikmängd i avfartsramptunneln

Underlag: Direktkommunikation Trafikverket

Underlagets huvudsakliga information för denna beräkning: Andel trafik som går i rampen, relativt totala trafikmängden i huvudtunneln.

Analys: Av den totala trafik som går genom norra tunnelröret, antas med stöd i Tabell 1 25 % gå genom avfartsrampen. För prognosåret 2035 är andelen något mindre (ca 20 %). Dock används 25 % då detta i det här fallet är ett mer konservativt antagande. Förhållandet mellan antalet personbilar, lätta lastbilar och tunga lastbilar antas förbli oförändrat.

3.6 Fordonsemissioner

Underlag: HBEFA, *Handbok för vägtrafikens luftföroreningar*

Underlagets huvudsakliga information för denna beräkning: Uppskattning av emissioner som indata för tunnelmodellen. Data från (HBEFA).

Notera: Prognosår för fordonsemissioner är 2030.

Analys: Enligt Tabell 3 nedan.

Personbil NO _x [g/h] Fordonshastighet [km/h]	Längslutning [%]	-6	-4	-2	0	2	4	6
13		2,0110	2,2070	2,4800	2,9360	3,2440	3,7500	4,2610
60		1,2190	1,9520	3,0470	4,3900	6,5880	9,5140	14,7400
100		2,2060	3,7120	5,9870	10,2050	16,6650	23,7090	32,4920

Lätt lastbil NO _x [g/h] Fordonshastighet [km/h]	Längslutning [%]	-6	-4	-2	0	2	4	6
13		2,2850	2,7700	3,5150	4,4600	5,3490	6,2810	7,5400
60		1,5190	2,8960	5,8920	10,4930	19,5080	32,3030	43,3990
100		5,4770	10,5890	19,5360	35,5600	55,9150	72,7670	91,2050

Tung lastbil NO _x [g/h] Fordonshastighet [km/h]	Längslutning [%]	-6	-4	-2	0	2	4	6
13		36,1470	50,0530	65,9570	64,0660	56,9590	56,5070	61,4640
60		2,4010	7,7360	45,0650	50,2780	89,9000	151,9390	216,9740
100		3,8570	13,6860	77,2190	73,7200	153,7280	256,7700	366,7560

Tabell 3: Emissionsfaktorer (NO_x) för personbil, lätt lastbil och tung lastbil

Andelen NO₂ av NO_x antas utifrån (Trafikverket, 2016 – Tunnelluft) vara 25 %. Detta antagande har även empiriskt stöd i luftkvalitetsmätningar genomförda i bl.a. Götatunneln (SLB 1:2010, Tunnelluftmätningar).

3.7 Drifterfarenhet lufthastighet

Underlag: Export Götatunneln NT 2017.xlsx [Martin Hedberg, 2017]

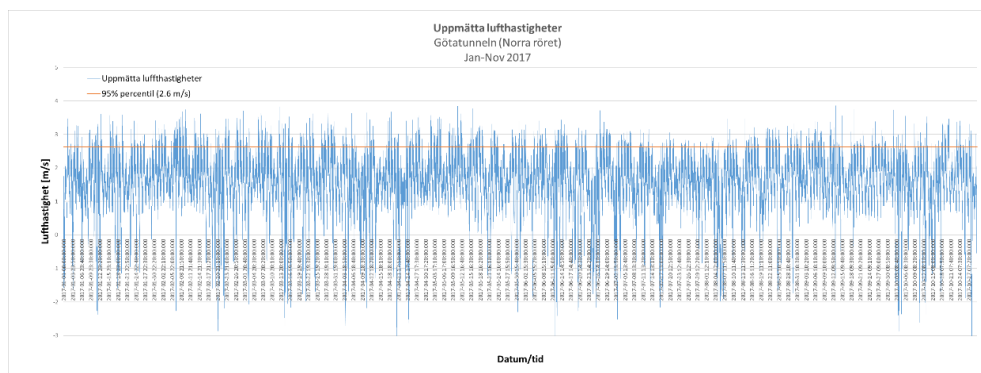
Notera: Nedanstående mätdata har extraherats ur Trafikverkets historikfiler. Uppenbara mätfel har avlägsnats, men därutöver har ingen vidare datavalidering gjorts.

Underlagets huvudsakliga information för denna beräkning: Mätdata för perioden januari – november 2017 för lufthastighet i norra röret. Jämförelse av typiska lufthastigheter med det föreslagna avluftsystemets kapacitet att upprätthålla 100 % utsagningsgrad.

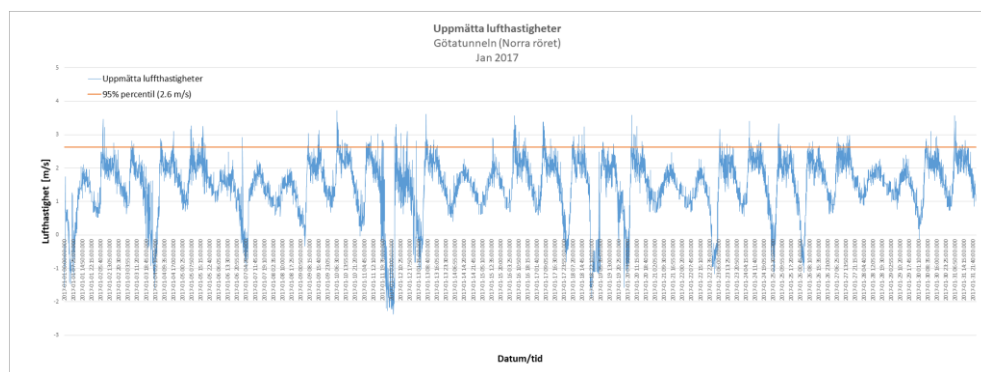
Analys:

Medelvärde för lufthastighet (hela utvärderingsperioden): 1,5 m/s

95:e percentilen för lufthastighet (hela utvärderingsperioden): 2,6 m/s



Figur 6: Uppmätta lufthastigheter i Götatunnelns norra rör jan-nov 2017



Figur 7: Uppmätta lufthastigheter i Götatunnelns norra rör – samma värden men endast för jan 2017

4 Metod

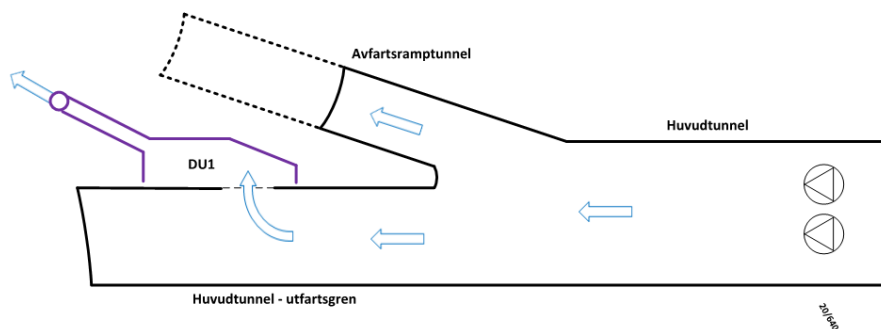
4.1 Avluftstation DU1

Inledningsvis analyserades de utrymmesmässiga förutsättningarna vid Driftutrymme 1 (DU1) i syfte att fastställa en samlad fläktkapacitet (volymflöde) som med hänsyn till bulleremissioner och energiförbrukning kan anses realiserbart. Slutsats och rekommenderad uppställning är 2 st. avluftfläktar om $200 \text{ m}^3/\text{s}$ vardera. Dessa anordnas i en konventionell fläktstation med bullerreducerande kulissluddämpare på vardera sidan om fläkthallen. En schematisk översikt ges i kapitel 3.1.

Med detta som utgångspunkt, och med tunnelns befintliga tunnelventilationssystem i beaktande, utarbetades därefter ett antal konceptförslag med målsättningen att kunna extrahera så nära 100 % av den förorenade tunnelluften som möjligt innan denna emitteras från tunnelns båda utfartsmynningar. Den andel av huvudtunnel-flödet som ventileras ut vid avluftstationen benämns utsugningsgrad.

4.2 Principlösning

En svårighet i sammanhanget är att de planerade avluftöppningarna (luftintag från trafikutrymmet till DU1) är placerade i huvudtunnelns utfartsgren efter förgreningen mot avfartsramptunneln (sett i trafikens riktning). Detta innebär att enbart en avluftstation, placerad i DU1, inte kan garantera att all tunnelluft extraheras, detta då en del av tunnelluften kommer följa avfartsramptunneln och släppas ut genom dennas mynning. En grafisk representation av situationen ges i Figur 8.



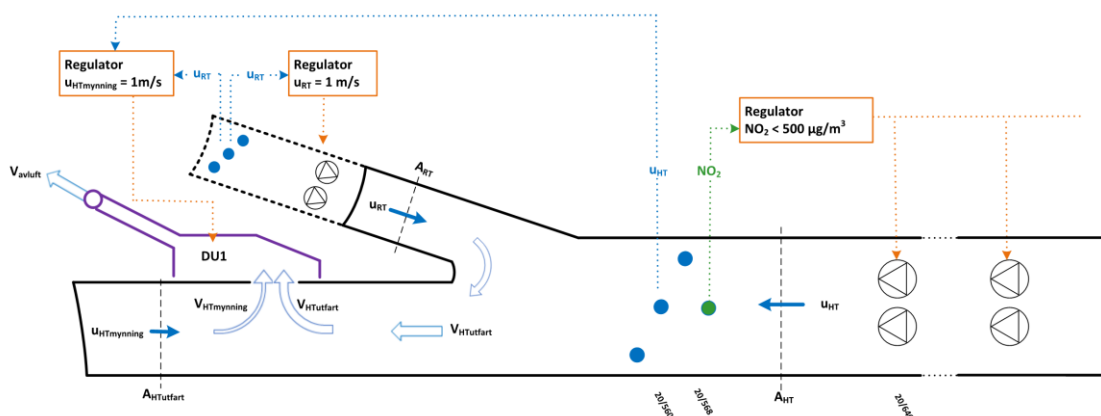
Figur 8: Placering av planerad avluftstation (DU1)

Ett möjligt sätt att motverka utsläpp av förorenad tunnelluft ut genom avfartsramptunneln är att bromsa luftflödet i avfartsramptunneln med hjälp av impulsfläktar aktiverade mot trafikens riktning. Med bakgrund i detta föreslås avfartsramptunneln utrustas med två nya reverserbara impulsfläktar samt ett nytt mätställe för mätning av lufthastighet. Vidare utförs även avluftfläktarna i DU1 varvtalsstyrda i syfte att möjliggöra steglös reglering av volymflödet vid avluftstationen (V_{Avluft}).

I den föreslagna principlösningen övervakas lufthastigheterna i huvudtunneln (u_{HT}) och i avfartsramptunneln (u_{RT}), varpå ett börvärde för volymflödet vid avluftstationen (V_{Avluft}) beräknas. Detta börvärde sätts så att ett inåtriktat luftflöde om 1 m/s mot trafikens riktning resulterar vid huvudtunnelns utfartsmynning.

I tillägg till detta kan luftflödet i huvudtunneln vid behov bromsas, med restriktionen att luftkvaliteten vid huvudtunnelns befintliga luftkvalitetsgivare håller sig under gällande gränsvärde. För närvarande är det mest restriktiva luftkvalitetsgränsvärdet $400 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ som medelvärde under en tunnelpassage. Det är formulerat som 99,5-percentilen av timmedelvärdena. Halten motsvarar ett timmedelvärde vid luftkvalitetsgivaren på ca $500 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ (Trafikverket, 2016).

På detta sätt reduceras luftflödet i huvudtunnelns utfartsgren (V_{HTutfart}) så långt som möjligt, så att avluftstationens kapacitet att upprätthålla 100 % utsugningsgrad maximeras. En schematisk beskrivning ges i Figur 9.



Figur 9: Föreslaget avluftssystem – principskiss

I situationer med kraftigt ojämn trafikbelastning (snabba ändringar i lufthastighet) kan kortare perioder förekomma då mindre mängder av tunnelluft släpps ut genom mynningarna. Detta då systemet (som alla reglerade system) behöver en viss tid på sig för att reagera på en förändring i lufthastighet i tunneln.

4.3 Beräkningar

Tunneln och det anpassade tunnelventilationssystemet ställdes sedan upp i en 1-dimensionell beräkningsmodell kapabel att med förenklande approximationer av tunnelgeometrin simulera luftflödet i tunneln under beaktande av yttre (varierande) faktorer som t.ex. trafikbelastning. Modellen kan även hantera aktiv reglering av tunnelventilationen utifrån kontinuerlig övervakning av exempelvis lufthastigheten i tunneln. Med denna modell som bas analyserades ett antal framtida scenarier avsedda att täcka in de extremsituationer som kan tänkas uppstå avseende inre- och yttre miljöventilation. Dessa scenarier innefattar en variation av fordonshastighet, från 0 – 80 km/h, hela tiden med utgångspunkt i det för respektive fordonshastighet uppskattade maxtrafikflödet.

De låga fordonshastigheterna (0 respektive 10 km/h) innebär maximal förväntad luftförorening i tunneln. Här aktiveras impulsfläktarna i huvudtunneln i syfte att öka friskluftintaget och därmed späda ut föroreningarna (så kallad inre miljöventilation). I fall som dessa måste dels friskluftbehovet tillgodoses (inre tunnelmiljö), samtidigt som avluftstationen ska kunna extrahera all förorenad tunnelluft innan den släpps ut genom mynningarna (yttre tunnelmiljö).

De högre fordonshastigheterna (40 – 80 km/h) innebär maximal förväntad trafikinducerad lufthastighet i tunneln. Här aktiveras huvudtunnelns impulsfläktar i driftläge Back i syfte att bromsa luftflödet så att avluftstationens kapacitet att upprätthålla 100 % utsugningsgrad maximeras. De fordonshastigheter som analyserats och motsvarande trafikflöden visas i kapitel 3.4, Figur 5.

4.4 Drifterfarenhet

Beräkningsresultaten jämfördes slutligen med uppmätta värden på lufthastigheten i tunneln under perioden januari – november 2017. Syftet med detta var att tillhandahålla en jämförelse av typiska lufthastigheter med det föreslagna avluftsystemets kapacitet att upprätthålla 100 % utsugningsgrad.

5 Resultat

Här redovisas resultaten från den beräkningsserie som genomförts för olika fordonshastigheter och trafikbelastningar. Det har av tidsskäl varit nödvändigt att genomföra beräkningarna med antaganden om centrala parametrar som trafikbelastning (maxtimme) och utsläppsmängder (emissionsfaktorer). Resultaten torde dock ge en rimligt balanserad bild av de flöden, utsugningsgrader etc. som kan förväntas uppkomma i respektive fall.

5.1 Övergripande

Resultaten redovisas först i sin helhet i Tabell 4, varpå en grafisk representation ges som ytterligare komplement för 0 respektive 70 km/h.

Fordonshastighet	[km/h]	0	10	20	40	60	70	80
DU1 volymflöde utsugning	m ³ /s	396	393	374	394	400	400	400
Fläktblåsriktning i huvudtunneln (+ i trafikens riktning, 0 avstängda, - mot trafikens riktning)	[-]	+	+	0	-	-	-	-
Fläktblåsriktning i ramptunneln (+ i trafikens riktning, 0 avstängda, - mot trafikens riktning)	[-]	-	-	-	-	+	+	+
Lufthastighet i huvudtunneln	[m/s]	3,1	3,0	2,8	3,1	3,1	3,4	4,3
NO ₂ -halt, timmedelvärde	[µg/m ³]	494	486	443	330	294	304	265
Lufthastighet i ramptunneln (negativt = in i tunneln)	[m/s]	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Lufthastighet huvudmyningen (negativt = in i tunneln)	[m/s]	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,7	0,6
Utsugningsgrad	[%]	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	89 %

Tabell 4: Beräkningsresultat

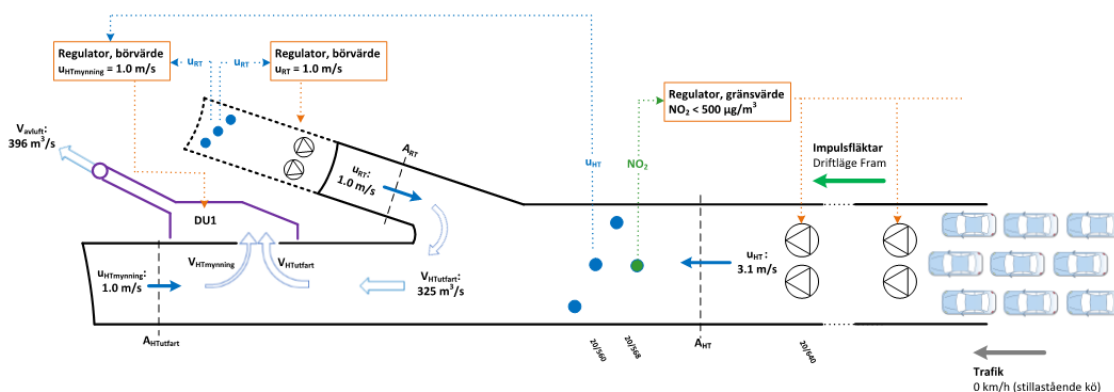
Som framgår ur tabellen klaras 100 % utsugningsgrad från stillastående kö upp till 70 km/h, som är skyltad hastighet idag. Dock närmar sig det trafikinducerade luftflödet gränsen för vad impulsfläktarna klarar att hålla emot, varpå det inåtriktade flödet vid mynningen enbart uppgår till 0,7 m/s (gult i tabellen). Vid högre fordonshastigheter är impulsfläktkapaciteten otillräcklig för bromsning av flödet, varpå flödesriktningen i huvudtunnelmynningen vänder utåt och utsugningsgraden sjunker under 100 % (rött i tabellen).

Det ska dock påpekas att trafikbelastningen vid 80 km/h överstiger tunnelns bedömda teoretiska maxkapacitet (se kapitel 3.4). Scenariot är därmed att betrakta som osannolikt.

5.2 Maximal förväntad luftförorening (0 km/h)

Det första fallet är en situation med stående kö i tunneln, vilket utgör ett fall där höga halter av luftföroreningar är att vänta. I en sådan situation uppstår ett behov att med hjälp av inre miljöventilation ventilerar ut föroreningarna ur tunneln (inre luftkvalitet) samtidigt som hela luftflödet måste tas omhand vid avluftstationen för att motverka utsläpp genom mynningsarna (yttre luftkvalitet).

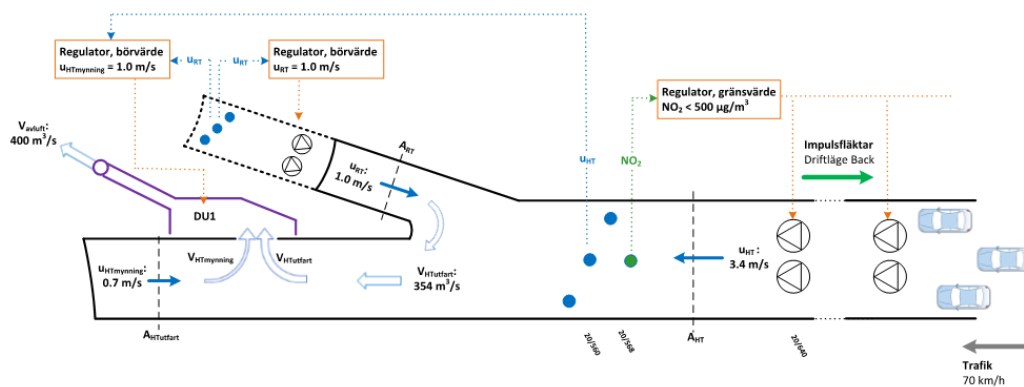
I det här fallet aktiveras ett antal av huvudtunnelns impulsfläktar i driftläge Fram för att driva ut föroreningarna ur tunneln och dra in friskluft från infartsmynningen. Samtidigt regleras lufthastigheten i avfartsramptunneln mot 1,0 m/s in genom ramptunnelmynningen. Med gjorda antagande om fordonsemissioner etc. räcker en lufthastighet i huvudtunneln på 3,1 m/s för att hålla luftföroreningarna i tunneln på acceptabla nivåer. Detta resulterar i ett volymflöde från huvudtunneln på 325 m³/s. Avluftstationen regleras till 396 m³/s för att säkerställa ett inåtriktat flöde vid huvudtunnelmynningen om 1,0 m/s. Utsugningsgraden är i det här fallet 100 %.



Figur 10: Resultat för stillastående kö – utsugningsgrad 100 %

5.3 Maximal förväntad lufthastighet (70 km/h)

Det andra fallet är en situation med maximal prognosticerad trafikbelastning, vilket utgör ett fall där höga lufthastigheter är att vänta. När avluftstationens kapacitet ($400 \text{ m}^3/\text{s}$) inte längre räcker till att extrahera hela tunnelflödet kommer några av huvudtunnels impulsfläktar att aktiveras i driftläge Back. Detta i syfte att bromsa huvudtunnelflödet och därmed möjliggöra för avluftstationen att upprätthålla ett inåtriktat flöde vid huvudtunnelmynningen. Med prognosticerad maxtrafik (och gjorda antaganden kring fordonens beskaftenhet etc.), samtliga 20 impulsfläktar i huvudtunneln i driftläge Back samt avluftstationen på maxkapacitet ($400 \text{ m}^3/\text{s}$) resulterar ett inåtriktat flöde vid huvudtunnelmynningen om $0,7 \text{ m/s}$, samtidigt som luftföroreningarna i tunneln hålls under gränsvärdet på $500 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NO}_2$. Dvs. avluftstationens kapacitet räcker inte riktigt till att upprätthålla börvärdet $1,0 \text{ m/s}$ in genom huvudtunnelmynningen, men utsugningsgraden är fortfarande 100 %.

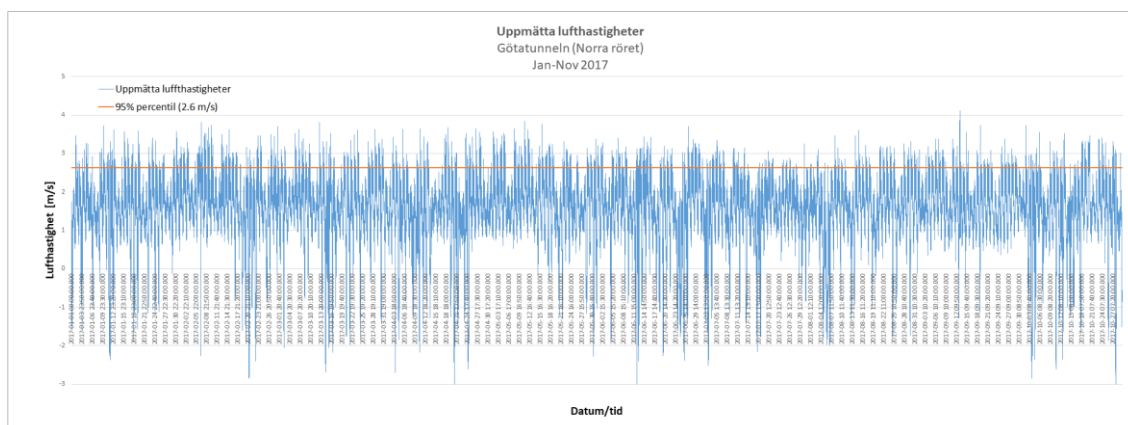


Figur 11: Resultat för maxtrafik vid 70 km/h – utsugningsgrad 100 %

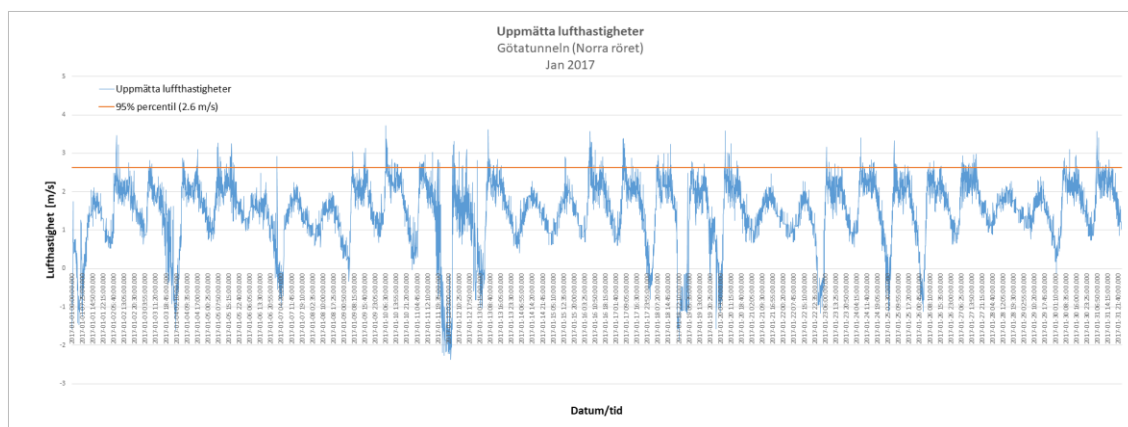
5.4 Jämförelse med drifterfarenhet

I syfte att sätta den föreslagna principlösningen i perspektiv har ovanstående beräkningsresultat jämförts med uppmätta värden på lufthastigheten i tunneln under januari – november 2017. Se Figur 12 och Figur 13 nedan. Utvärderingen visar att lufthastigheten i tunneln under den studerade perioden endast vid något enstaka tillfälle överskrider 4 m/s, och att den under 95 % av tiden understiger 2,6 m/s.

Detta kan jämföras med 3,4 m/s i Figur 11, vilket ligger nära gränsen för vad systemet klarar att hantera med upprätthållen utsugningsgrad på 100 %.



Figur 12: Uppmätta lufthastigheter i Götatunnelns norra rör jan-nov 2017



Figur 13: Uppmätta lufthastigheter i Götatunnelns norra rör – samma värden men endast för jan 2017

6 Slutsatser

De utrymmesmässiga förutsättningarna vid DU1 har analyserats och bedömts vara tillräckliga för en avluftstation om totalt 400 m³/s.

Med detta som utgångspunkt har en principlösning utarbetats som med hjälp av aktiv reglering av impulsfläktar och avluftstation klarar att upprätthålla ett inåtriktat flöde vid tunnelns båda utfartsmynningar.

Med hjälp av beräkningar har sedan kunnat visas att systemet klarar 100 % utsugningsgrad, från stillastående kö och med fordonshastigheter upp till 70 km/h, som är skyltad hastighet idag.

En utvärdering av uppmätta lufthastigheter visar vidare att lufthastigheten i tunneln under den studerade perioden understiger 2,6 m/s under 95 % av tiden.

Sammantaget kan därmed sägas att ett avluftssystem enligt föreslagen principlösning med stor sannolikhet är kapabelt att upprätthålla en utsugningsgrad på 100 % under 95 % av tiden eller mer.

7 Referenser

Haeger-Eugensson m.fl. (2017). *Luftkvalitetsutredning till detaljplan för Järnvågsgatan m.fl. inom stadsdelen Masthugget*, COWI-rapport A096695, för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad

Jeanneret Alain m.fl. (2008). *Lüftung der Strassentunnel - Systemwahl, Dimensionierung und Ausstattung*, ASTRA 13001 V2.03

Sparthan, Engman m.fl. (2017). *PM – Järnvågen utredning installation i Göta-tunnelns ramper*, Sting/HBI, för Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs Stad

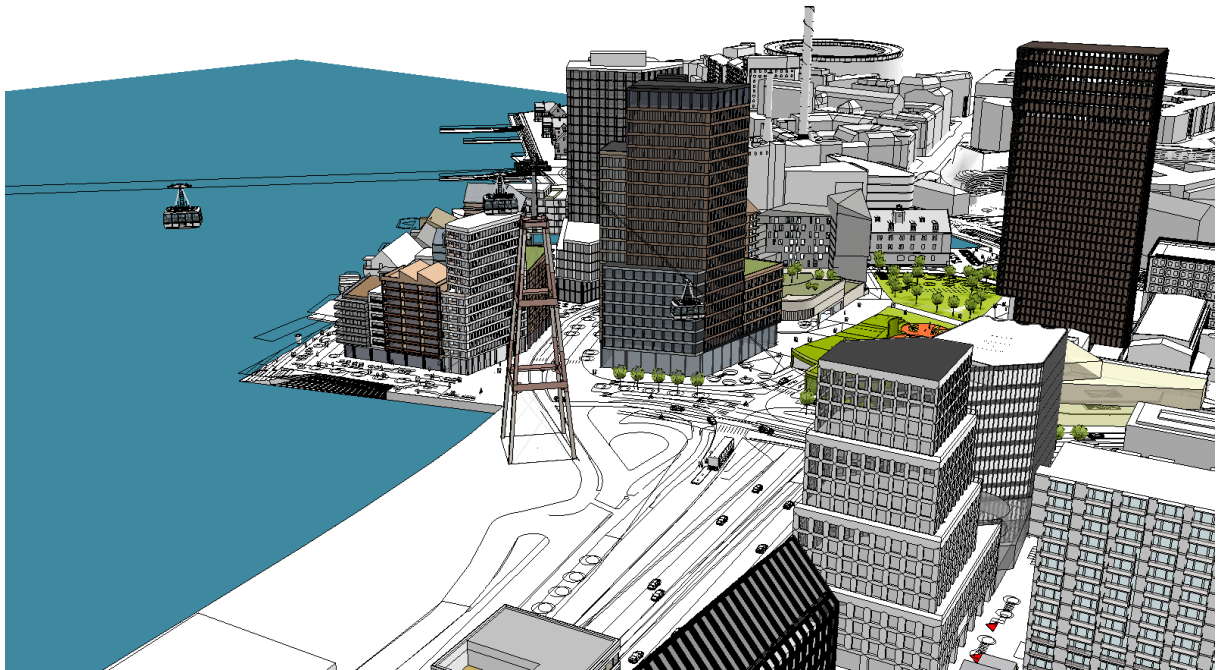
HBEFA, *Handbok för vägtrafikens luftföroreningar*

Trafikverket, 2016: *E45 Götaleden Årsrapport för 2015 enligt kontrollprogram för uppföljning av miljöfrågor under driftskedet*

Trafikverket, 2016: *Forskningsprojekt Tunnelluft (pågående)*

SLB 2010, *SLB 1:2010, Tunnelluftmätningar*

PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet



Jonas Sparthan

Jonathan Andersson

2017-08-08

Innehåll

Bakgrund	1
Ursprunglig konstruktion.....	1
Driftutrymme.....	1
Kulvert	2
Projekterat ventilationstorn.....	2
Utformning ventilationstorn	2
Tre alternativ till utformning av ventilationstorn	3
Integrera tornen	3
Förlänga kulvert.....	5
Ingen förändring.....	7
Luftkvalitetsutredningar.....	9
Slutsats	9
Bilagor.....	1

	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 1
		DATUM 2017-08-08	SENASTE ÄNDRING

Bakgrund

Götatunneln är en 1,6km lång tunnel genom Göteborgs centrum. Götatunneln projekterades med två ventilationstorn i anslutning till respektive utfartsmynning. Inget av ventilationstornen byggdes men på Järntorgssidan förbereddes ett oinrett driftutrymme (DU1) och en betongkulvert som går fram till den avsedda placeringen för tornet (se figur 1 nedan). Där tornet ska stå ligger en rund betongplatta som är över planterad med gräs.

Med de nya stadsplanerna kring Järnvågen (området runt Götatunnelns västra mynning) vill man utreda hur ett ventilationstorn påverkar samt hur det kan integreras med den planerade bebyggelsen. I området kring Järnvågen planeras utöver bostäder, kontor, parker m.m. även en linbana att få sin ändstation. Trafikverket har byggrätter som tillåter att uppföra ventilationstornen i efterhand, därmed vill man samordna och undersöka möjligheterna till att på så många plan som möjligt få en bra utformning och gestaltning av den nya linbanan och ett ventilationstorn i Järnvågsområdet.

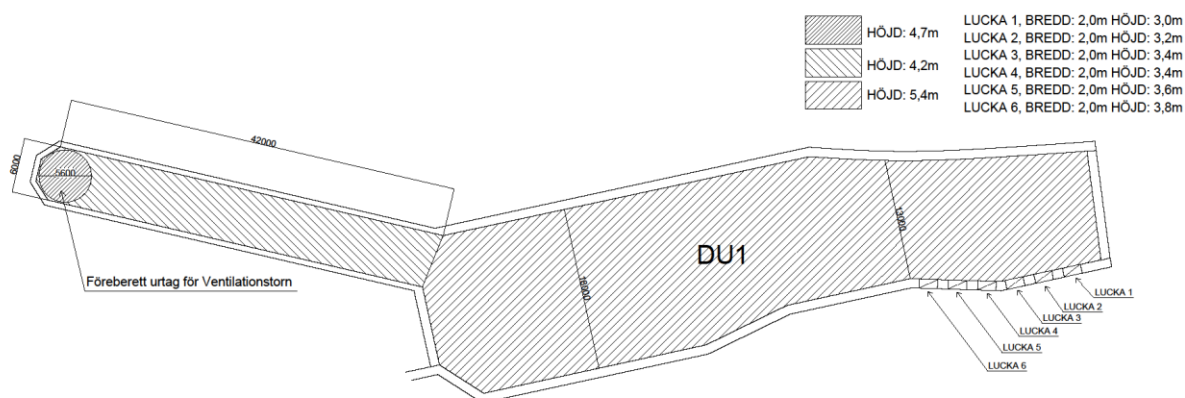
Ursprunglig konstruktion

Driftutrymme

Götatunnelns norra trafikrör är förberett med ett oinrett driftutrymme för en avluftsstation (DU1) strax före utfarten för hantering av smutsig luft. I slutet av det norra huvudtunnelröret finns det sex igenmurade håltagningar för luftutsugning in till avluftsstationen. Håltagningarnas tvärsnitt är listat i ordning från öster till väster (Se figur 1):

- Lucka 1: ~ 2 * 3 m -> Area: 6 m²
- Lucka 2: ~ 2 * 3,2 m -> Area 6,4 m²
- Lucka 3: ~ 2 * 3,4 m -> Area 6,8 m²
- Lucka 4: ~ 2 * 3,4 m -> Area 6,8 m²
- Lucka 5: ~ 2 * 3,6 m -> Area 7,2 m²
- Lucka 6: ~ 2 * 3,8 m -> Area 7,6 m²
- Total area: 40,8 m²

URSPRUNGLIGT DRIFTUTRYMME



Figur 1: Skiss över driftutrymme 1, Götatunneln

	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 2
--	---	------------------	--------------

200 m innan håltagningarna för avluftsstationen delar sig tunneln med en avfartsramp upp mot järntorgsmotet. Tvärsnittet i tunneln direkt efter delningen är:

- i rampen $\sim 7,2 * 6,7 \text{ m} \rightarrow \sim 48 \text{ m}^2$
- i huvudtunneln $\sim 10,5 * 6,7 \text{ m} \rightarrow \sim 70 \text{ m}^2$

Kulvert

Från driftutrymmet går en förberedd kulvert fram till den plats där Trafikverket har sin byggrätt att uppföra ett ventilationstorn. Kulverten har tvärsnittet $\sim 6 * 4,2 \text{ m}$ (bredd * höjd) och är $\sim 42 \text{ m}$ lång. I slutet av kulverten finns en förberedd håltagning som är täckt av ett lock i betong. Betonglocket har en diameter på $6,8 \text{ m}$ och innerdiameter på håltagningen är $5,65 \text{ m}$.

Se bilaga 3-14 för detaljerade ritningar med mått.

Projekterat ventilationstorn

Ventilationstornet vid Götatunnelns västra mynning projekterades till en inre diameter på $5,65 \text{ meter}$ och en höjd på 30 meter . För att ett ventilationstorn ska ge önskad effekt, att sprida utsläppen över en större yta och därmed sänka koncentrationerna, eftersträvas i regel att utblåsningshastigheten är minst $9\text{-}10 \text{ m/s}$. Den tidigare projekterade lösningen på ventilationstornet ger en area på cirka 25 m^2 vid öppningen vilket kräver ett flöde på $\sim 225 - 250 \text{ m}^3/\text{s}$ för att uppnå önskad utblåsningshastighet.

Föreslagen arkitektonisk utformning av Ventilationstornet finns på ritningar i:

- Bilaga 1, 100A5813 Principutförande ventilationstorn vid Järntorget fasad
- Bilaga 2, 100A5814 Principutförande Ventilationstorn vid Järntorget Sektion A-A, B-B Detalj D1, D2

Utformning ventilationstorn

För att lättare kunna anpassa och utforma ventilationstornet till omgivningen har vi med hjälp från HBI utrett hur flöden och energiförbrukning påverkas genom att minska arean och/eller ändra tvärsnittet rektangulärt.

Minskas arean på ventilationstornet från 25 m^2 till 20 m^2 respektive 15 m^2 men behåller samma flöde (240 m^3) resulterar det i en utblåsningshastighet från $9,6 \text{ m/s}$ till 12 m/s respektive 16 m/s . Tryckfallet genom öppningen och ut genom ventilationstornet ökar med kvadraten på flödeshastigheten enligt:

$$dP = \rho/2 * u^2 * \zeta$$

där dP är tryckskillnaden, ρ är luftens densitet, u flödeshastigheten och ζ avluftschaktets tryckförlustkoefficient inklusive öppning från kulverten.

Med en ökning av flödeshastigheten från $9,6 \text{ m/s}$ till 12 m/s resp. 16 m/s resulterar följaktligen en ökning av tryckfallet med $(12/9,6)^2 \approx 1,6$ resp. $(16/9,6)^2 \approx 2,8$ gånger. Annorlunda uttryckt en ökning av de lokala tryckförlusterna från kulverten och ut genom avluftschaktet på 60% resp. 180% .

Antaget vidare att tryckförlusterna från kulverten och ut genom avluftschaktet utgör t.ex. 25% av den totala tryckförlusten från trafikutrymmet och genom hela avlufts-systemet, resulterar en ökning av de totala tryckförlusterna, och därmed avluftfläktarnas motoreffekter, på $60 * 0,25 = 15 \%$ respektive $180 * 0,25 = 45 \%$.

Om ventilationstornet höjs från projekterade 30 m till $80\text{-}100 \text{ m}$ påverkas endast flödet marginellt genom att 50 meter av friktionsförluster tillkommer. De förlusterna är försumbara.

	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 3
--	---	------------------	--------------

Detsamma gäller formen på ventilationstornet, det är i det närmaste försumbart om tornet är cirkulärt eller rektangulärt så länge skarpa förändringar i form eller area undviks. Se tabell 1 som visar på påverkan på en skorsten med cirkulärt respektive rektangulärt tvärsnitt.

Tabell 1: Jämförelse mellan skorstenens tvärsnitt A: cirkulärt tvärsnitt, D: rektangulärt 3x8m).

Källa: HBI

	Shape	Cross-section [m ²]	Hydraulic Diameter [m]	Length [m]	Pressure loss [Pa]	Power supply compared to A [kW]
A	Circular	25	5.6	40	62	-
D	3x8m	24	4.36	40	70	+3

Placering av ventilationstorn

För att lösa frågan med ett linbanetorn och ventilationstorn i samma område har tre grund alternativ tagits fram:

- Att integrera tornen.
- Att förlänga kulverten och flytta på ventilationstornet.
- Att upprätta ventilationstornet på den projekterade platsen.

Integrera tornen

För att undvika två höga torn tätt intill varandra är det en fördel rent estetiskt att kunna integrera linbanetornet med ventilationstornet. Vid en samlokalisering kan ventilationstornet stå direkt intill linbanetornet eller vara fullt integrerad i linbanetornet. För att kunna integrera tornen kan det krävas en viss förlängning av kulverten och en viss förskjutning av ventilationstornet läge gentemot den tidigare platsen. Utformning av linbanetornet styr till stor del hur denna integration kan realiseras. Enligt dagens detaljplan kan inte linbanetornet uppföras i ett annat läge än på ventilationstornets planerade plats.

Troligen kommer linbanetornets grundläggning att påverka befintlig kulvert vilket resulterar i ombyggnationer och är en fråga som måste utredas vidare.

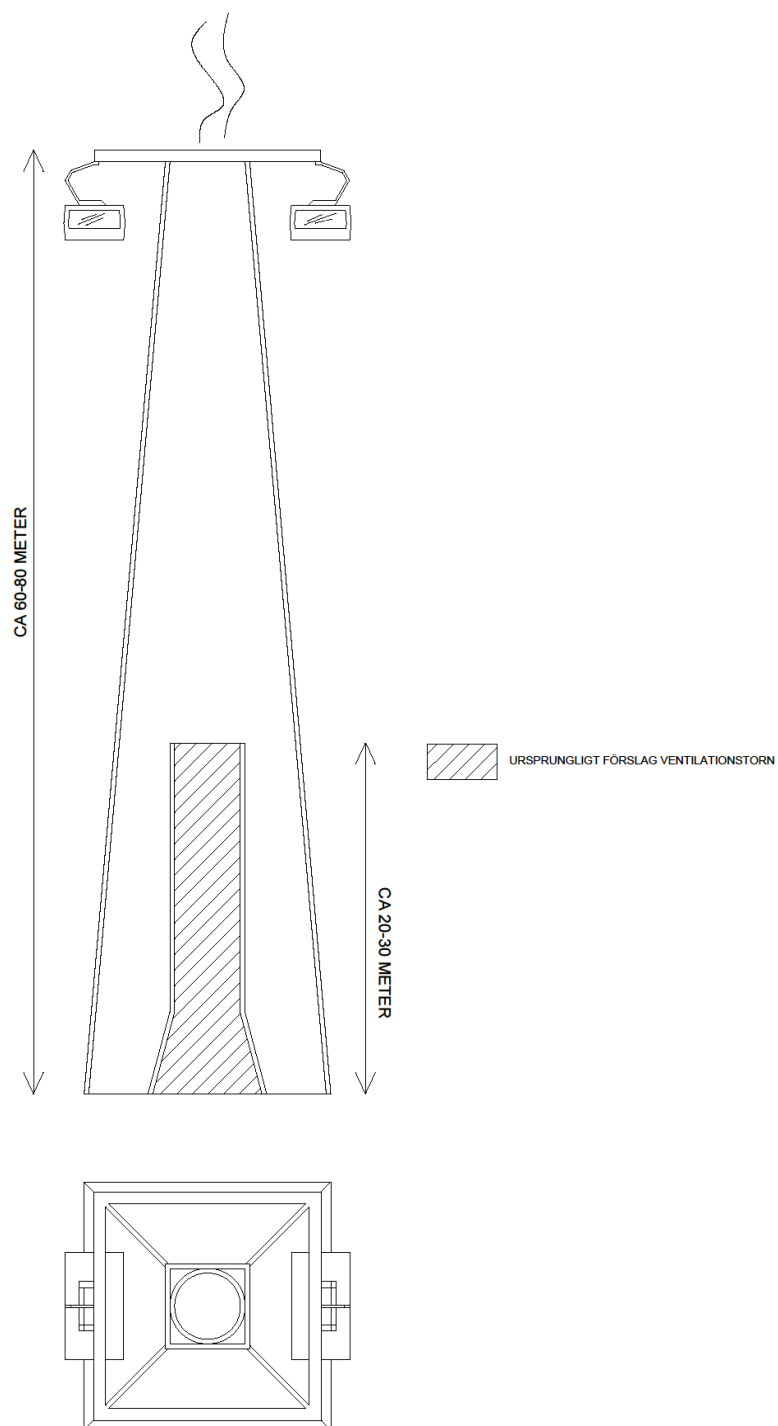
Vid en integration av tornen måste en dialog mellan de två organisationerna (Trafikverket och Göteborg Stad) hållas. Ägandeförhållandet måste utredas och kontrakt behöver tecknas. Vilken organisation ska hålla i underhållet? Ska båda ansvara för underhållet? Vilka delar av det integrerade tornet tillhör vardera organisation? Vilka får tillgång till att komma åt konstruktionen? Linbanetornet ligger i Göteborgs stads intresse medan ventilationstornet ligger i Trafikverkets intresse.

Fördelar/Nackdelar:

- + Endast en byggnad i området ger en renare arkitektonisk utformning i en känslig stadsmiljö.
- + Båda tornen byggs på en gång och ventilationstornet finns på plats om det behövs i framtiden.
- + Enda möjliga läget idag för ett linebanetorn inom detaljplanen.
- Ägandeförhållandet i det integrerade tornet behöver klargöras och avtalas.
- Risken finns att ingen av de båda funktionerna (avlufstorn, linbanetorn) blir optimal då hänsyn behöver tas i en konstruktion till båda funktionerna.
- Mindre ombyggnad av DU1, kulvert.

	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 4
--	---	------------------	--------------

INTEGRERA TORNEN



Figur 2: Principskiss integration av ventilations- och linbanetorn

	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 5
--	---	------------------	--------------

Förlänga kulvert

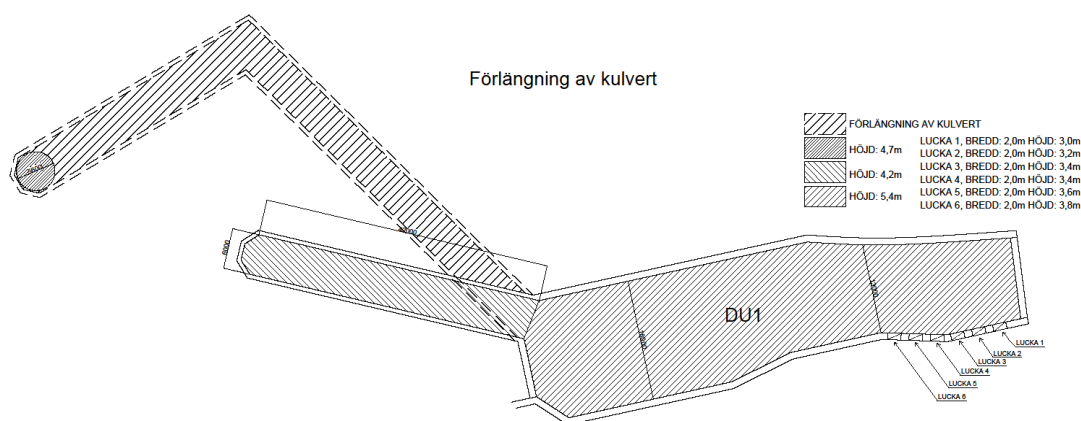
Ett annat alternativ är att förlänga kulverten för att ventilationstornet inte ska hamna under linbanan. Att förlänga kulverten ökar friktionsförlusterna marginellt så länge skarpa knäckar längs sträckan undviks.

Tabell 2 visar hur kulvertens längd och form påverkar tryckförlusterna och effektbehovet på fläktarna. För en knäck på kulverten med 90° vinkel har ζ satts till ett antaget värde av 1,2 (Skarp böj).

Tabell 2: Påverkan vid förlängning av kulvert. Källa HBI

Fall	Form	Area (m ²)	Aerodynamisk diameter	Längd (m)	Tryckförlust (Pa)	Fläkteffekt i jämförelse till fall 1 (kW)
1	Rak	24	4,8	40	8	-
2	Rak	24	4,8	200	38	+11
3	90° böj	24	4,8	40	81	+27

Järntorgsmotet är ett hårt belastat trafikområde och att förlänga en kulvert kommer att påverka trafikens framkomlighet i området negativt. Det är även mycket kanalisation i området idag som försvårar arbetet och ökar riskerna till att bli ett kostsamt åtagande. De markförhållanden och ägandeförhållanden av marken i området är också en faktor som gör det problematiskt att genomföra de arbeten som krävs enligt detta alternativ. En förlängning kan enbart realiseras med utformning liknande principskissen om hänsyn till dagens vägsträckningar ska tas i beaktning. Mark från Stenas Danmarksterminal behöver även tas i anspråk.



Figur 3: Principskiss förlängning av befintlig kulvert

Fördelar/Nackdelar:

+ Förberedelse av kulverten under mark medför att själva tornet kan byggas senare om behov uppstår utan att påverka linbanan.

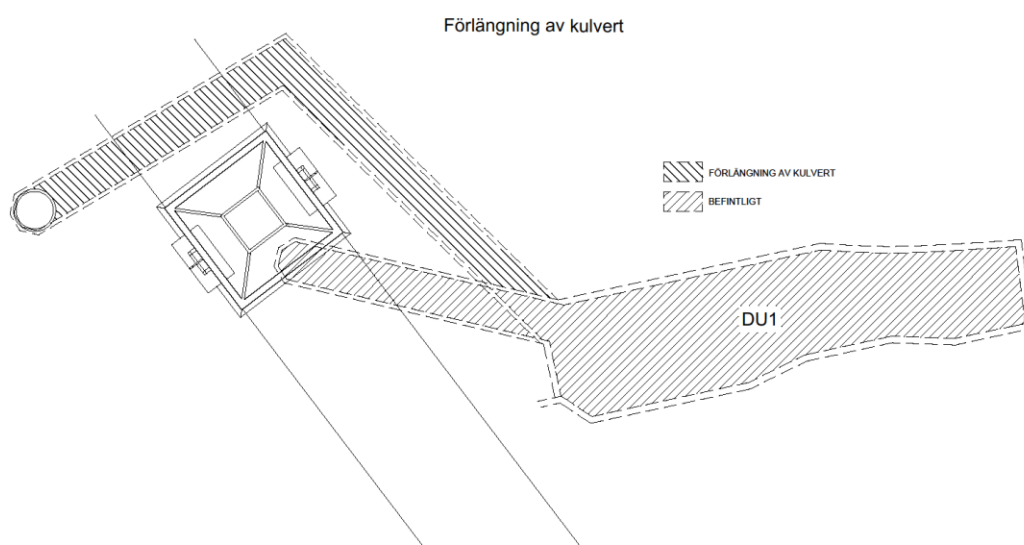
	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 6
--	---	------------------	--------------

+ Ventilationstornet och därmed den förorenade tunnelluften kan flyttas längre ifrån de bostäder som planeras ovanför tunnelmynningen.

+ Linbanetornets placering kan optimeras utan hänsyn till ventilationstornets placering/byggrätt.

- Kostnaden för en förlängning av kulverten riskerar att bli stor främst med hänsyn till korsande kulvertar och ledningar samt trafik.

- Ägandeförhållandena och möjligheten att bygga den förlängda kulverten utan alltför skarpa knäckar eller areaförändringar är en osäkerhet.



Figur 4: Principskiss förlängning av befintlig kulvert

	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 7
--	---	------------------	--------------

Ingen förändring

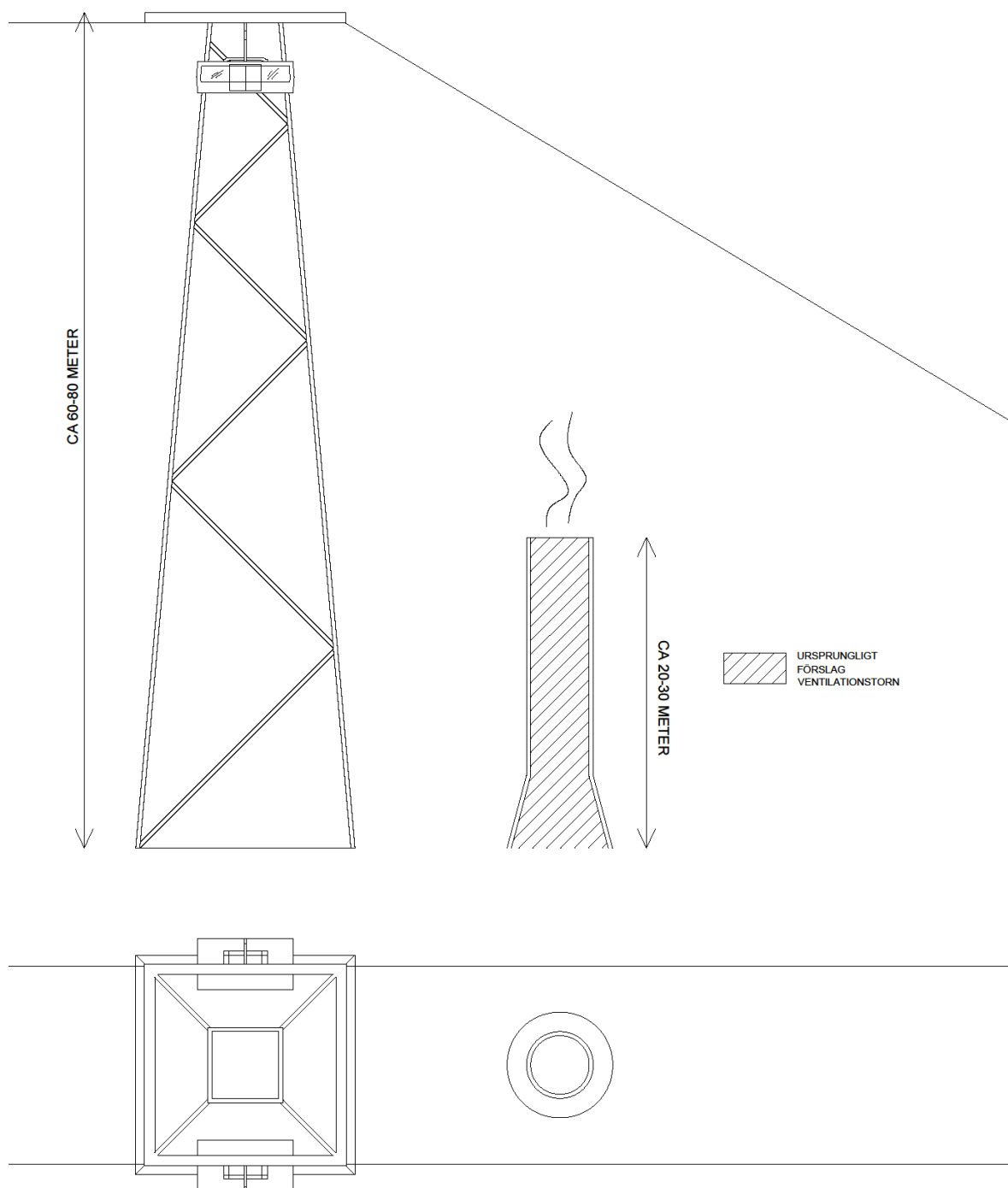
Tredje alternativet är att uppföra ventilationstornet på den avsedda platsen sedan tidigare. Det möjliggör att bygga linbanetornet och enbart ta hänsyn till att ventilationstornet uppförs på den tidigare avsedda platsen. Byggs linbanetornet på en annan plats behöver inte ventilationstornet byggas förrän det finns uppmätta siffror på att ett ventilationstorn är nödvändigt för att tillgodose luftkvaliteten i området. Tvister kring underhållsarbete och ägandeförhållanden försvinner i och med att det blir två olika anläggningar. Detta alternativ blir svårt att realisera med dagens förutsättningar. Det finns en risk att linbanetornet hamnar för nära kajkanten om tornen inte integreras och linbanan byggs med den sträckning som är planerad i dagsläget. Detta alternativ medför även att ventilationstornets mynning hamnar närmare linbanan.

Fördelar/Nackdelar:

- + Ägandeförhållandena kring tornen är enklast för detta alternativ.
- + Ventilationstornet behöver inte byggas förrän behov uppstår.
- Linbanetornet kan komma för nära kajkanten och den befintliga dagvattenkulverten, vilket kan resultera i omfattande ombyggnader och kostnader som konsekvens.
- Risken för ventilationstornets påverkan på linbanan behöver utredas.
- Det arkitektoniska utseendet med två torn så pass nära varandra i denna känsliga stadsmiljö riskerar att påverka omgivningen negativt.

	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 8
--	---	------------------	--------------

INGEN FÖRÄNDRING



Figur 5: Principskiss, ventilationstorn uppförs på den tidigare avsedda platsen med sin tidigare projekterade höjd

	DOKUMENTTYP PM – Götatunnelns ventilationstorn vid Järntorgsmotet	ANTAL BLAD 12	BLAD NR 9
--	---	------------------	--------------

Luftkvalitetsutredningar

Enligt en utredning av COWI, *Luftkvalitetsutredning till detaljplan för Järnvågsgatan m fl inom stadsdelen Masthugget*, gällande luftkvaliteten i området idag och i ett framtidsscenario (2025 för NO₂ och 2035 för partiklar) krävs ett ventilationstorn i området för att möjliggöra stadigvarande verksamhet kring Järntorgsmotet. Enligt COWI:s utredning förespråkas ett 20 meter högt ventilationstorn. Fördelarna är dels turbulensen som uppstår från den uppvärmda luften i marknivå som hjälper till att sprida ut luftföroreningarna, att NO₂ och partiklar inte får lika höga toppar av koncentrationer vid vissa höjder och ett lägre ventilationstorn blir billigare att utföra.

Slutsats

Att förlänga kulverten innebär med största sannolikhet stora kostnader där hänsyn till annan kanalisation och olika markägare måste beaktas vilket talar starkt emot detta alternativ. Att uppföra ventilationstornet på sin byggrätt och inte integreras med linbanetornet medför att linbanetornet riskerar att hamna för nära kajkanten och mark från Stenas färjeterminal måste tas i anspråk vilket även det talar starkt emot det alternativet.

I och med att COWI:s utredning pekar på att ett ventilationstorn krävs förespråkar vi alternativet med att integrera tornen. Att integrera tornen medför att de båda tornen måste samordnas och risken att det ena tornet utesluter möjligheten till att genomföra det andra tornet försvinner eftersom de projekteras tillsammans. En stor fråga konstruktionsmässigt är hur tornens grundläggningar ska samordnas och ge tillräcklig kapacitet.

En djupare utredning och projektering krävs för att redogöra möjligheterna till att kunna integrera tornen och forma en tilltalande gestaltning.

Bilagor

Bilaga 1, 100A5813 Principutförande ventilationstorn vid Järntorget fasad

Bilaga 2, 100A5814 Principutförande Ventilationstorn vid Järntorget Sektion A-A, B-B Detalj D1, D2

Bilaga 3, 142K2327 Tunneltak och ramper, översikt stolpar, kanalisation, dränering

Bilaga 4, 142K2328 Tunneltak och ramper, översikt stolpar, kanalisation, dränering

Bilaga 5, 171K23a1 Frånluftskanal Gjutetapp 71 a och b, Mått: planer och sektioner

Bilaga 6, 171K23a5 Frånluftskanal Gjutetapp 71 a, Betongblock, mått och armering: Detaljer

Bilaga 7, 171K23c1 Frånluftskanal Gjutetapp 71 c och d Mått: Planer, sektioner

Bilaga 8, 171K23d1 Gjutetapp 71 d, Mått: planer, sektioner

Bilaga 9, 171K23e1 Gjutetapp 71 e, Mått: Planer, Sektioner

Bilaga 10, 171K23f1 Gjutetapp 71 f, Mått: Planer, Sektioner

Bilaga 11, 171K23g1 Gjutetapp 71 g, Mått: Planer, Sektioner

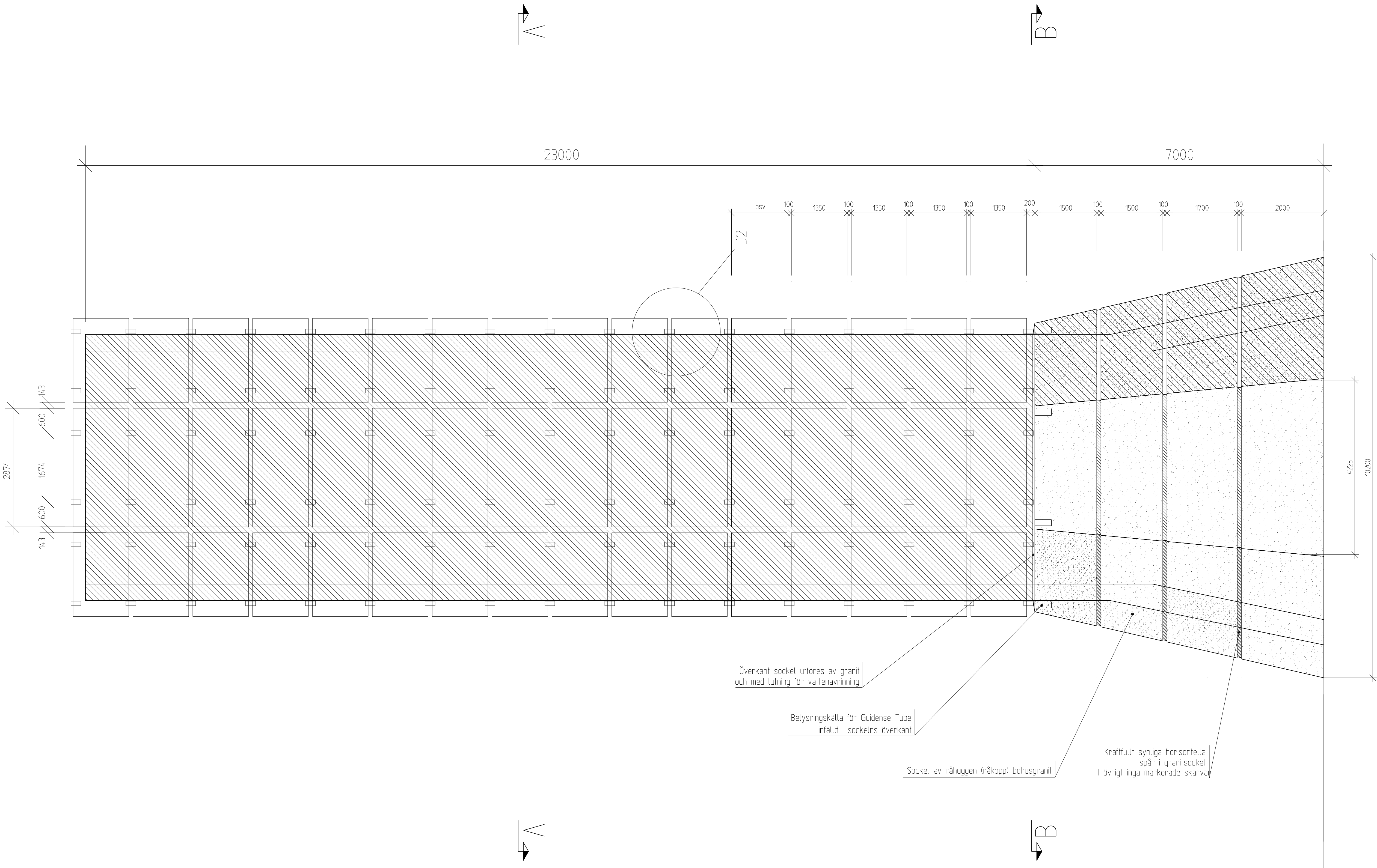
Bilaga 12, 171K23h1 Gjutetapp 71 h, Mått: Planer, Sektioner

Bilaga 13, 171K23i1 Gjutetapp 71 i, Mått: Planer, Sektioner

Bilaga 14, 171K23j1 Gjutetapp 71 j, Mått: Planer, Sektioner

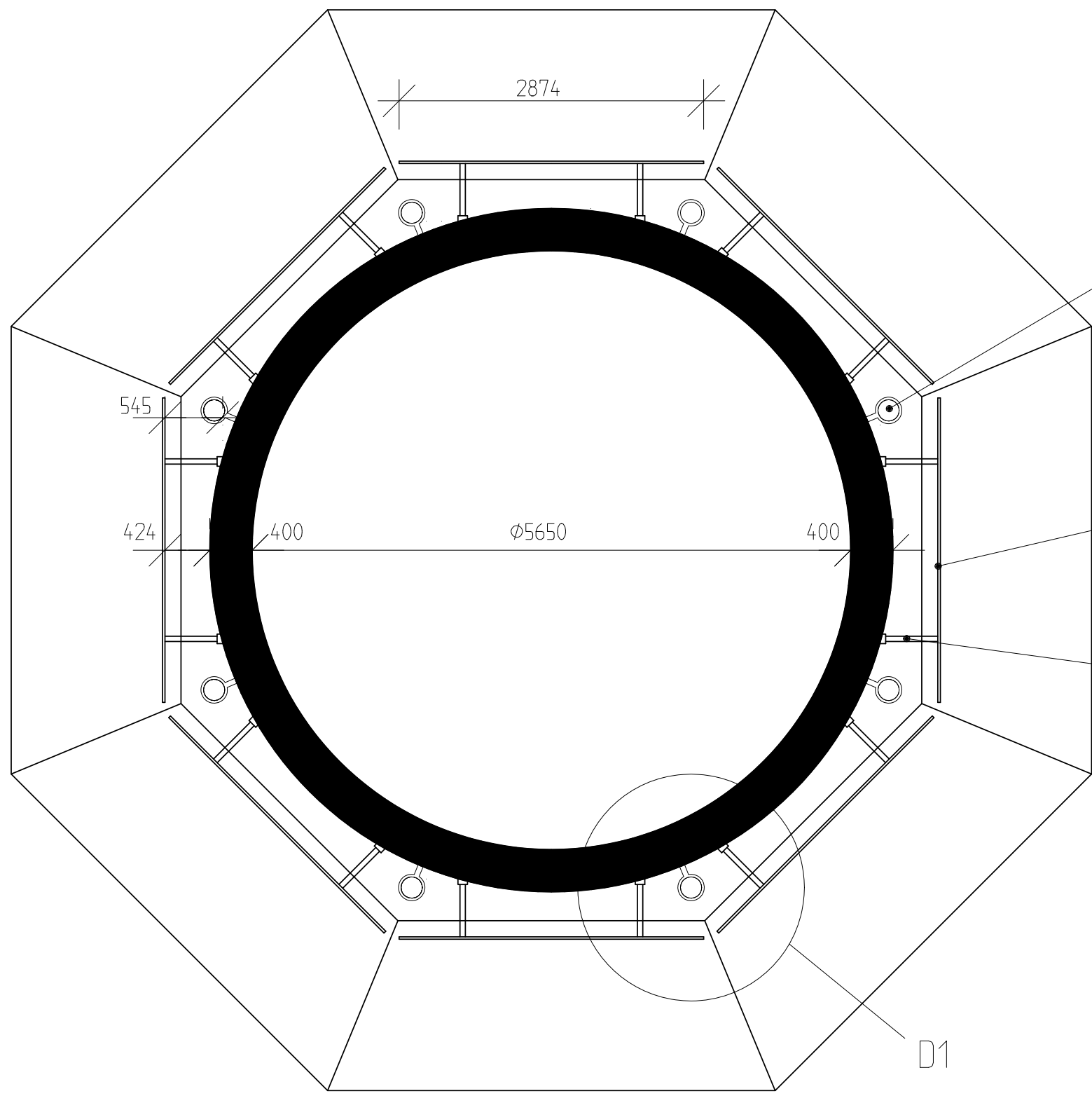
HÄNVISNINGAR
Detaljer se ritning 100A5814

Denna ritning gäller som princip
för ventilationstornets utförande



Fasad

REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SEDOKÄND	DATUM
BYGGHANDLING			ARBETSHANDLING	
			VÄG 45, GÖTATUNNELN FISKHAMNSMOTET - JÄRNTORGET	
			ENTREPRENAD J2, PRINCIPUTFÖRANDE VENTILATIONSTORN VID JÄRNTORGET FASAD	
 				
FFNS				
KONSTR SHEDLUND GÖTEBORG	GRANSK P.HILLINGE 1998-11-20	KONSTBYGGNADSNR	FORMAT A1 RITNINGSNR	SKALA 150
429013			1 00 A 58 13	REV



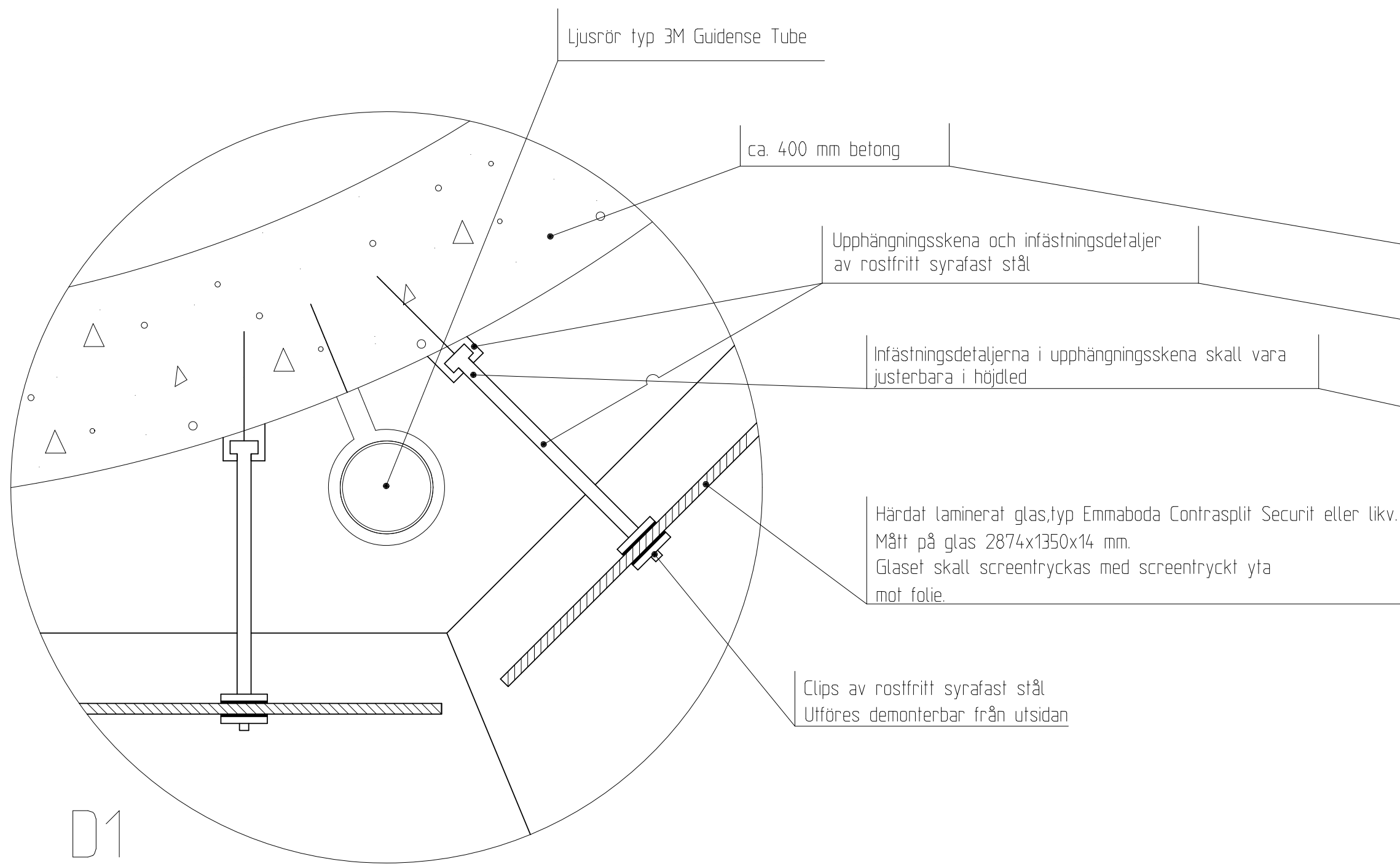
Sektion A-A

Skala 1:50



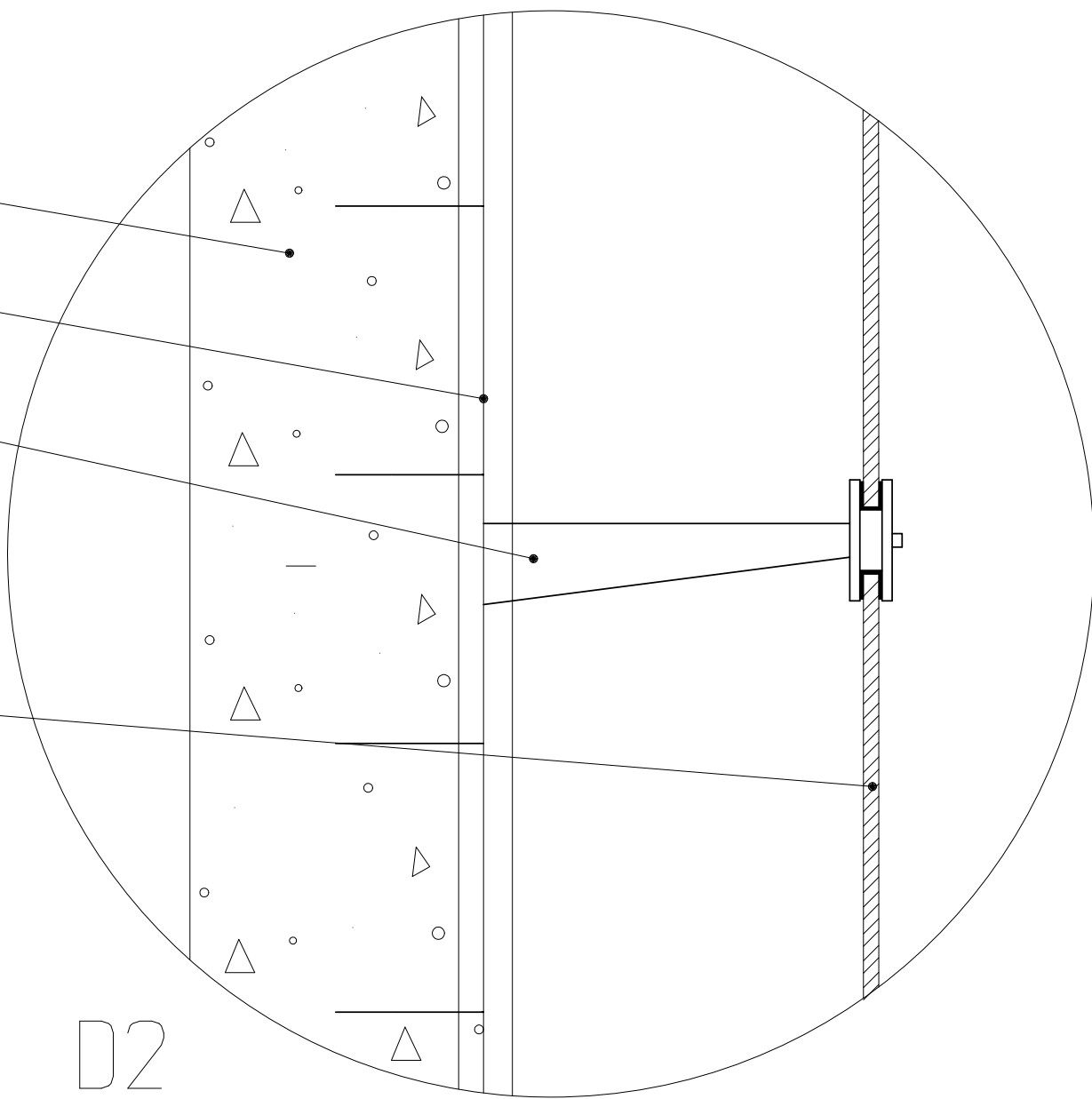
Sektion B-B

Skala 1:50



D1

Skala 1:10



D2

Skala 1:10

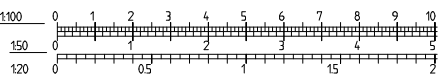
HÄNVISNINGAR
Fasad se ritning 100A5813

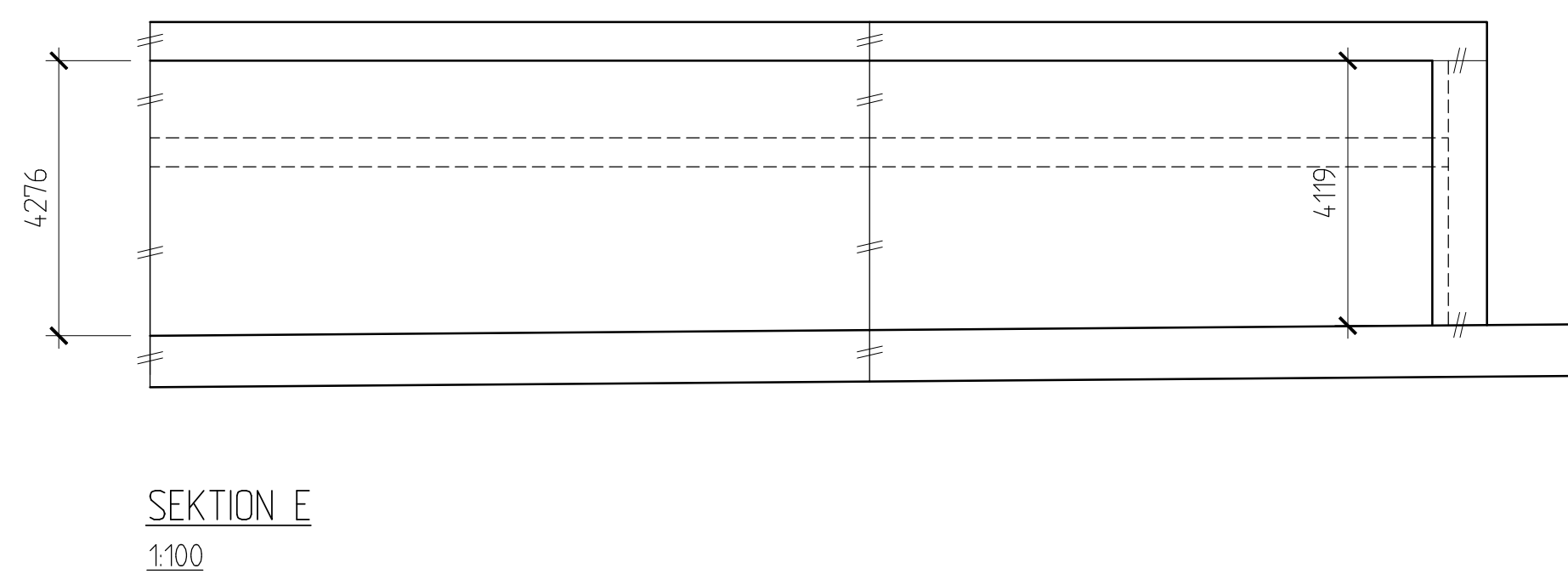
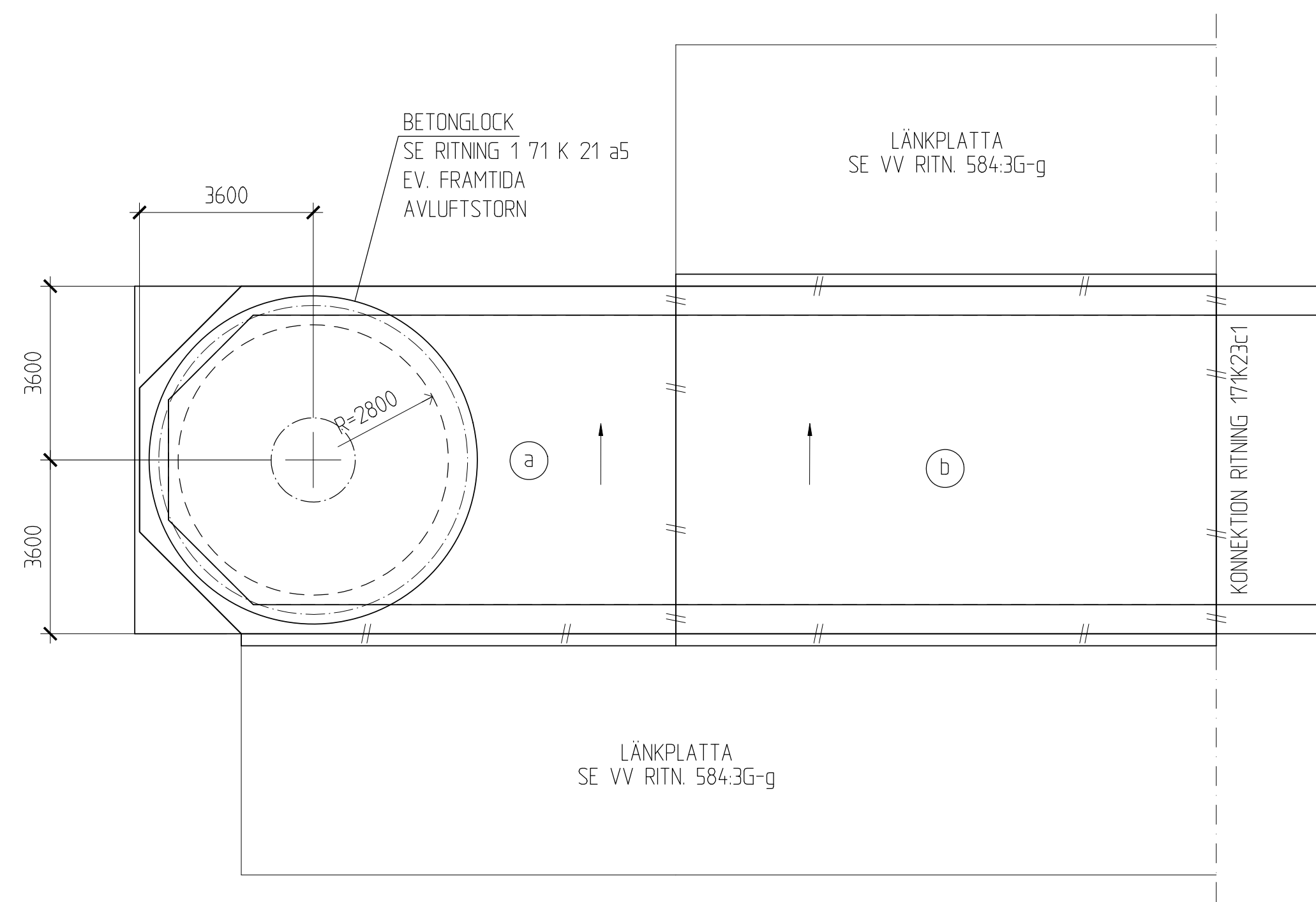
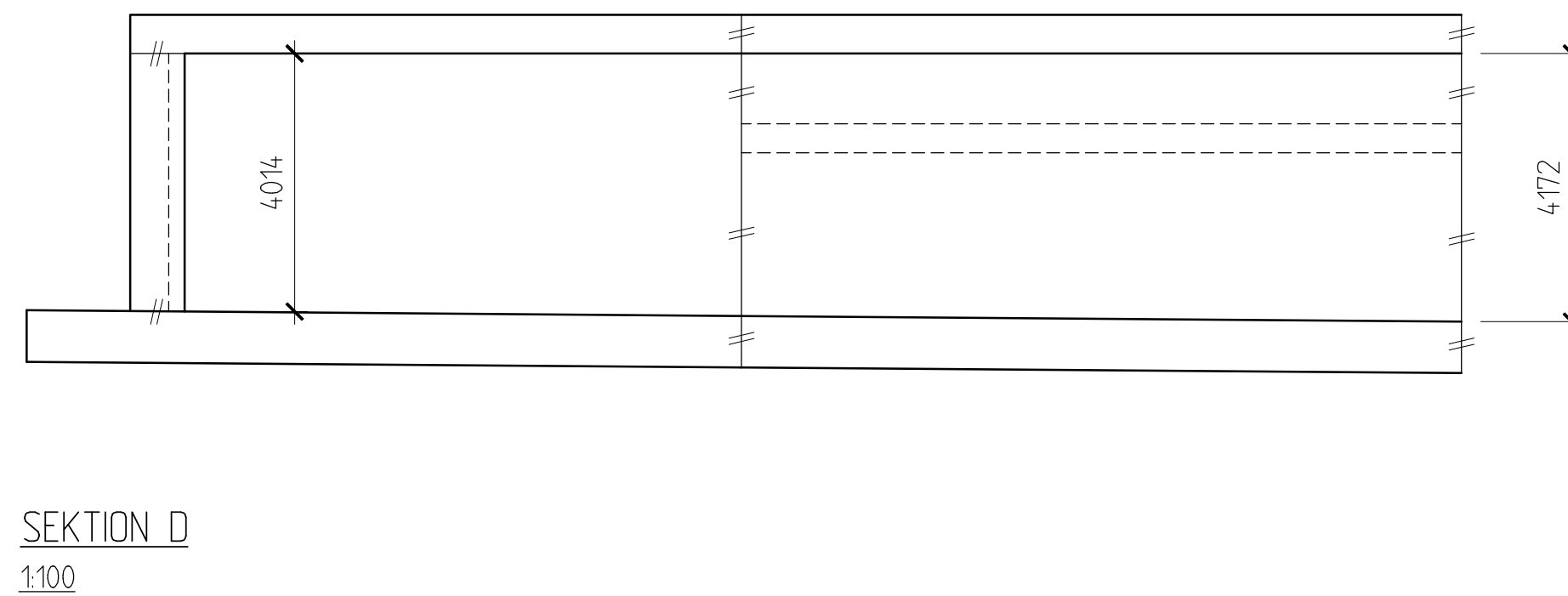
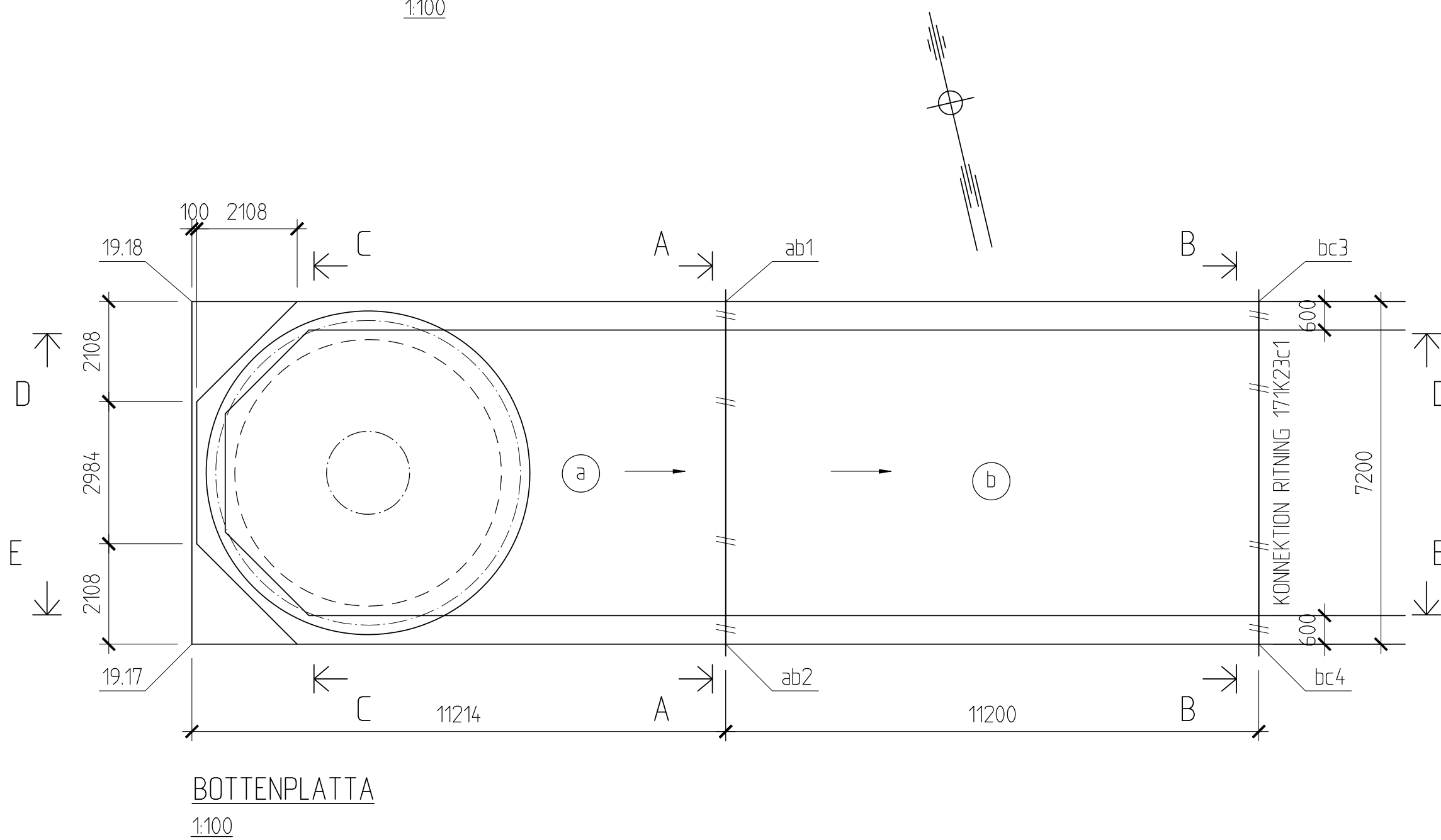
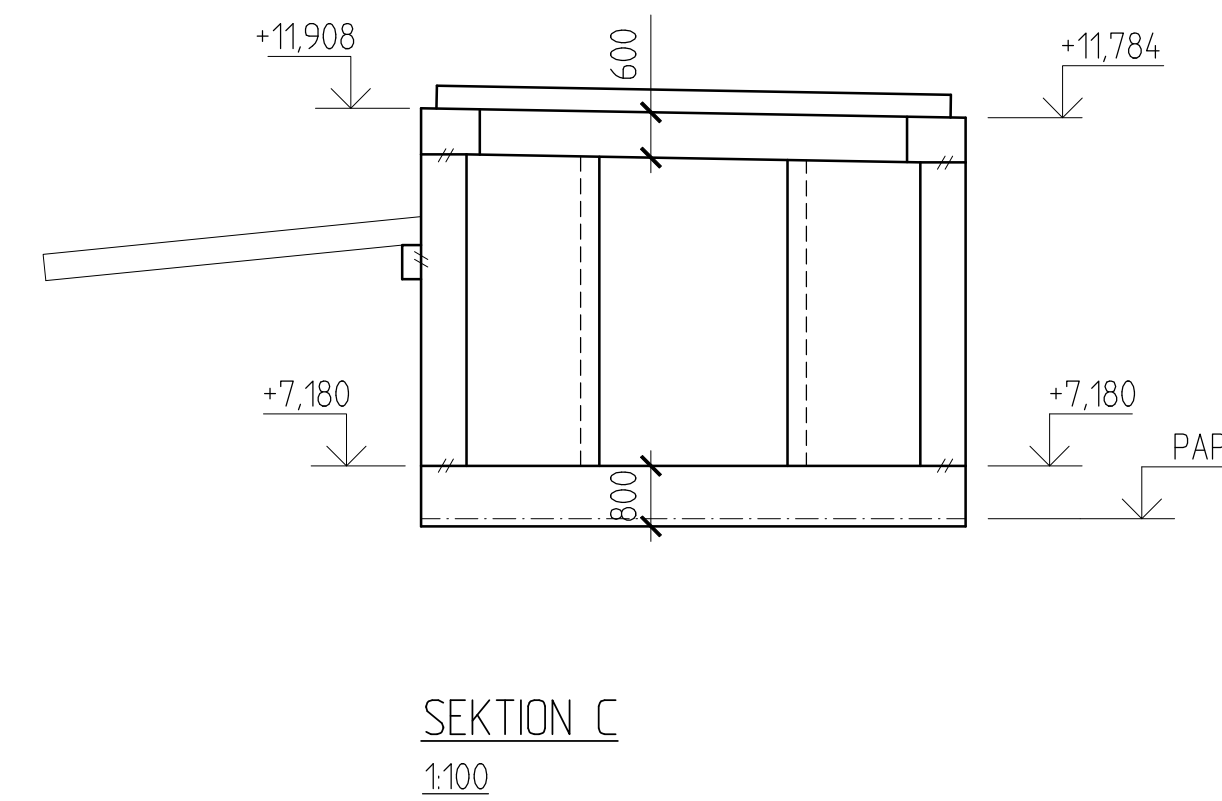
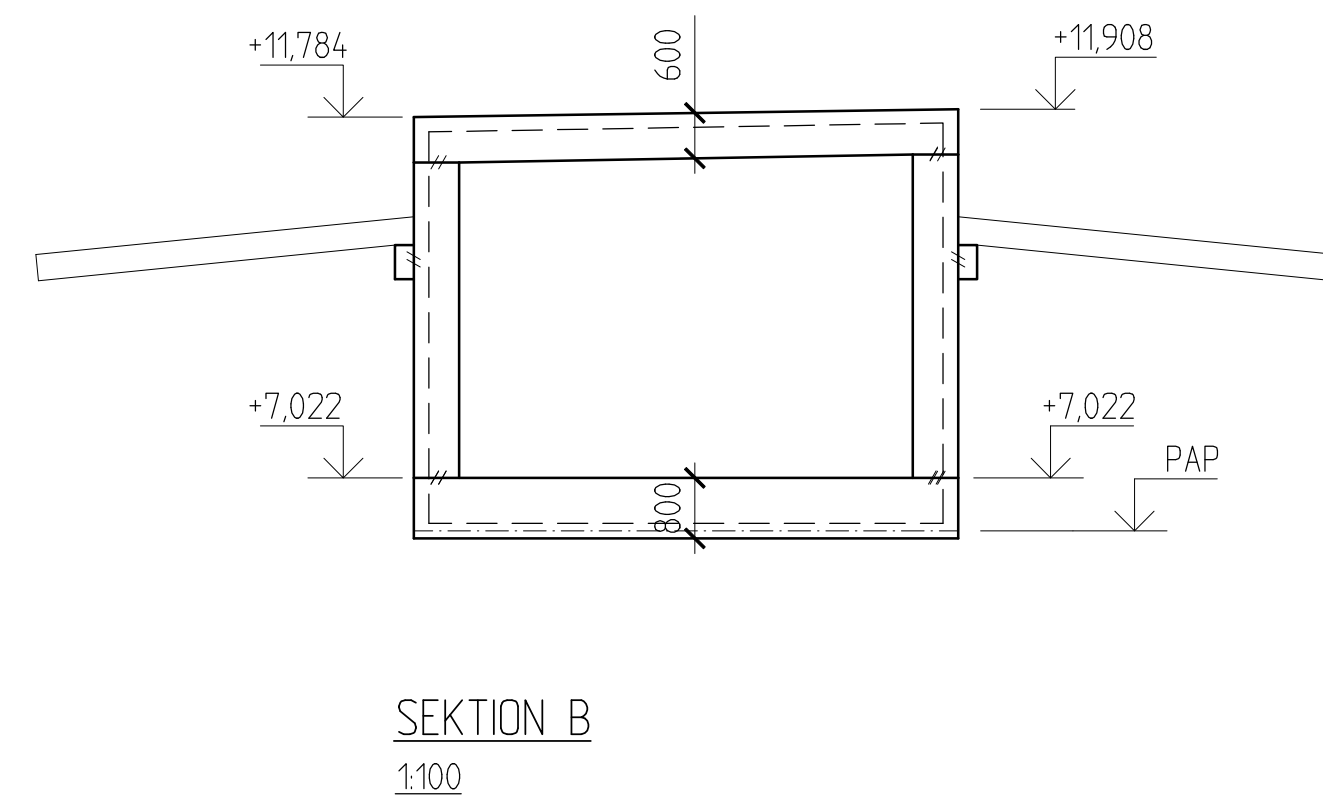
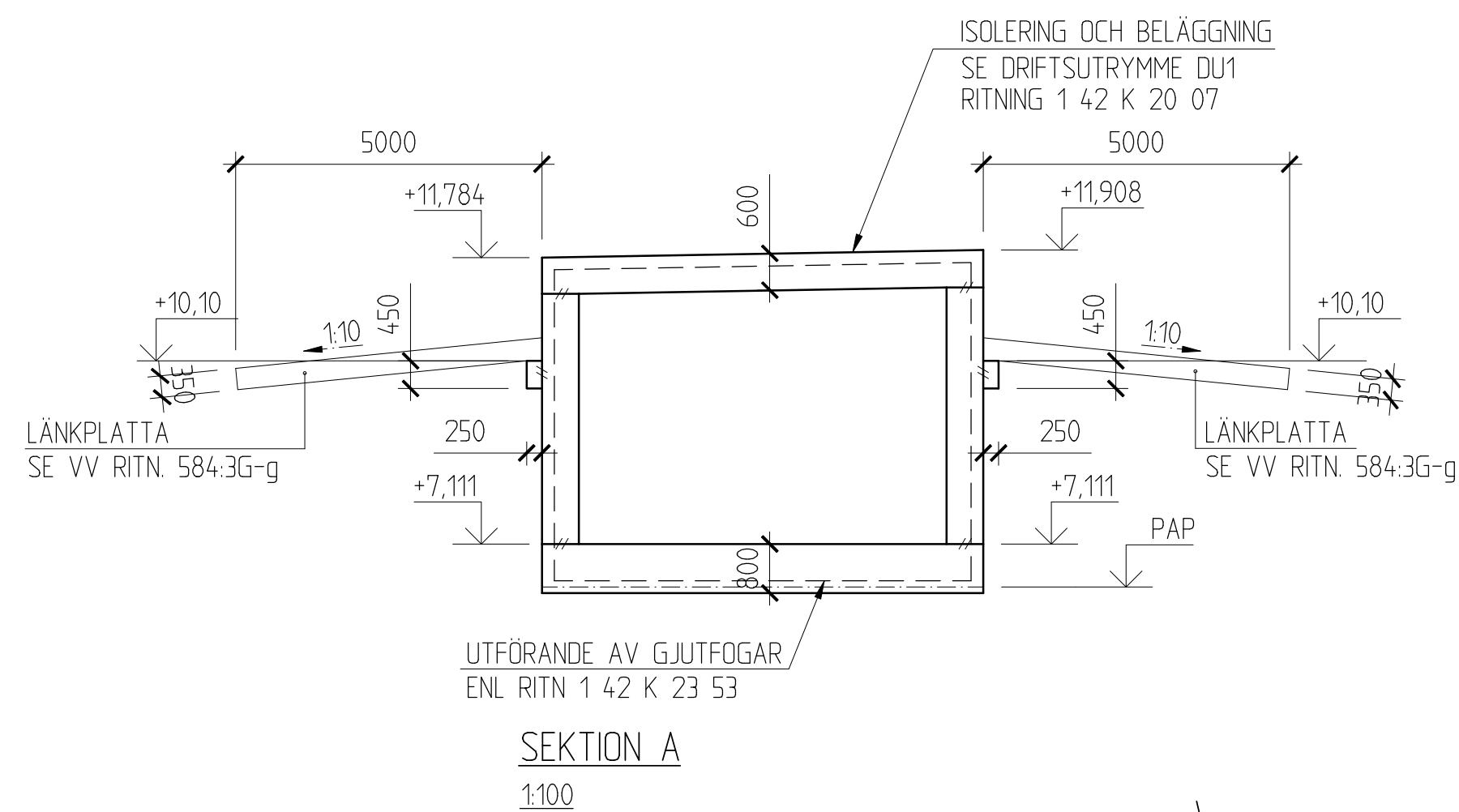
Denna ritning gäller som princip
för ventilationstornets utförande

REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SEDOKÄND	DATUM
BYGGHANDLING			ARBETSHANDLING	
			VÄG 45, GÖTATUNNELN FISKHAMNSMOTET - JÄRNTORGET	
			ENTREPRENAD J2, PRINCIPUTFÖRANDE VENTILATIONSTORN VID JÄRNTORGET SEKTION A-A,B-B. DETALJ D1,D2	
 				
SWECO FFNS				
KONSTR SHEDLUND GÖTEBORG	GRANSK P.HILLINGE 1998-11-20	KONSTBYGGNADSNR	FORMAT A1	SKALA 150,1
OBJEKT NR 429013			SKALA 1 00 A 58 14	REV

VV 2001-05-28:184

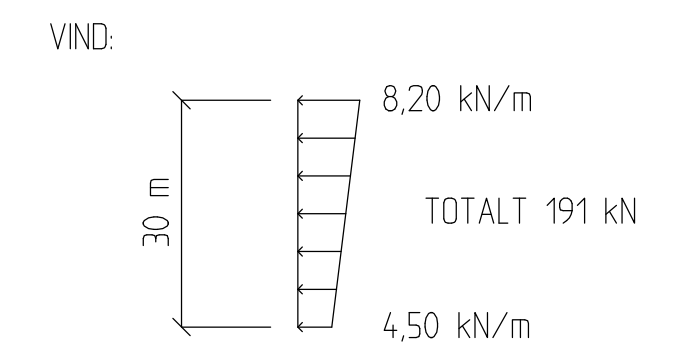
GAMMALT NR: B-1734 - J2





HÄNVISNINGAR

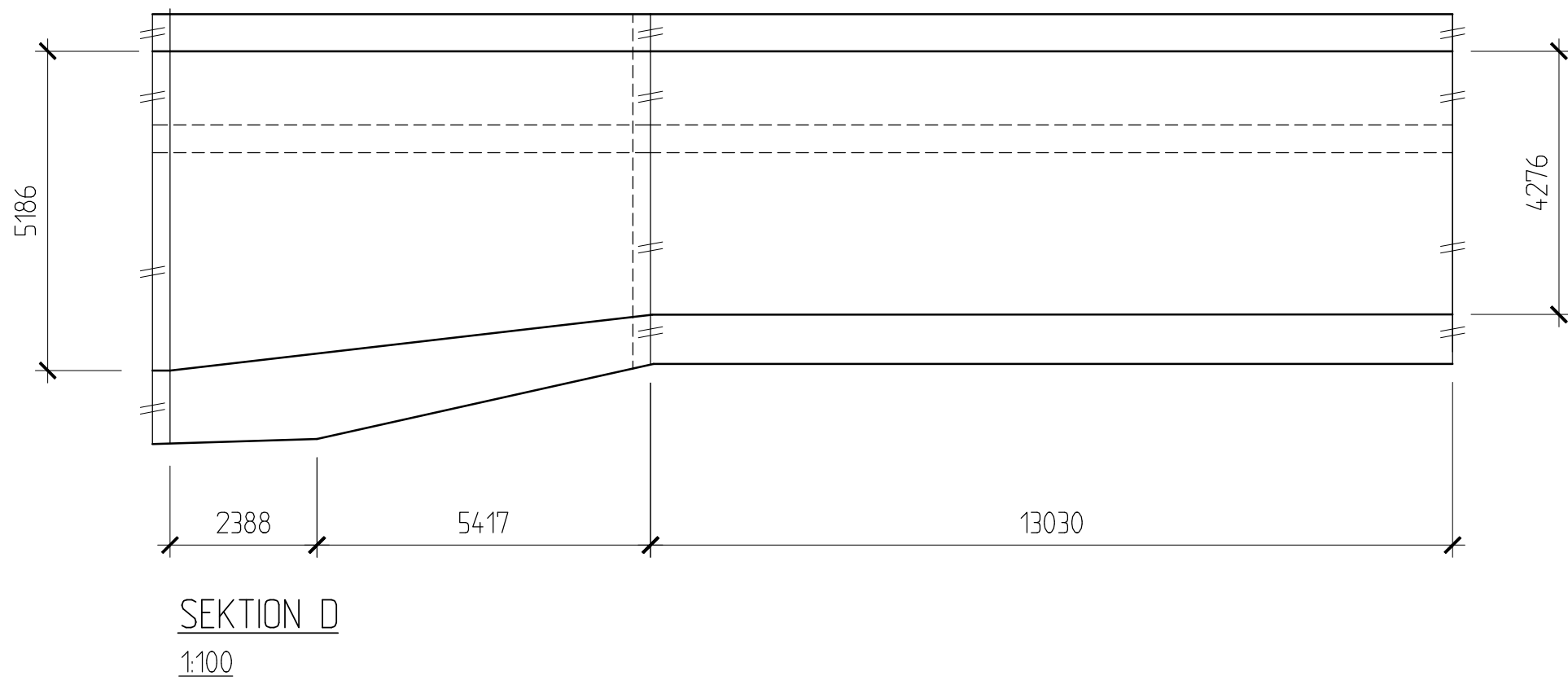
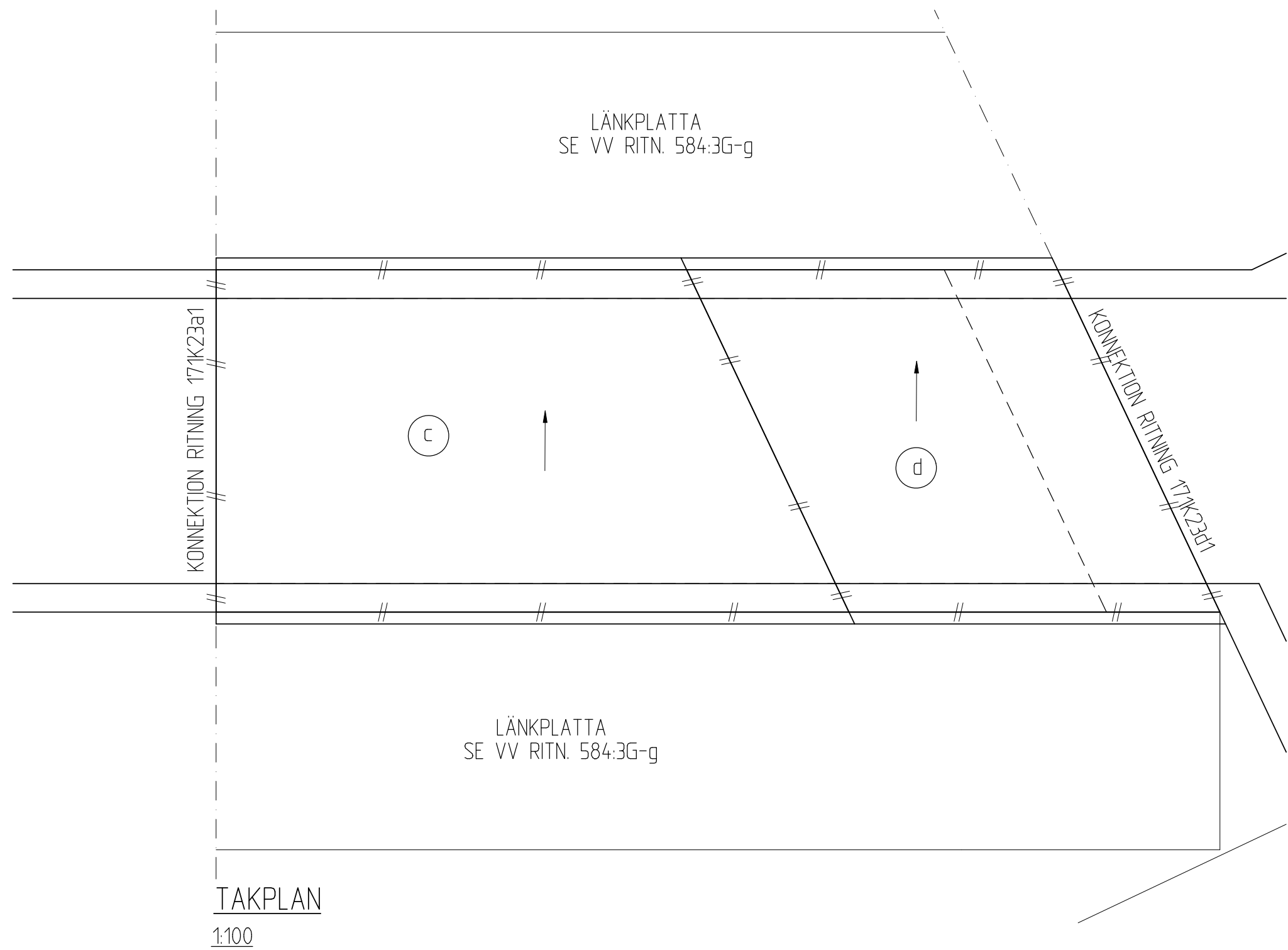
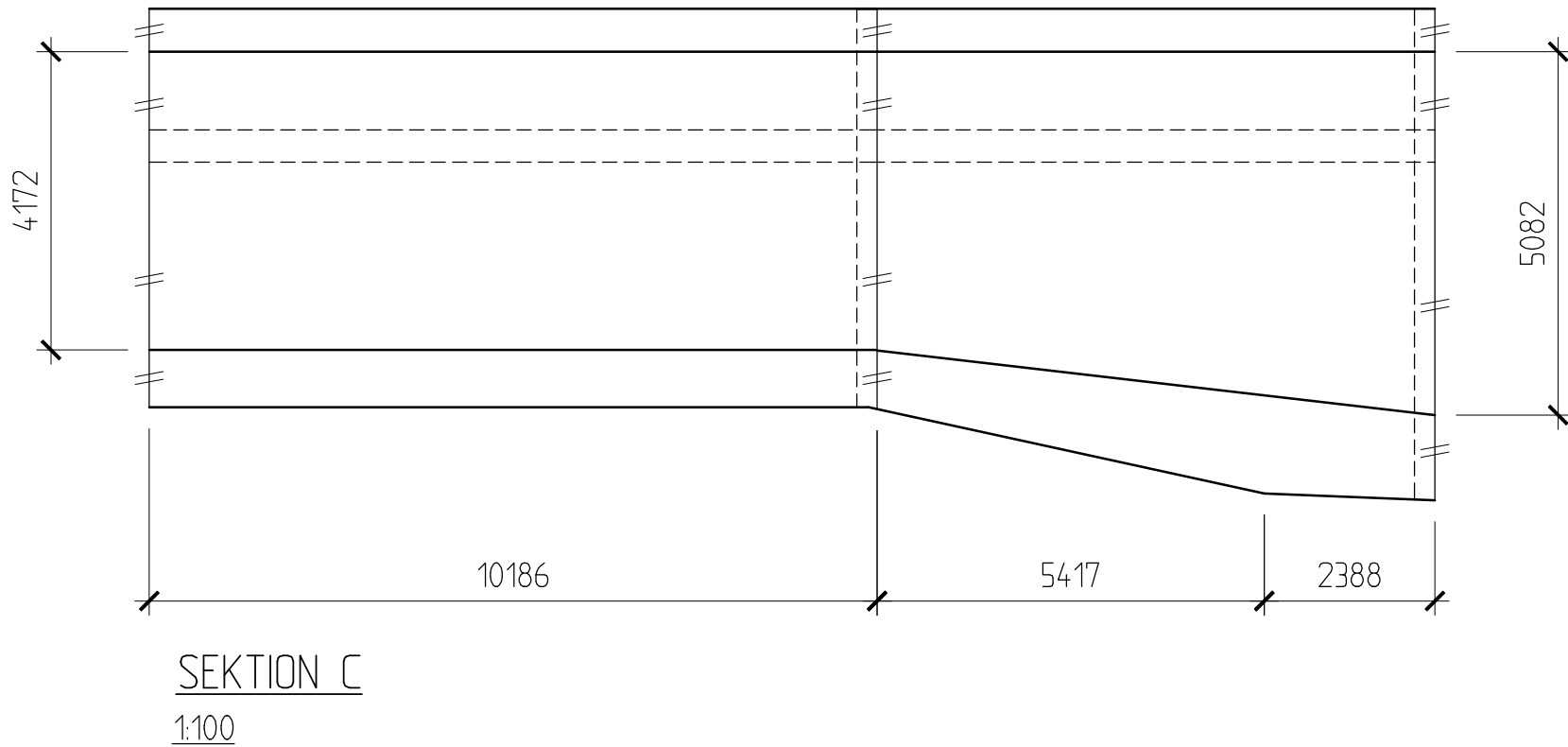
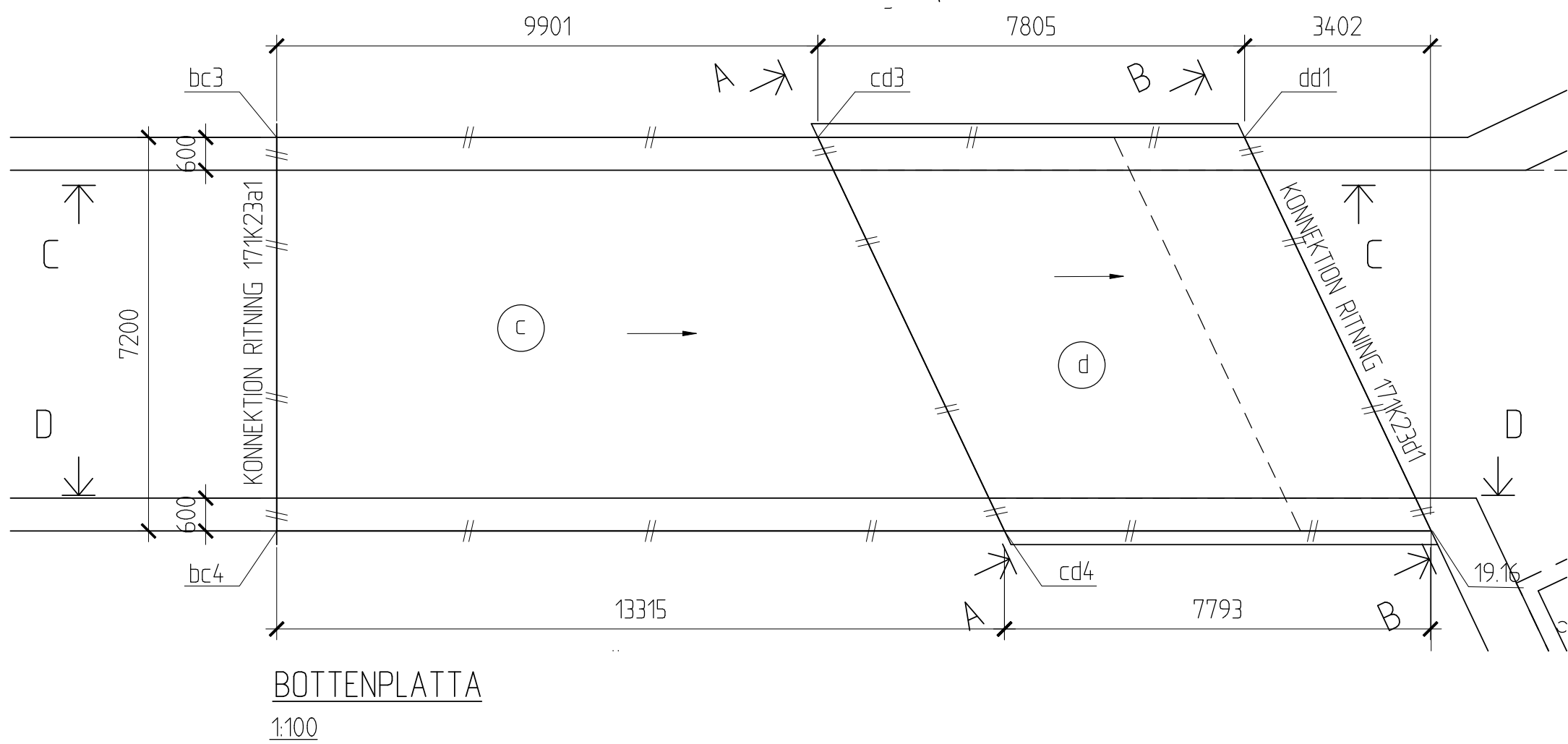
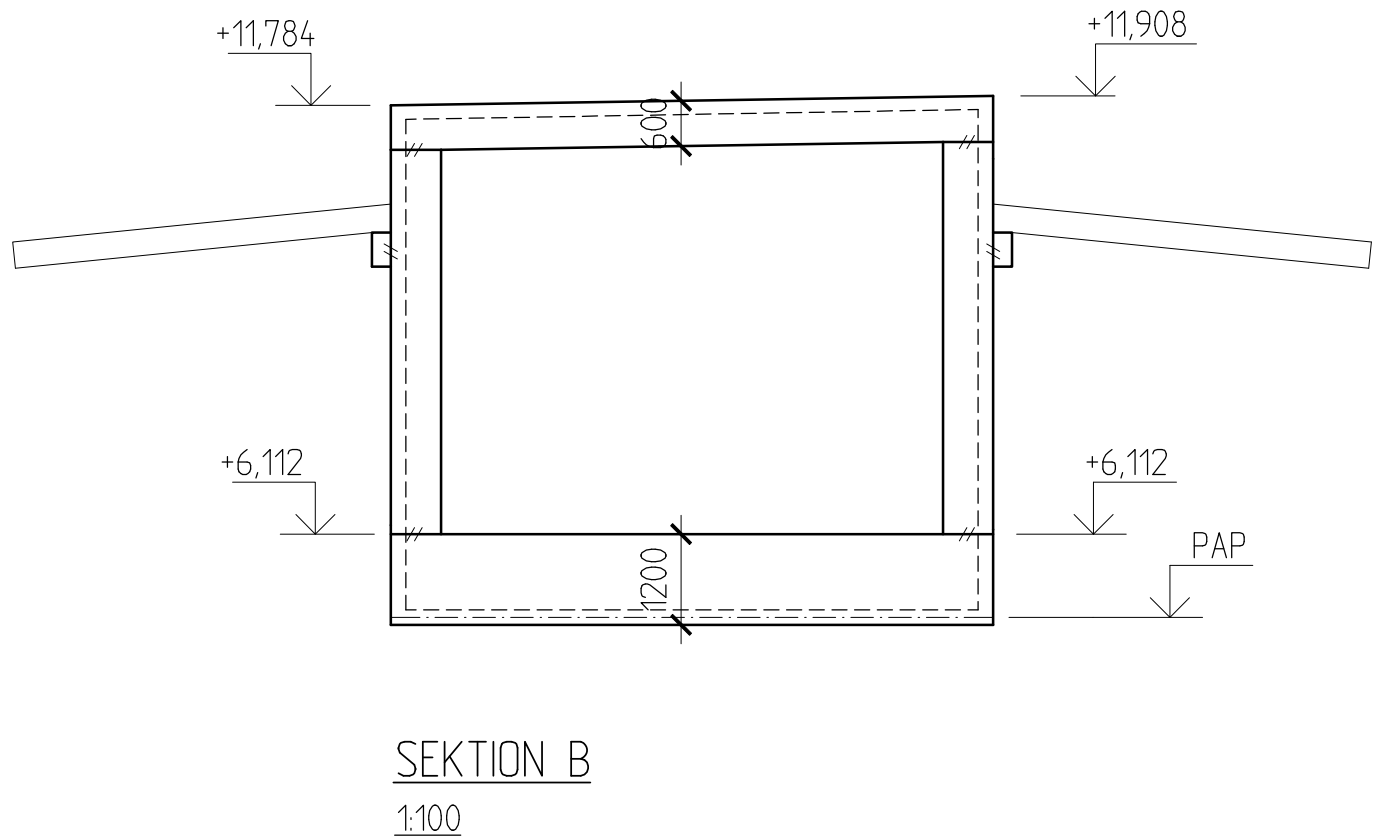
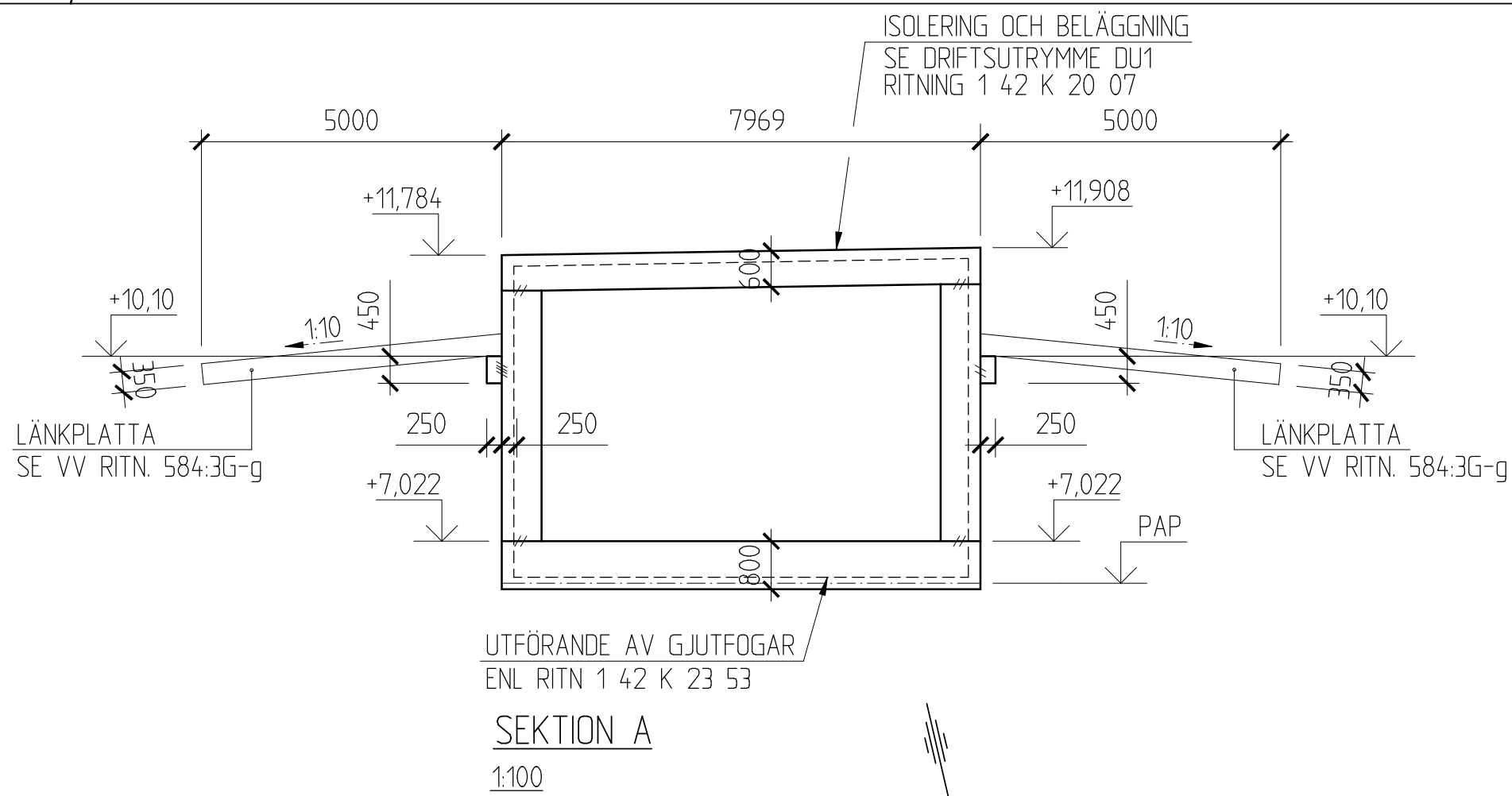
ALLMÄNNA ANVISNINGAR SE RITNING 1 42 K 20 06 - 07
PÄLPLAN SE RITNING 1 42 K 21 13
PÅLÅSVÄRSKARTOR (PAP) SE RITNING 1 42 K 21 17
MÖTHÅLLSPÅLOR SE RITNING 1 42 K 21 11
BOTENPLÅTTA, KOORDINATER, ÖVERSIKT SE RITNING 1 42 K 21 19
TAK, KOORDINATER, ÖVERSIKT SE RITNING 1 42 K 23 21
LÅNGSEKTIONER SE RITNING 1 42 K 23 25
GJUTFÖROR SE RITNING 1 42 K 23 53



O 1561:02 dp
gen av Vägverket, Avdelningen för bro och tunnel, enligt
daterat 2002-04-23 med diarienummer O 1561 2002:396

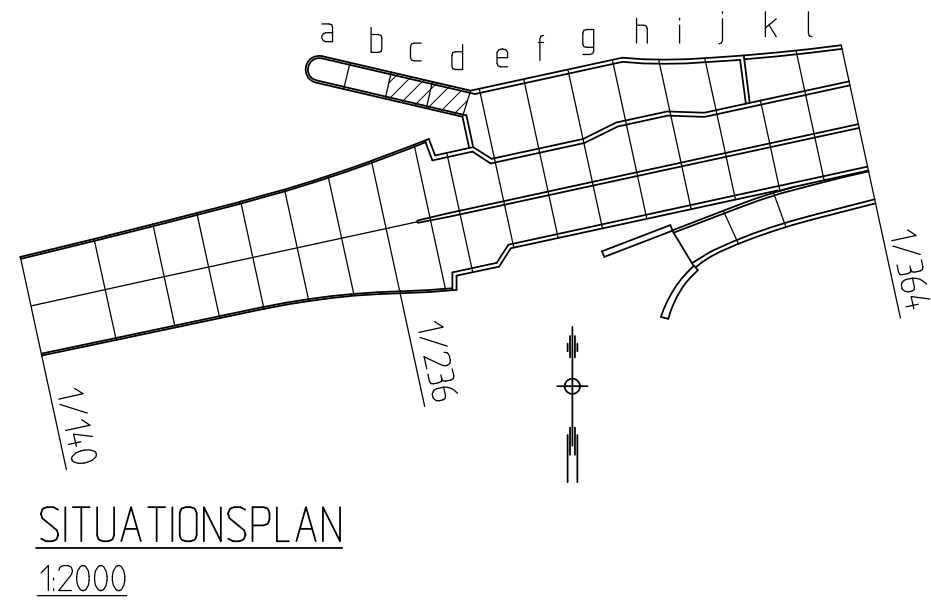
REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSEER	EGOKÄND	DATUM
RELATIONSHANDLING				
 Vägverket Region Väst			VÄG 45, GÖTATUNNELN FISKHAMNSMOTET - JÄRNTORGET BETONGTUNNEL	
SKANSKA Skanska Teknik AB 405 18 GÖTEBORG • BESÖK: LILLA BOMMEN 2 TEL. 031-771 70 00 • FAX. 031-75 38 15 • www.teknisk.skanska.se			FRÄNLUFTSKANAL GJUTETAPP 71 a OCH b MÅTT PLANER, SEKTIONER	
KÖNSTR LN / KM	GRANSK K MJJE	KÖNSTYGGNADNR 0 1561	FORMAT A1	SKALA 1:100
GÖTEBORG	2002-02-14	OBJEKT NR	RITNINGSR	REV
HASSE GUSTÅS		429013	1 71 K 23 a1	

REF: K1422323 I: \model\K1422323.dwg | 2007-01-12 10:02
K1422304 I: \model\K1422304.dwg | 2007-01-12 09:26
K1422323 I: \model\K1422323.dwg | 2007-01-12 09:26



HÄNVISNINGAR

ALLMÄNNA ANVISNINGAR SE RITNING 1 42 K 20 06 - 07
PÄLPLAN SE RITNING 1 42 K 21 13
PÅLAVSKÄRNINGSNIVÅER (PAP) SE RITNING 1 42 K 21 17
MOTHÄLLSPÄLOR SE RITNING 1 42 K 21 11
BOTTENPLATTA, KOORDINATER, ÖVERSIKT SE RITNING 1 42 K 21 19
TAK, ÖVERSIKT SE RITNING 1 42 K 23 21
LÄNGDSEKTIONER SE RITNING 1 42 K 23 25
GJUTFOGAR SE RITNING 1 42 K 23 53



O 1561:02 du
Godtagen av Vägverket, Avdelningen för bro och tunnel, enligt
brev daterat 2002-04-23 med diarienummer O 1561 2002:396

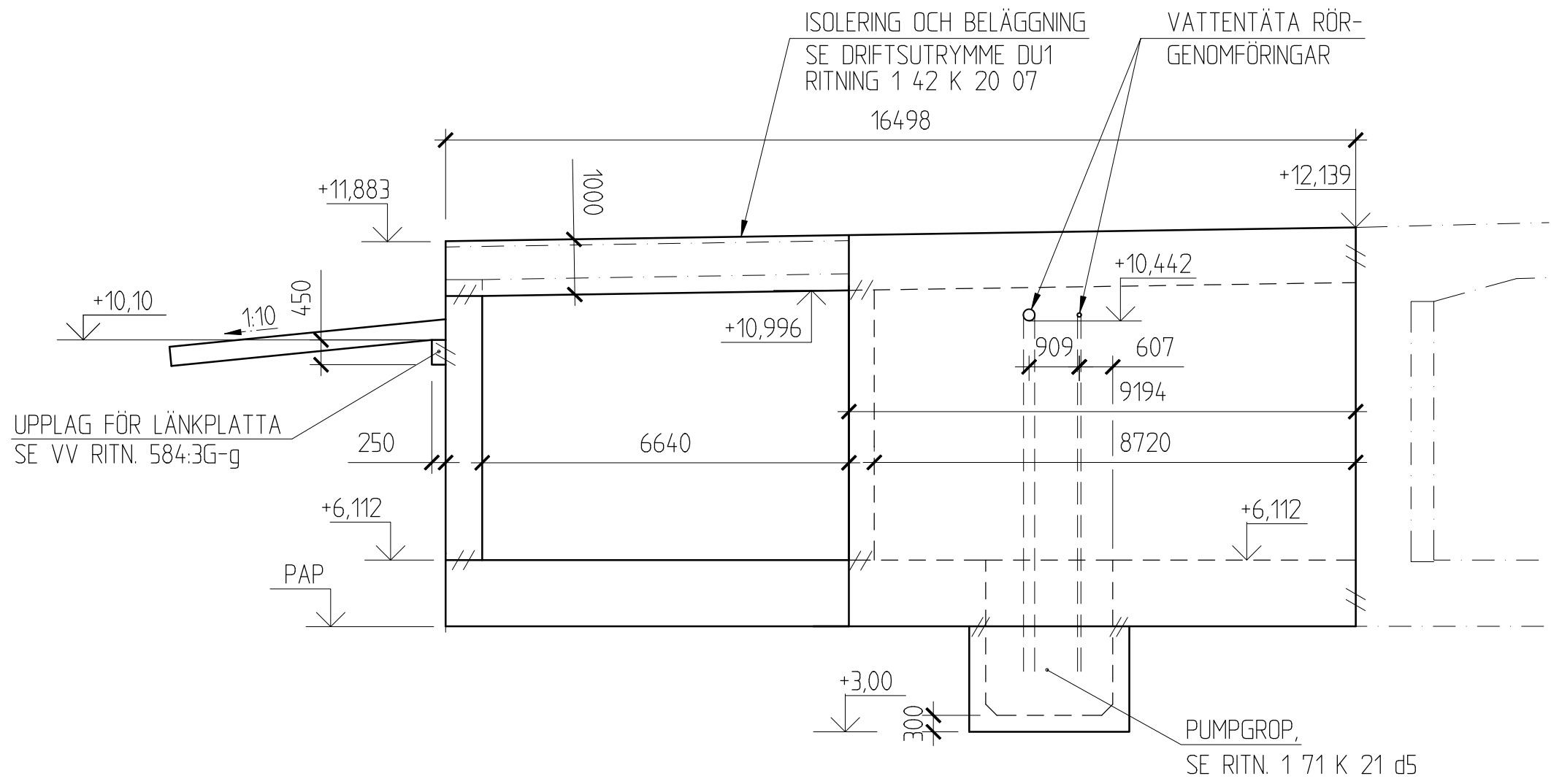
INTYGAS ATT ARBETET ÄR UTFÖRT ENLIGT RITNING

PRODUKTIONSCHEF: ROGER JOHANSSON

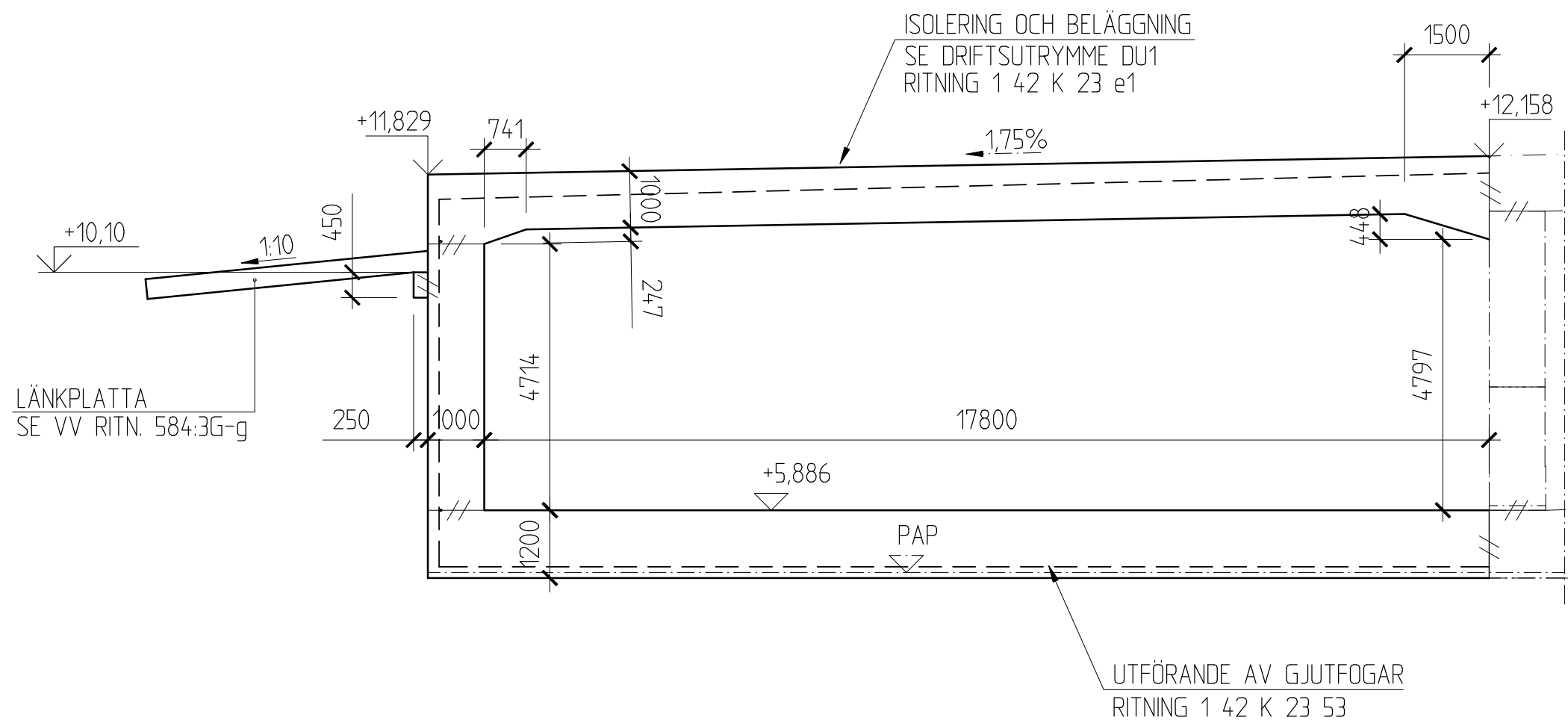
REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GRÄNS	DATUM
RELATIONSHANDLING				
 Region Väst			VÄG 45, GÖTATUNNELN FISKHAMNSMOTET-JÄRNTORGET BETONGTUNNEL	
 Skanska Teknik AB 405 18 GÖTEBORG - BESÖK LILLA BOMMEN 2 TEL: 031-771 10 00 - FAX: 031-15 38 15 - www.teknik-skanska.se			FRÅNLUFTSKANAL GJUTETAPP 71 c OCH d	
KONSTR LN/KM GÖTEBORG			GRANSK K. MUJE 2002-02-14	KONSTRYGGNADSR O 1561 OBJEKT NR 429013
			FORMAT A1 RITNINGSR	SKALA 1:100 REV
HASSE GUSTÅS			1 71 K 23 c1	

P.L.O. 2007-09-19 09:21 P:\3508\LJMK1-1060\K1422323.dwg nordfront

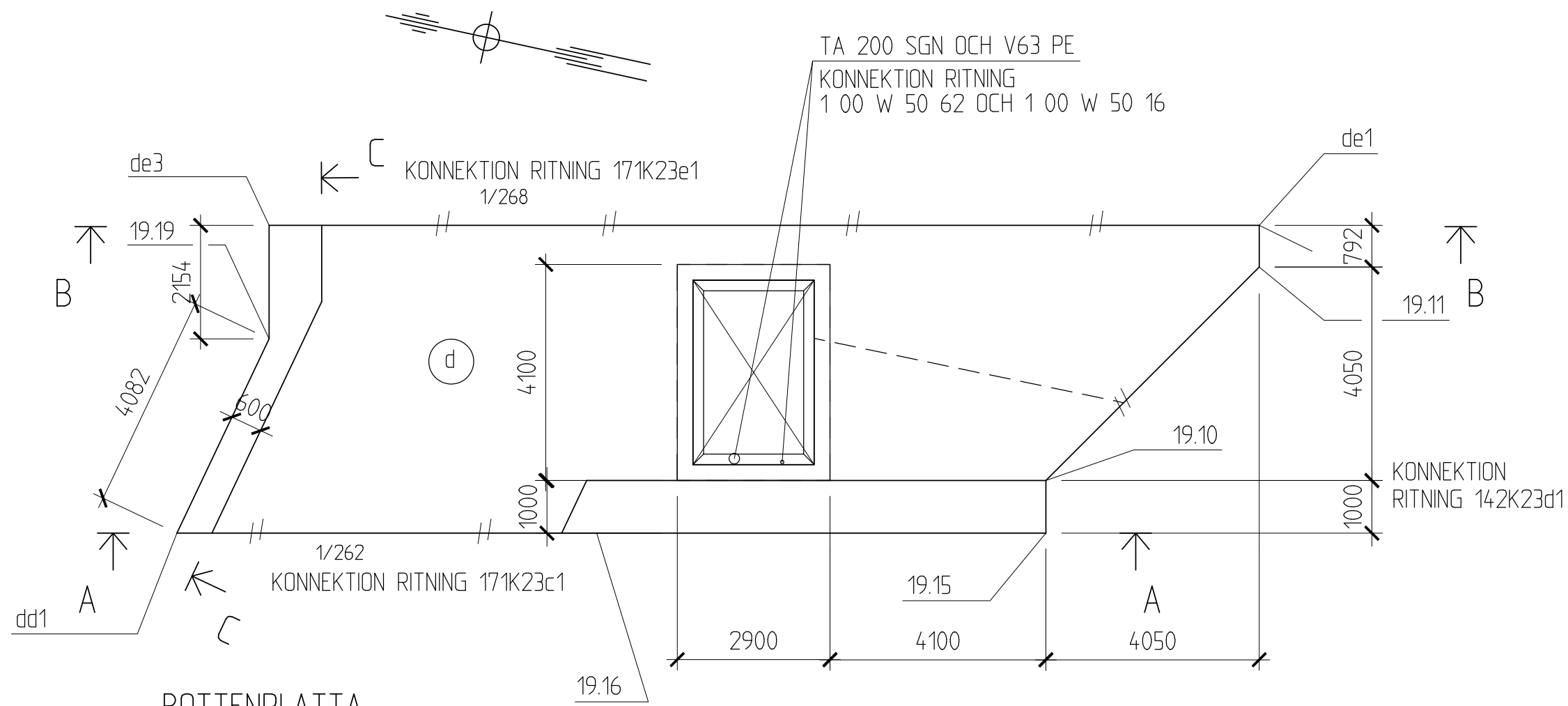
REF: K1422013 [Vnode\14\1422013.dwg | 2005-06-07 14:45
K1422013 [Vnode\14\1422013.dwg | 2005-06-08 08:40
K1422013 [Vnode\14\1422013.dwg | 2005-06-08 15:23
K1422321 [Vnode\14\1422321.dwg | 2002-07-04 15:23
K1422321 [Vnode\14\1422321.dwg | 2003-12-11 10:26
K1422311 [Vnode\14\1422311.dwg | 2006-05-10 13:46



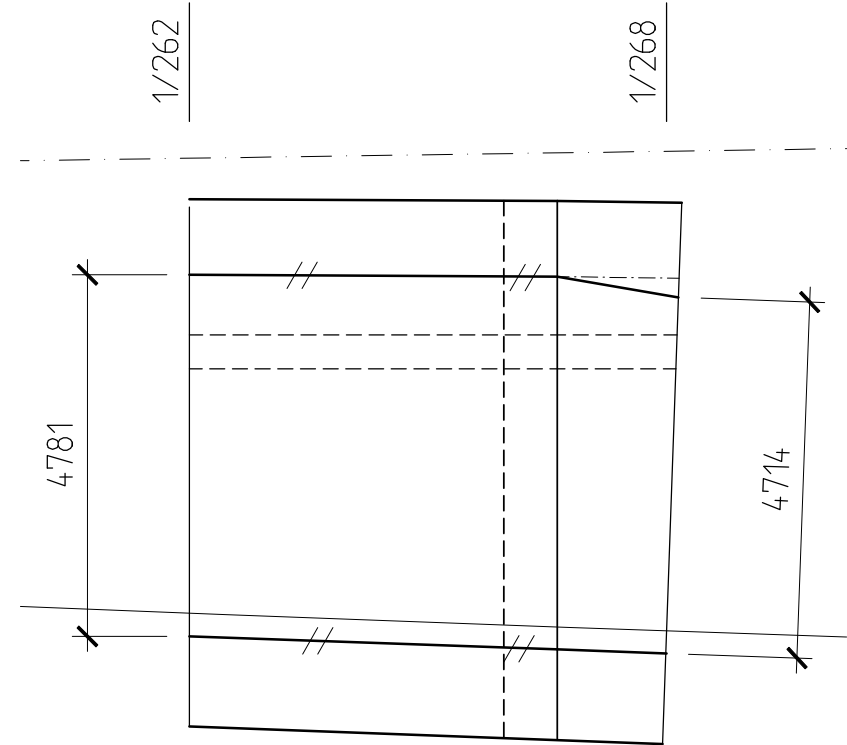
SEKSION A 1/262
1:100



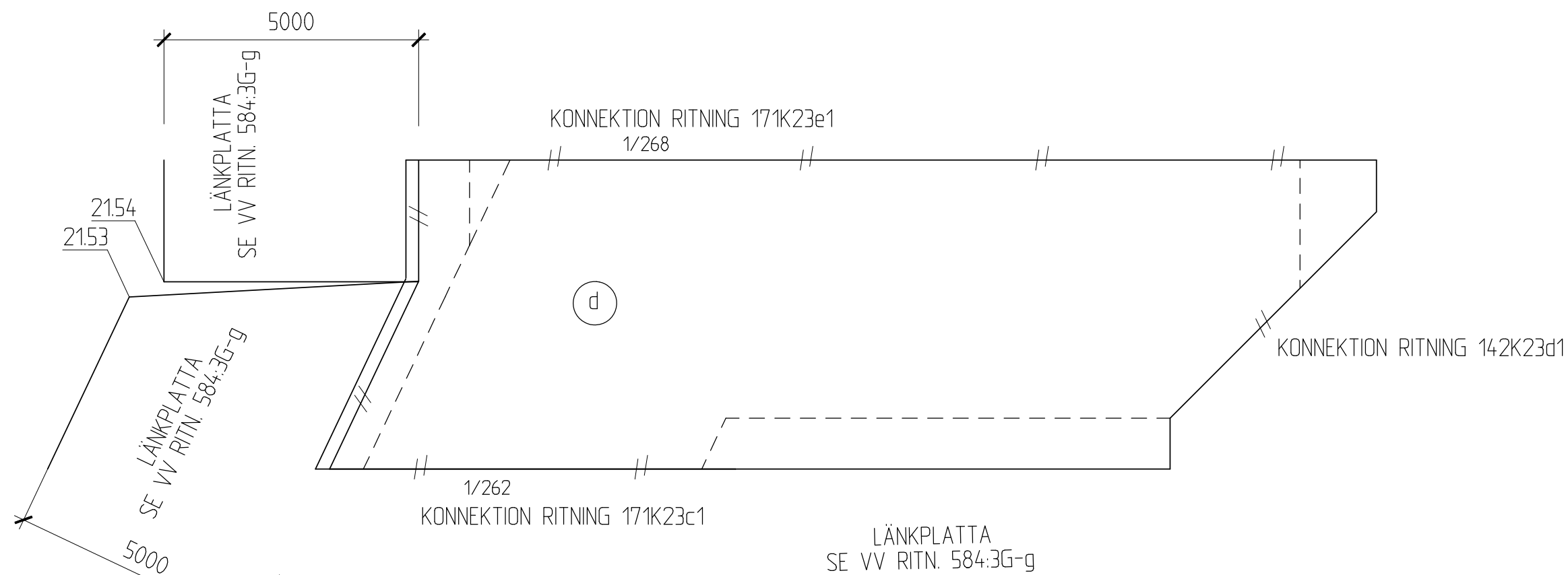
SEKSION B 1/268
1:100



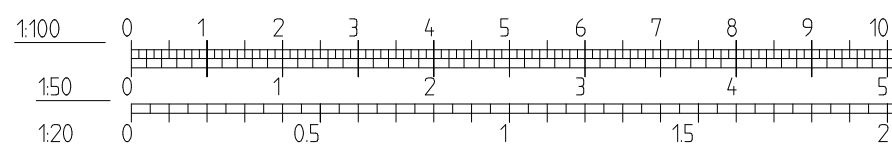
BOTTENPLATTA
1:100



SEKSION C
1:100



TAKPLAN
1:100

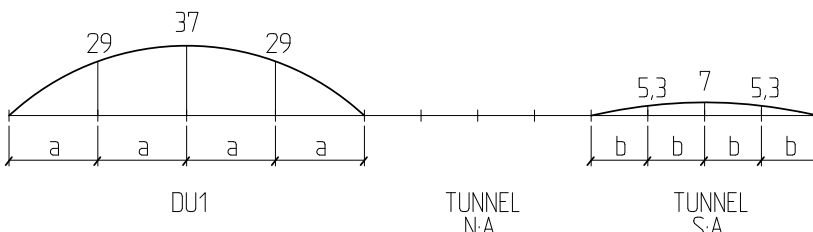


HÄNVISNINGAR

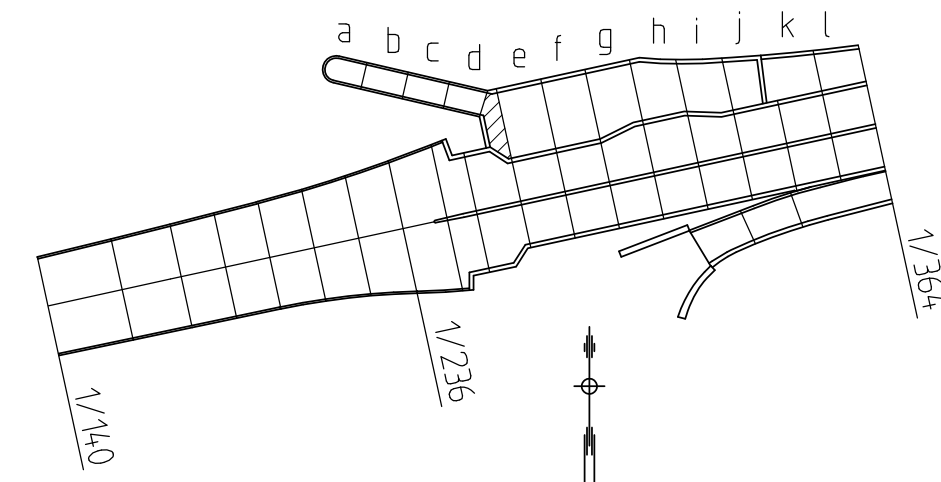
ALLMÄNNA ANVISNINGAR SE RITNING 1 42 K 20 06 - 07
PÅLPLAN SE RITNING 1 42 K 21 13
PÅLAVSKÄRNINGSNIVÅER (PAP) SE RITNING 1 42 K 21 17
MOTHÄLLSPLATTOR SE RITNING 1 42 K 21 11
BOTTENPLATTA, KOORDINATER, ÖVERSIKT SE RITNING 1 42 K 21 19
TAK, LÄNKPLATTOR, KOORDINATER, ÖVERSIKT SE RITNING 1 42 K 23 21
LÄNGDSEKTIONER SE RITNING 1 42 K 23 25
DETALJER SE RITNING 1 42 K 23 53

BETECKNINGAR

—|— ELEKTROKEMISK POTENTIALMÄTNING



PRINCIP, ÖVERHÖJNING, ETAPP d
(EXKL. DEF. AV FORMSTÄLLNING)



SITUATIONSPLAN
1:2000

O 1561:01 ec/ O 1561:02 ej
Godtagen av Vägverket, Avdelningen för bro och tunnel, enligt
brev daterat 2002-07-24 med diarienummer O 1561 2002:781

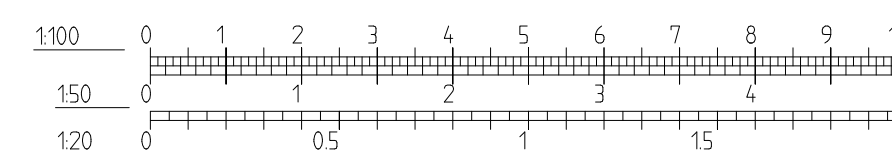
INTYGAS ATT ARBETET ÄR UTFÖRT ENLIGT RITNING

PRODUKTIONSCHEF: ROGER JOHANSSON

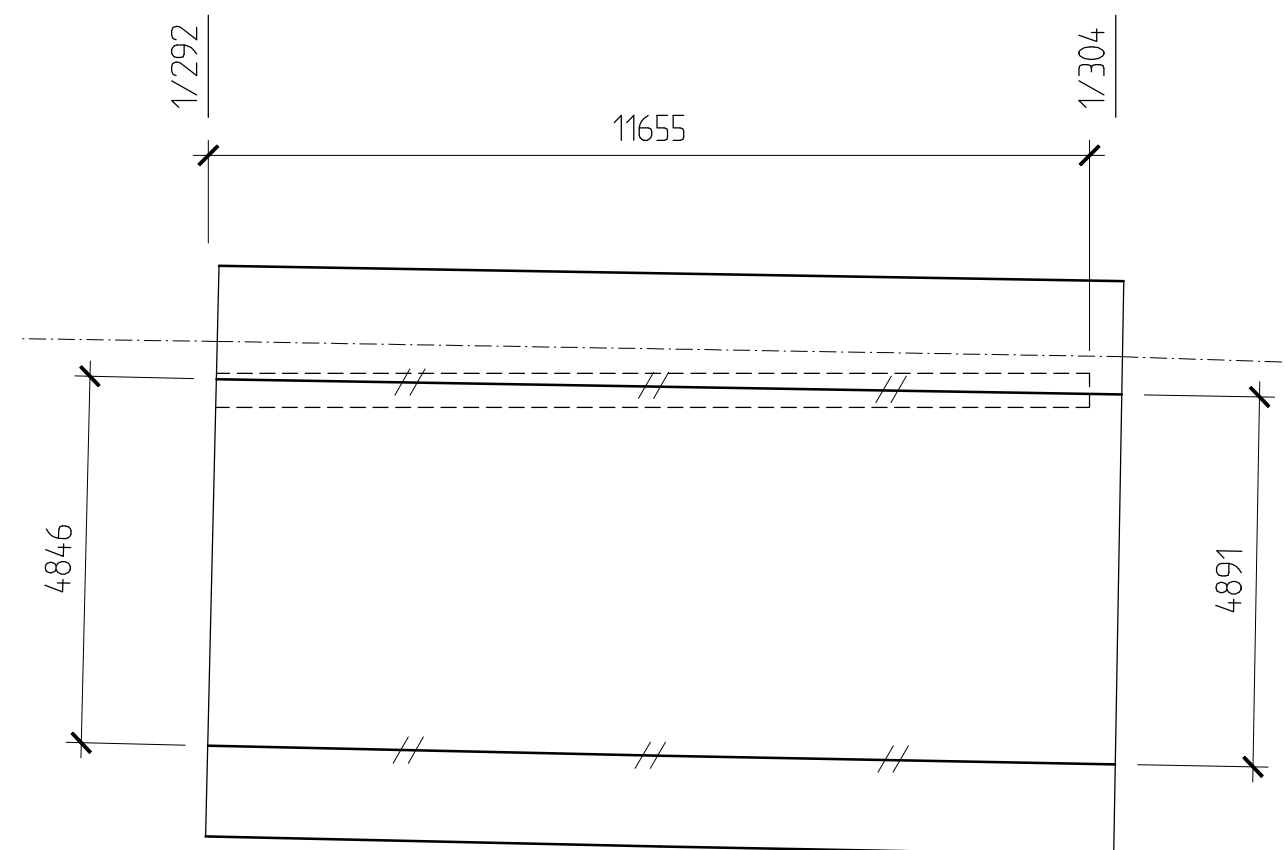
REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GODKÄND	DATUM
RELATIONSHANDLING				
 Region Väst			VÄG 45, GÖTATUNNELN FISKHAMNSMOTET-JÄRNTORGET BETONGTUNNEL	
SKANSKA Skanska Teknik AB 405 18 GÖTEBORG - BESÖK LILLA BOMMEN 2 TEL 031-7711 10 00 - FAX: 031-15 38 15 - www.teknik.skanska.se			1/262 - 1/268 GJUTETAPP 71 d	
KONSTR LN/KM GÖTEBORG			MÅTT PLANER, SEKTIONER KONSTRYGGNADSR O 1561 OBJEKT NR 429013	
GRANSK K. MUJE 2002-06-07			FORMAT A1 RITNINGSR 1 71 K 23 d1	
HASSE GUSTÅS			REVISOR REVISOR	



BOTTENPLATTA
1:100

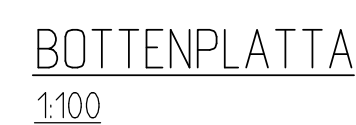


REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GÖDKAND	DATUM
RELATIONSHANDLING				
 Vägverket Region Väst			VÄG 45, GÖTATUNNELN FISKHAMNSMOTET - JÄRNTORGET BETONGTUNNEL	
SKANSKA Skanska Teknik AB 405 19 GÖTEBERG - BESÖK LILLA BOMMEN 2 TEL. 031-7771 10 00 - FAX. 031-5 38 35 - www.teknik.skanska.se			1/280 - 1/292 GJUTETAPP 71 f	
KÖNSTR LN / KM GÖTEBORO			MÅTT PLANER, SEKTIONER KÖNSTBYGGNADSR O 1561 FÖRMA 1:100 RITNINGSR	
GRANSK K MUJE 2002-08-23			OBJEKT NR 429013 1 71 K 23 f1	
HASSE GUSTÅS			REV	

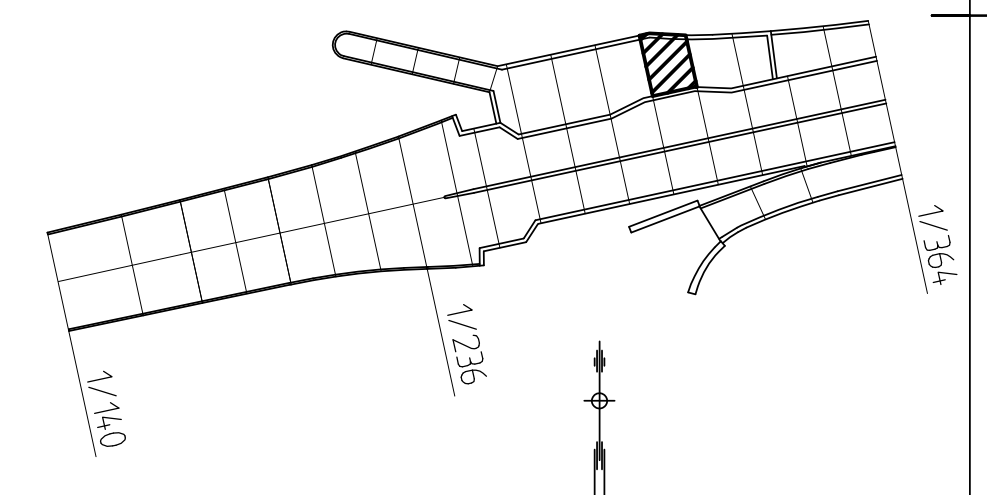
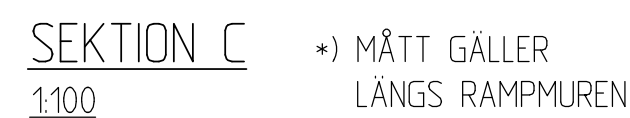
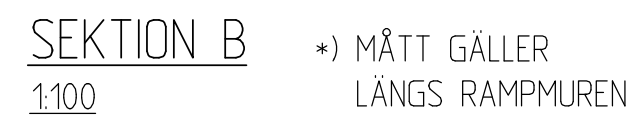
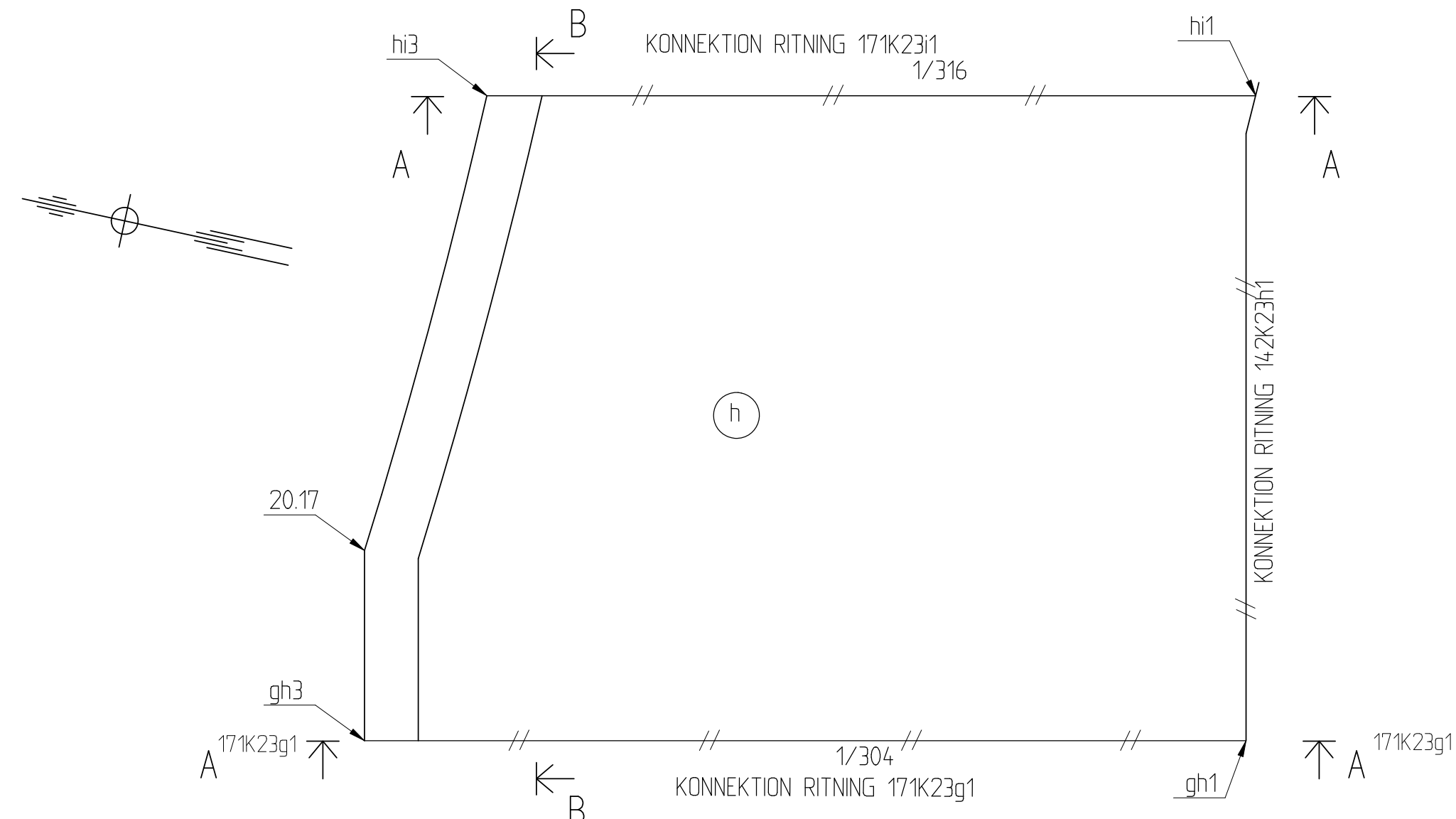


SEKTION B

1:100



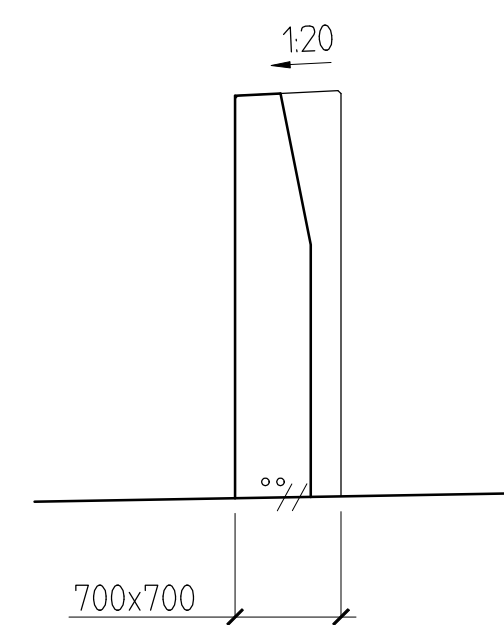
VVA429010bh VV 2007-01-12:7393



SITUATIONSPLAN
1:2000

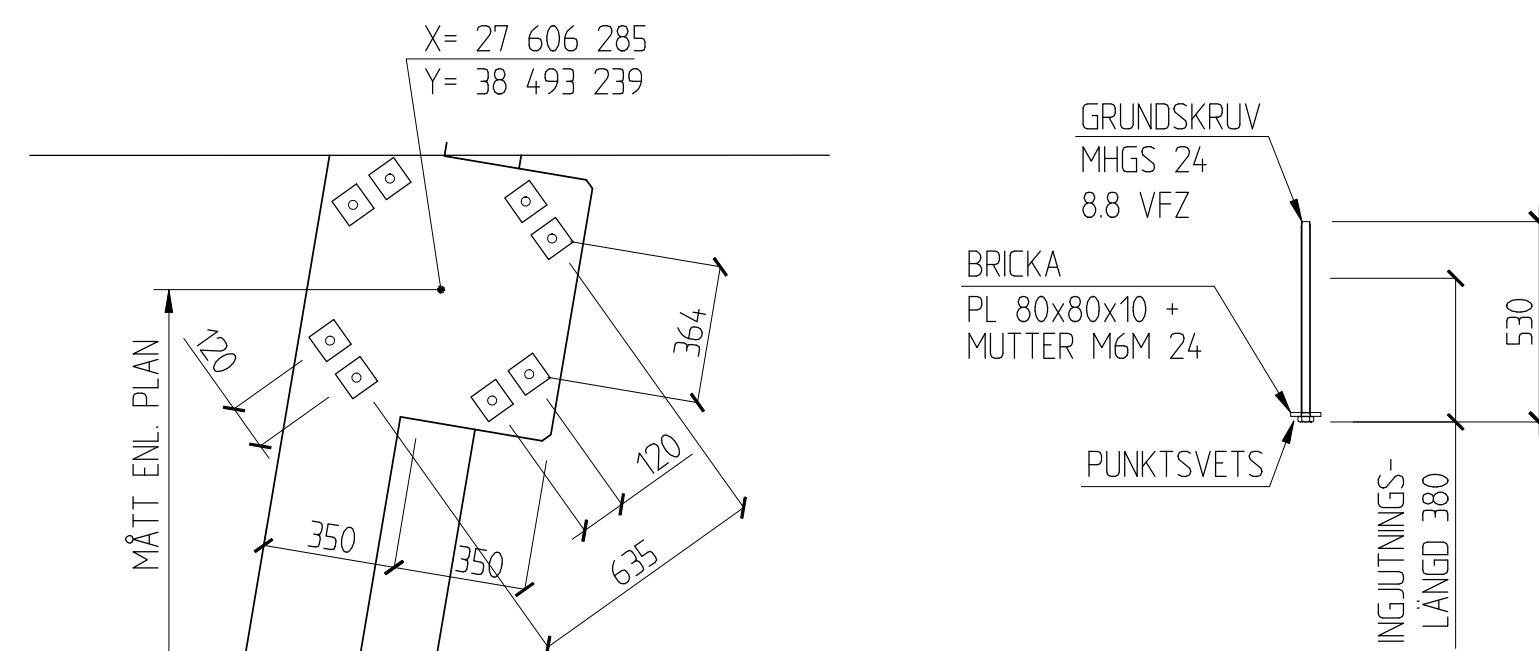
Godtagen av Vägverket, Avdelningen för bro och tunnel, enligt brev daterat 2002-12-05 med diarienummer 0 1561 2002:1267

PRODUKTIONSCHEF: ROGER JOHANSSON



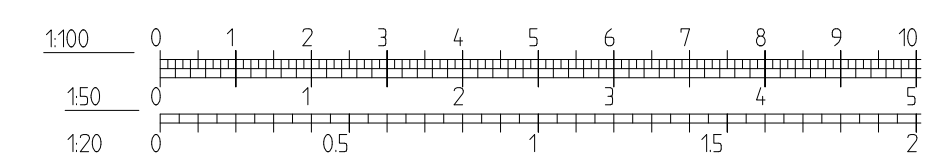
SEKTION D

1:50

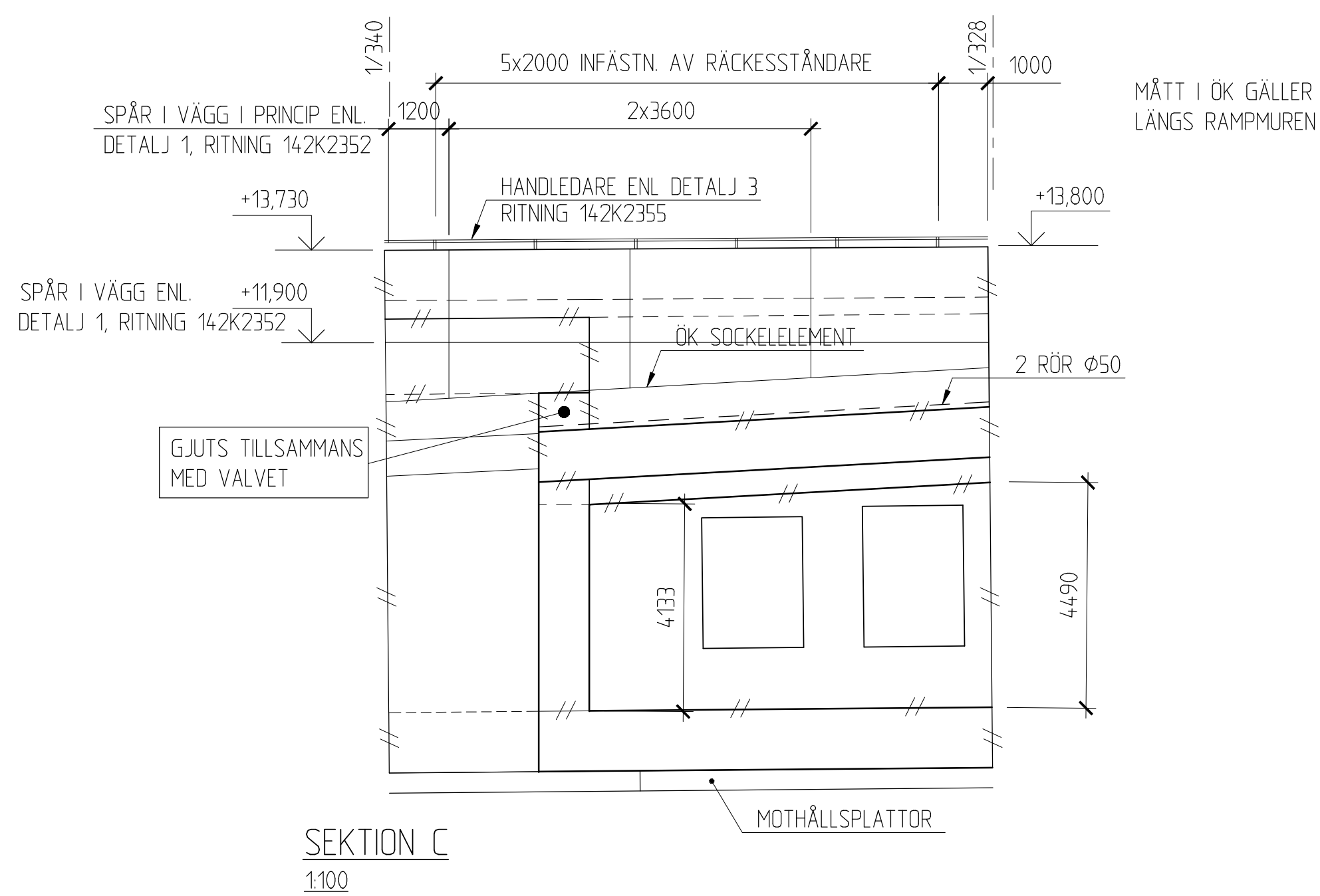
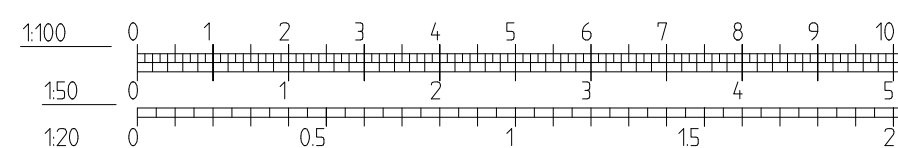


DETALJ 1
LÄGE FÖRANKRINGSBULT
1:20

FÖRANKRINGSBULT
1:20

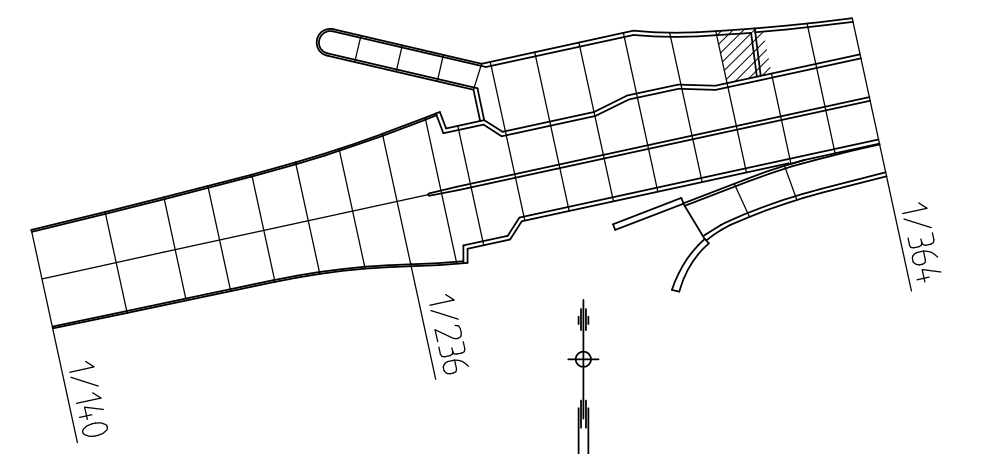


REV	ANT	ANDRÄNN - AVSEER	GÖDKÄND	DATUM
RELATIONSHANDLING				
 Vägverket Region Väst			VÅG 45, GÖTATUNNELN FISKHAMNSMOTET - JÄRNTORGET BETONGTUNNEL	
SKANSKA Skanska Teknik AB 405 18 GÖTEBORG - BESÖK LILLA BOMMEN 2 TEL. 031-771 10 00 - FAX. 031-15 38 15 - www.teknik.skanska.se			1/304 - 1/316 GJUTETAPP 71 h	
KÖNSTR LB / KM GÖTEBORG			MÅTT PLANER, SEKTIONER KÖNSTR/GÖTAVÄNDR 0 1561 OBJEKT NR	
GRANSK K. MUJE 2002-09-27			FÖRMAT A1	SKALA 1:100
HASSE GUSTÄS			429013	1 71 K 23 h1



HÄNVISNINGAR

ALLMÄNNA ANVISNINGAR SE RITNING 1 42 K 20 06 - 07
PÄLPLAN SE RITNING 1 42 K 21 14
PÄLAVSKÄRNINGSNIVÅER (PAP) SE RITNING 1 42 K 21 17
MOTHÄLLSPLATTOR SE RITNING 1 42 K 21 12
BOTTENPLÄTTA, KOORDINATER, ÖVERSIKT SE RITNING 1 42 K 21 20
TAK, KOORDINATER, ÖVERSIKT SE RITNING 1 42 K 23 22
LÅNGSEKTIONER SE RITNING 1 42 K 23 25
DETALJER SE RITNING 1 42 K 23 52 - 53 55



SITUATIONSPLAN
1:2000

0 1561:02 jt

Godtagen av Vägverket, Avdelningen för bro och tunnel, enligt brev daterat 2003-02-11 med diarienummer O 1561 2003:95

INTYGAS ATT ARBETET ÄR UTFÖRT ENLIGT RITNING

PRODUKTIONSCHEF: ROGER JOHANSSON

REV	ANT	ANDRÄNING AVSEER	EGOKÄND	DATUM
RELATIONSHANDLING				
 Vägverket Region Väst			VÅG 45, GÖTATUNNELN FISKHAMNSMOTET - JÄRNTORGET BETONGTUNNEL	
SKANSKA Skanska Teknik AB 405 19 GÖTEBORG - BESÖK LILLA BOMMEN 2 TEL. 031-771 10 00 - FAX. 031-15 38 15 - www.teknik.skanska.se			1/328 - 1/340 GJUTETAPP 71 j	
KÖNSTR HL / MU GÖTEBORG			MÅTT PLANER, SEKTIONER KÖNSTR/GÖTAVÄNDR 0 1561 BRUKET NR	
GRANSK M. UHLIN 2002-12-13			FÖRSTAT A1	SKALA 1:100
HASSE GUSTÄS			429013	1 71 K 23 j1

Inventering/Riskbedömning/ analys

Instruktion

Sannolikhet = hur stor risken är att det kan hända. **Konsekvens** = hur stor skada/konsekvens det blir om det händer. **Upptäcka** = Hur lätt det är att upptäcka risken t.ex. att trucken backar mot mig. **Risikfaktor** = produkten av de ifyllda riskbedömningarna. Görs det direkt i datorn så multiplicerar datorn själv siffrorna. Alla tre fälten måste fyllas i med siffror för att få fram riskfaktorn. Under **åtgärd** fyller man i det **åtgärdsprogram** som skall göras. **Justering** = Hur lätt det är att genomföra åtgärden. Under **åtgärdsansvarig** vem som ser till att åtgärden genomförs och när den senast skall vara genomförd. Under **Uppföljning** fylls datum och namn i vid kontroll att åtgärden är genomförd och fått effekt.

Riskbedömningsskalan är 1-5 varav 5 är stor/svår sannolikhet/konsekvens/upptäcka. Högsta riskfaktor som kan uppnås är 125 (5x5x5 =125). Bedömningsskala se nedan. **De riskfaktorer med högst poäng ska prioriteras för åtgärder. Grundregeln för konsekvens är att åtgärd skall omgående vidtas om siffervärdet blir 5.**

Under åtgärdsprogram fyller man i lämplig åtgärd/handlingsplan och vem som/vilka är ansvariga för att åtgärd/handlingsplan utförs och när den senast skall vara åtgärdad. Under kontroll fyller man i vid deadlinetidpunkten att åtgärden är utförd datum och vem som genomfört kontrollen.

Önskas fler rader: Kopiera rader och klistra in dem sedan sist i tabellen. Kopieras cellerna så kommer den automatiska uträkningen med i kolumn riskfaktorer. **Har du mycket text och det inte syns det du skrivit.** Dubbelklicka mellan raderna längst ut till vänster i marginalen och raden blir automatiskt bredare. Alternativ dra raden neråt genom att ta tag i raden längst ut till vänster. **Vid utskrift** klicka på förhandsgranska under arkiv. Klicka därefter på sidbrytningsgranska och dra i de blå strecken för att få utskriften korrigerad efter arket.

Risk-
bedömning

Sannolikhet	Konsekvens	Upptäcka	Risikfaktor
1 = liten/acceptabel risk	1 = försumbar	1 = mycket lätt att upptäcka	
2 = "viss" risk	2 = kännbar	2 = lätt att upptäcka	
3 = påtaglig risk	3 = stor	3 = svårt att upptäcka	
4 = allvarlig risk	4 = mycket stor	4 = mycket svårt att upptäcka	
5 = mycket stor/allvarlig risk	5 = förödande/ katastrof	5 = omöjligt att upptäcka	



Göteborgs Stad
Trafikkontoret

Datum 2017-06-22



Riskinventering Linbana

Trafikanter

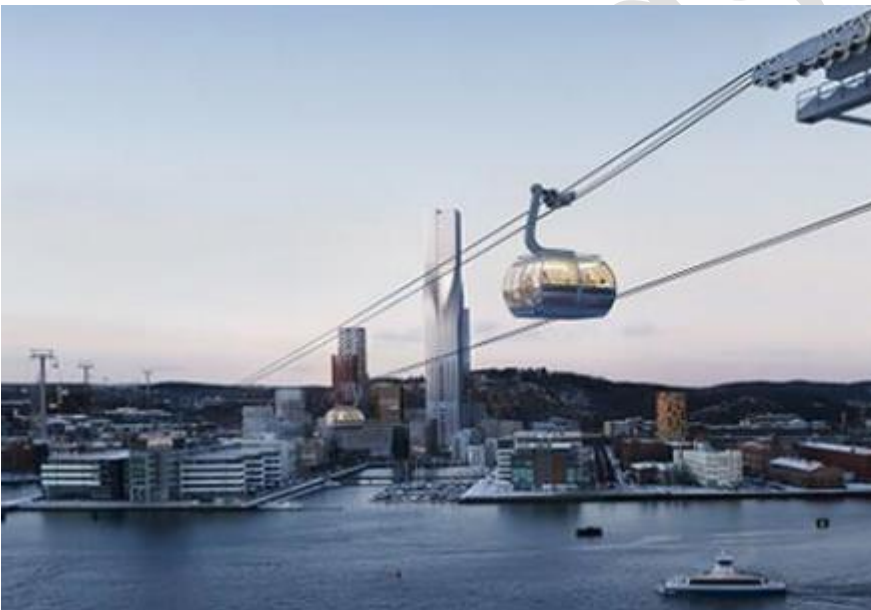
Denna rapport baseras på riskinventering framtagen av Trafikkontoret, Trafikverket,
Älvstranden, Sweco, WSP och Pontarius

Riskinventering Linbana

Trafikanter

Sammanfattning

Genom att belysa olika scenarier gällande trafikpåverkan och påverkan för trafikanter har riskinventeringen mynnat ut i att den risk med högst riskfaktor blev terrorattack. Den höga hotfaktorn runt om i världen och händelser som dessutom utspelats i Stockholm lägger ribban för hur vi i framtiden på något sätt bör betrakta påföljden av en attack. För Linbanan kan det innebära att själva anläggningen byggs mer robust. Dock är det omöjligt att förutse eller helt skydda sig mot attacker men sannolikheten är ganska låg att det händer.



Rapport av Fredrik Magnusson

Riskområdenen

...

- **Risk för drift** – Påföljden av ett fel i anläggning
- **Risk för gondolresenär** – risker som direkt eller indirekt påverkar gondolresenärerna
- **Risk för trafikanter** – olika situationer som kan påverka trafikanter
- **Risk för omgivning** – Vad som påverkar fastighetsägare eller andra anläggningar som följd av händelse i linbane-korridoren

Inledning

För att förstå hur vi bedömt olika risker och scenarier följer här en förklaring.

När ett riskområde inom trafikanter har konstaterats belyses problembeskrivning och orsak. Därefter påbörjar riskanalysen enligt nedan.

Område	Inventering/Risk Problembeskrivning Observation	Orsak	Kategori
Risk för trafikanter	Fri sikt ovan väg	Stjäl trafikanters uppmärksamhet	Projektering

Risikfaktor fås genom att de olika riskbedömningskategorierna multipliceras med varandra:

Sannolikhet = hur stor risken är att det kan hända.

1=liten/accepterad risk

2=viss risk

3=påtaglig risk

4=allvarlig risk

5=mycket stor/allvarlig risk

Riskbedömning			
Sanno- likhet	Konse- kvens	Upp- täcka	Risk- faktor
1	3	1	3

Konsekvens = hur stor skada/konsekevens det blir om det händer

1=försumbar

2=kännbar

3=stor

4=mycket stor

5=förödande/katastrof/Bryter mot lag

Riskbedömning			
Sanno- likhet	Konse- kvens	Upp- täcka	Risk- faktor
1	3	1	3

Upptäcka = Hur lätt det är att upptäcka risken t.ex. att trucken backar mot mig.

1=mycket lätt att upptäcka

2=lätt att upptäcka

3=svårt att upptäcka

Riskbedömning			
Sanno- likhet	Konse- kvens	Upp- täcka	Risk- faktor
1	3	1	3

4=mycket svårt att upptäcka

5=omöjligt att upptäcka

Risikfaktor = produkten av de ifyllda riskbedömningarna. Gruppen bestämmer var acceptansgränsen går varav

Grön - ok

Orange – Mindre risk

Röd – Hög risk

Riskbedömning			
Sannolikhet	Konsekvens	Upp-täcka	Risik-faktor
1	1	1	1

När riskfaktorn är konstaterad följer handlingsplan enl nedan:

åtgärd = fyller man i det åtgärdsprogram som skall göras.

Justering = Hur lätt det är att genomföra åtgärden.

1=mycket lätt att justera

2=lätt att justera

3=svårt att justera

4=mycket svårt att justera

5=omöjligt att justera

Under åtgärdsansvarig avser vem som ser till att åtgärden genomförs och när den senast skall vara genomförd.

Handlingsplan					
Åtgärd	(Kommentar)	Juste- ra	Resurs	Drivnings-/ Åtgärds- ansvarig	Åtgärdas senast
Säkerhets-avstånd och riskreducerade åtgärder.		3		TK	2019

Resultat

Totalt behandlades 16 Risker i kategori risk för trafikanter. Den risk som fick högst riskfaktor och som i denna rapport hamnar på plats 1 var "Risk för terrorattack" vilket inte är konstigt med tanke på attacker som sker runt om i världen och som dessutom skedde i Stockholm för någon månad sedan. Men sannolikheten att det skulle hända Linbanan i Göteborg är tämligen låg dock är konsekvens förödande och möjlighet till upptäcka attacken innan det sker väldigt svår. Det går inte att skydda sig 100 procent mot en attack men vi kan åtminstone betrakta risken i projekteringsfasen genom att bygga pelare etc mer robusta.

Riskbedömning			
Sannolikhet	Konsekvens	Upp-täcka	Risk-faktor
2	5	5	50

Sannolikheten är tämligen ganska låg att scenariot inträffar

Konsekvensen kan vara förödande

Och det är mycket svårt att upptäcka innan risken inträffar

Den risk som kommer på god andra plats är "Första genomförande av plan för Linbana över statlig väg". Orsaken till den höga riskfaktorn är att det blir den första verkliga prövningen i tätort gällande linbana. Den här risken generellt är av en helt annan natur jämfört med "risk terrorattack" såklart men den är absolut viktig och att den belyses och fångas i plan för framtida infrastruktur. Då Linbana på sikt skall likställas med spårvagnstrafiken i Göteborg.

Riskbedömning			
Sannolikhet	Konsekvens	Upp-täcka	Risk-faktor
4	4	3	48

Sannolikheten för den här risken händer är väldigt hög, att det inte går genomföra i plan.

Konsekvensen av att planen ej går att genomföra är allvarlig som i sinton försvårar fortsatt arbete med att implementera Linbanan i Göteborg och Sverige.

Upptäcka risken är ganska svår att upptäcka.

Vidare så är risken enkel att justera om den genomförs.

Den risk som kom på tredje plats är "Risk för haveri på linor eller gondoler som kan falla ner" och det pga brand eller explosion längsmed linbanans sträckning. Denna risk betraktas i projekteringsfasen genom säkerhetsavstånd till t ex Hamnbanan och genom riskreducerande åtgärder på byggnader såsom fasadspinkler eller brandväggar. Brandutredning är redan framtagen av brandkonsult FSD som tagit fram en rapport och levererat till Trafikkontoret.

Riskbedömning			
Sannolikhet	Konsekvens	Upp-täcka	Risk-faktor
2	5	2	20

Sannolikheten att scenariot händer är relativt låg men konsekvensen är förödande eller rent ut sagt lagbrott likställt sabotage. Att justera risken under projekteringsfasen är någorlunda lätt och att realisera för att minska effekten för skada om olyckan eller något annat händer.

Sedan följer två scenarier med samma riskfaktor varav konsekvensen blir mycket stor om det händer, vilket är "risken för fallande is/hårt packas snö från linbanans kablar och gondoler" och scenariot "fri sikt ovan väg", att gondolerna stjäla trafikanternas uppmärksamhet då gondolerna från och till Järntorget passerar Götatunnelns mynning vilket i sin tur skulle kunna leda till olycka. Men det scenario skall självklart betraktas under projektering och kontentan av en tidigare rapport framtagen av VTI blev slutorden - *För att inte i onödan locka förarna att titta länge på gondolerna föreslår vi att de görs så detaljfattiga som möjligt, utan onödig text och utan reklam.*

I likhet med varningsskyltar för lågtflygande flygplan i närheten av flygplaster kan det vara meningsfullt att sätta upp en varningsskylt för gondolen, så att överraskningseffekten och därmed sannolikheten för en ovillkorlig blickvändning till gondolen minskar -

Att passerande gondol skulle stjäla mer av en förarens uppmärksamhet än att t ex mobilen ringer eller föraren lägger blicken på speglar, vägs skyltar eller kanske pratar med medpassagerare är låg enligt analysen framtagen av VTI. Gondoler som passerar vägar i alperna är mycket vanliga och de frambringar ingen ökad trafikfara därtill.

Riskbedömning			
Sannolikhet	Konsekvens	Upp-täcka	Risk-faktor
2	4	2	16

Sannolikheten för att risken inträffar är tämligen låg men konsekvensen kan bli hög. Att upptäcka risken är ganska lätt.

Risk för fallande is etc är enkel att justera/åtgärda och leverantören har säker redan svar på hur man förhindra problemet, vilket de säkerligen betraktat i tidigare projekt i tex alperna.

Följande 10 risker hamnar inom riskfaktor "ok" då de anses lätta att avhjälpa och mycket ställer krav på leverantören eller tas med i projekteringen.

Beskjutning – glassplitter från gondol

1	3	3	9
---	---	---	---

Risk för föremål som kastas ut eller på annat sätt faller ned från gondolerna

1	4	2	8
---	---	---	---

Förändrad trafiksituation gång och cykel

2 | 2 | 2 | 8

Brand i systemet och utrymning

1 | 4 | 2 | 8

Bländning från gondol med laser eller
Från Gondolen i sig

1 | 3 | 2 | 6

Påkörningsskydd i nedfarten

1 | 3 | 2 | 6

Negativ inverkan på trafik under byggtid

5 | 1 | 1 | 5

Negativ inverkan på trafik under
drift och underhållsinsatser

5 | 1 | 1 | 5

Fel på gondol p ga driftfel

1 | 2 | 2 | 4

(Säkerhet mot Järnväg, farligt gods,
elkraft osv.)

1 | 2 | 1 | 2

Dessa risker är ganska eller mycket lätta att justera under projekteringsfasen eller genom att trafikkontoret ställer krav på leverantör.

Övriga riskområden som visas på sida 2 kommer med som en bilaga till denna rapport.

Ställningstagande – Ej byggande av väg

Åtgärder på befintlig väg

Framtagande av detaljplan för området kring Götatunnelns mynning vid Järntorget, *blandad stadsbebyggelse vid Järnvågsgatan m.fl. inom stadsdelen Masthugget Göteborgs Stad, Västra Götalands län.*

De åtgärder på det statliga vägnätet som planeras att byggas omfattar;

- Överdäckning norra avfartsrampen
- Överdäckning södra påfartsrampen
- Förändring av signaler, vävningssträckor hållplatser mm

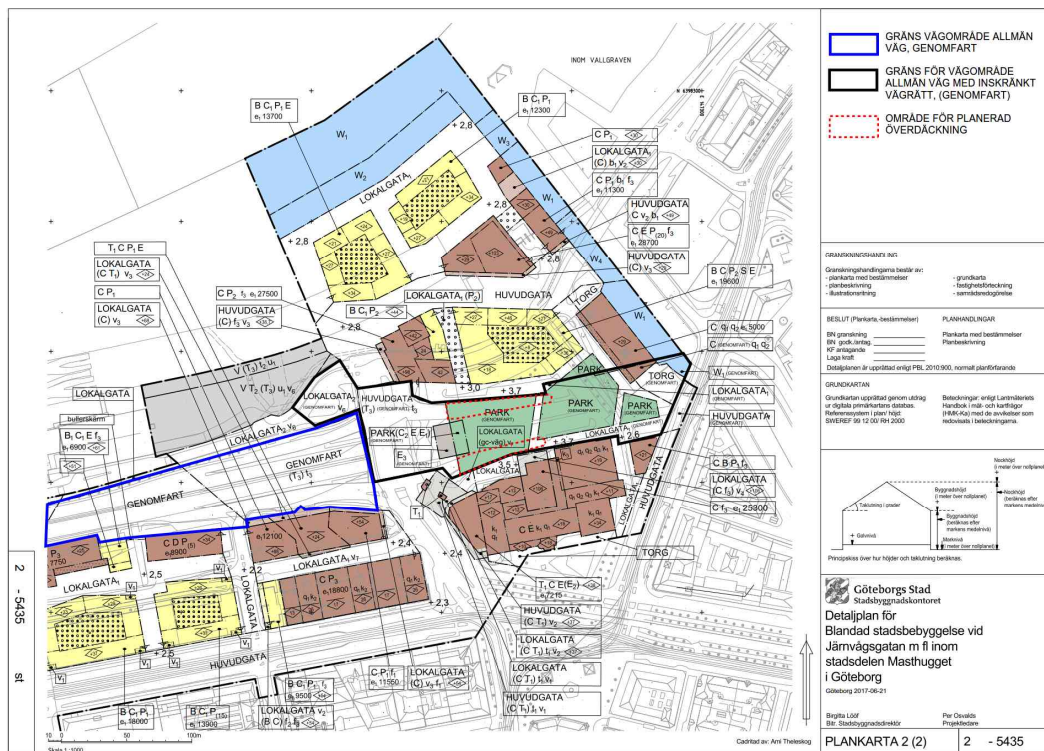
I detaljplanen föreslagna åtgärder påverkar inte sträckningen (plan och profil) på befintligt statligt vägnät.



Figur 1 Planområdet

Slutsats:

Projektet utförs på befintlig väg och förändrar inte anläggningens funktion på något avgörande sätt.



Figur 2 Områden med vägrätt och inskränkt vägrätt. Röd markering anger åtgärder i form av överdäckning.

Små och okomplicerade åtgärder

Överdäckning av tunnelramper

Föreslagen åtgärd innebär i huvudsak att befintlig avfartsramp för västgående trafik (norr om tunneln) och påfartsramp för östgående trafik (söder om tunneln) däckas över. Det medför en förlängning av de norra respektive södra avfartstunnelnarna med cirka 80 respektive 70 meter. Fri höjd ordnas i tunnelramperna genom att tillse att ramperna har samma eller högre fri höjd än befintliga ramper. Fri höjd anpassas till kommande utrustningar i form av brandgasfläktar, brandbekämpningssystem och eventuella skyltar.

Mindre åtgärder

I samband med detaljplanens genomförande kommer vävningssträckor, signaler och kollektivtrafikhållplatser på det statliga vägnätet att påverkas dock utan att systemets funktion förändras.

Slutsats:

Föreslagna åtgärder bedöms vara av liten karaktär i förhållande till omgivningen och den planerade bebyggelsen.

Åtgärderna medför inga intressekonflikter, skapar inga nya barriärer och förändrar inte trafikfunktionen eller infrastrukturens funktion i området. Åtgärden skapar visserligen nya tunnelmynningar ovan marknivå men dessa ingår i en övergripande planering och gestaltning för platsen vilket framgår av kommunens detaljplan.

Åtgärderna på det statliga vägnätet innebär smärre och okomplicerade åtgärder som inte skapar nya barriärer eller ställer intressen mot varandra. Ombyggnationen av den statliga infrastrukturen bedöms bli marginell och påverkan densamma.

Omgivningspåverkan

Trafik

Föreslagna åtgärder genererar inte mer trafik i området, eventuella trafikökningar är en konsekvens av detaljplanens omfattning och innehåll.

Buller

Bullernivåerna är i nuläget relativt höga i området där Oscarsleden är den dominerande källan till buller. Åtgärderna som föreslås bedöms inte öka bullernivåerna i området, väganläggningen ändras i huvudsak endast öster om mynningen till tunneln och den ändringen ger en minskad bullerpåverkan på närmaste bebyggelsen, Folkets hus.

Emissioner

Miljöförvaltningen har med hjälp av mätningar och beräkningar undersökt luftkvalitetssituationen i området, de olika metoderna och mätningarna gav samstämmiga resultat. De lokala utsläppen av luftföroreningar domineras helt av Oscarsleden, i nuläget såväl som i framtiden. Överdäckningen kommer inte att förändra luftkvaliteten i området.

Visuellt intryck

En viss förändring av det visuella intrycket av väganläggningen uppstår men bedömningen görs att föreslagna åtgärder smälter väl in i omgivningen och med planerad exploatering.



Figur 3 Illustrationer av överdäckade ramper samt föreslagen park och byggnader på Järnvågen.



Figur 4 Illustrationer av överdäckade ramper samt föreslagen linbanestation på Järnvågen sett från Oscarsleden.



Figur 5 Illustrationer av överdäckade ramper samt föreslagen linbanestation på Järnvågen sett från avfartsramp mot Järnvågen.



Figur 6 Illustrationer av överdäckade ramper samt föreslagen linbanestation på Järnvågen sett från påfartsramp mot Oscarsleden.



Slutsats:

Trafikmängderna i området bedöms inte öka på grund av föreslagna åtgärder. Föreslagna åtgärder kommer inte att förändra luftkvaliteten vid tunnelmynningarna. Bullernivåerna minskar eller är konstanta vid befintliga fastigheter. Det visuella intrycket bedöms inte förändras på ett avgörande sätt.

Markåtkomst

Det mesta utav överdäckningen sker inom befintligt vägområde. Dock behöver en del ny mark tas i anspråk som ligger inom nuvarande förslag till detaljplan som medger trafik. Inom område med detaljplan där kommunen är huvudman för allmän platsmark uppkommer ingen vägrätt. I nämnda fall ska kommunen tillhanda den mark som behövs för vägföretaget enligt 7§ Väglagen.

Dagens väganläggning, i de delar där den ligger under mark, har sin rätt via tidigare arbetsplan samt ett servitut till förmån för Masthugget 31:6 (tunneltaket). Servitutet är en del av Götatunneln och i och med föreslagna åtgärder blir det nödvändigt att ändra servitutets utformning så att det även omfattar ytorna för föreslagna åtgärder. Det finns ledningar som kommer att ligga inom det nya vägområdet och samråd kommer att ske med ledningsägare.

Slutsats:

Skriftligt avtal har tecknats med fastighetsägare till fastigheterna:
Masthugget 712:24 712:28, 712:31, 712:40, 712:42, 712:43, 33:1, 33:2, 35:1, 34:7 och 29:1.

Ställningstagande:

Åtgärder som prövas i detta ställningstagande, överdäckning av tunnelramper, innebär ej byggande av väg. Formaliserad fysisk planläggning krävs ej.

Håkan Wennerström
Regional Direktör
Trafikverket Region Väst

Bilagor:

- Bilaga 1 Föreslagen illustration
- Bilaga 2 Avtal om markåtkomst

Ö 17-10-01

[illegible]

- 2 F.U
Kan ev kortas ner.
- 3 Upphandling (och fortsatt projektering)
30 dagar annonsering för öppet förfarande enligt nya LOU.
Därefter anbudstid och utvärderingstid
- 20 FAG
4 man vanliga skift
Prefabricerad armering
- 23 FAG
6 man vanliga skift
Prefabricerad armering
- 31 Ny bussgata driftsätts, tid anges av KOMFRAM?
Bussgatan görs klar så snart som möjligt, men driftsätts troligtvis så sent som möjligt.
Tidplan samordnas med KOMFRAM.
- 33 Trafiken stängs av
Vore önskvärt att ha rampen är helt avstängd (även för Räddningstjänsten)
- 36 FAG
6man 60 tim/vecka
Prefabricerad armering
- 39 FAG
12 man 60 tim/vecka
Prefabricerad armering
- 42 Installationer (belysning, sprinkler, fläktar för södra rampen)
Tid för integrering med befintlig anläggning kan ej bedömas.
- 43 Installation inkoppling och driftsättning
Inkoppling och driftsättning sker troligen av annan entreprenör (förtrogen med anläggning)
- 47 FAG
6 man 45 tim/vecka
Prefabricerad armering
- 50 Trafiken stängs av
Vore önskvärt att ha rampen är helt avstängd (även för Räddningstjänsten)
- 53 FAG
6 man 60 tim/vecka
Prefabricerad armering
- 56 FAG
12 man 60 tim/vecka
Prefabricerad armering
- 59 Installationer (belysning, sprinkler)
Tid för integrering med befintlig anläggning kan ej bedömas.
- 60 Installation inkoppling och driftsättning
Inkoppling och driftsättning sker troligen av annan entreprenör (förtrogen med anläggning)