

2021-06-18

BERÄKNINGAR FÖR TUNNELVENTILATION VID ÖVERDÄCKNING AV GÖTALEDEN

UNDERLAGSRAPPORT

FÖRFATTARE: TUYET NGUYEN
UPPDRAGSANSVARIG: EMIL ENGMAN

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

PROJEKTNR.

DOKUMENTNR.

A090660

VERSION

UTGIVNINGSDATUM

BESKRIVNING

UTARBETAD

GRANSKAD

GODKÄND

A

2021-06-18

Arbetsmaterial

Tuyet Nguyen, TFIP

Emil Engman, TFIP

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	7
1.1	Principlösning	7
1.2	Beräkningar	7
1.3	Slutsatser	7
2	Bakgrund och syfte	9
2.1	Bakgrund	9
2.2	Syfte	10
3	Förutsättningar	11
3.1	Generellt	11
3.2	Geometri	11
3.3	Förändrade indata	11
3.4	NO ₂ omgivning	12
3.5	Trafik	13
3.6	Emissionsfaktorer	16
3.7	Befintlig tunnelventilation	17
3.8	Planerad tunnelventilation – Avluftstation DU1	17
3.9	Möjlig utökad tunnelventilation – Avluftstation DU4	18
4	Utförande	19
4.1	Ventilationsprincip för beräkningar	19
4.2	Beräkningsmetod	20
4.3	Avgränsningar	20
5	Resultat	21
5.1	Ventilation för yttre luftkvalitet	21
5.2	Ventilation för inre luftkvalitet – flytande trafik	22
5.3	Ventilation för inre luftkvalitet – långsamtgående trafik	22
5.4	Ventilation för inre luftkvalitet – stillastående trafik	22

6	Diskussion	24
7	Slutsatser	25
8	Referenser	26

BILAGOR

Bilaga A Tunnelgeometri

1 Sammanfattning

Som en del i den pågående luftutredningen inom projekt Stadsutveckling i Centralenområdet har ett arbete genomförts för att belysa effekterna på Götatunnelns tunnelluft från ett antal byggnadstekniska åtgärder i anslutning till tråget mellan Gullbergstunnelns västra tunnelmynning och Götatunnelns östra tunnelmynning.

1.1 Principlösning

Längsventilation med impulsfläktar i drift för inre luftkvalitet nyttjas. Avluftstation DU1 aktiverad med kapacitet 400 m³/s (enligt gällande projektering) för hantering av yttre luftkvalitet utanför norra rörets utfartsmynning. Avluftstation DU4 vid södra rörets utfartsmynning antas aktiverad med en antagen kapacitet om 400 m³/s.

Avluftstationerna har ingen inverkan på den inre luftkvaliteten i tunneln, endast en luftutbytesstation som tar ut förorenad luft och tillför frisk luft längs tunnelsträckningen, samt impulsfläktar kan påverka den inre luftkvaliteten.

Impulsfläktarna påverkar den inre luftkvaliteten genom att påverka lufthastigheten i tunneln och därmed späda ut de avgaser som produceras inne i tunneln. Dock måste hänsyn tas till hur förorenad den tillförda uteluften redan är när den kommer in i tunneln, när man analyserar hur mycket utsläpp som kommer ur utfartsmynningarna totalt.

1.2 Beräkningar

Undersökningar för inre luftkvalitet har utförts med den förändring i NO₂-halt i inkommande uteluft som överdäckningen av Gullbergstunneln samt tillbyggnaden runt Bananbron mot Götatunnelns östra mynning ger upphov till. Följande simuleringar har gjorts:

- Flytande trafik – hastighet mellan 40 km/h till 80 km/h
- Långsamtgående trafik med hastighet 15 km/h
- Stillastående med hastighet 0-10 km/h

NO₂ – halt i inkommande friskluft har tagits ur gällande spridningsberäkningar.

Med avluftstationerna DU1 vid västra mynningen mot Järntorget och DU4 vid östra mynningen säkerställs att utsläppsgraden NO_x genom mynningarna ej överstiger 5 %.

För DU4 varierar flödeskapaciteten med utgångspunkt i 400 m³/s för att undersöka effekterna på utsläppsgraden vid utfartsmynningen.

1.3 Slutsatser

En iteration mellan spridningsberäkning (yttre luft) och tunnelluftberäkning (inre luft) har, via ny/förfinad indata för omgivande NO₂-belastning, resulterat i att de totala utsläppsmängderna justeras till 8,0 ton/år respektive 4,8 ton/år NO_x för Götatunnelns norra respektive södra tunnelrör.

Tunnelventilationen klarar krav på inre luftkvalitet ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$), undantaget stillastående trafik (oförändrat sedan 2019).

Längre perioder med stillastående trafik (0 – 10 km/h) är fortsatt problematiskt och bör, om det är aktuellt, hanteras i särskild ordning, exempelvis med hjälp av trafikbegränsande åtgärder.

Även krav på yttre luftkvalitet klaras (utsugningsgrad genom avluftstationer >95 % i termer av totalt NO_x -utsläpp på årsbasis). Detta gäller både norra röret (DU1) och södra röret (DU4) under förutsättning flytande trafik. Erforderlig flödeskapacitet under samma förutsättningar har för DU4 fastställts till $400 \text{ m}^3/\text{s}$ (likt DU1).

Huruvida avluftstation DU4 behövs eller inte bör avgöras med bas i spridningsanalysen för luftkvalitet vid omgivande byggnader med respektive utan avluftstation.

I (1) drogs slutsatsen att en tunnelkonfiguration med fullt överdäckt tråg, motsvarande en sammanhängande tunnel mellan Järntorget och Falutorget, kräver åtgärd i form av antingen luftutbytesstation eller trafikbegränsande åtgärder för att klara luftkvalitetsgränsvärdet $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid långsamtgående trafik under 20 km/h. En kvalitativ bedömning av hur dessa resultat påverkas av de justerade indata som använts i föreliggande arbete, ger vid handen att den nedre trafikshastighetsgräns vid vilken en luftutbytesstation blir nödvändig, flyttas uppåt till följd av generellt svårare föroreningar i och runt tunnlarna.

2 Bakgrund och syfte

2.1 Bakgrund

COWI tillsammans med TFIP har fått i uppdrag av Fastighetskontoret i Göteborgs stad att vidare utreda luftkvaliteten i och runt Götatunneln 1600 m, med uppdaterade emissionsfaktorer och plats specifika värden på föroreningsgrad i inkommande uteluft. De uppdaterade tunnelluftberäkningarna ska ta med hjälp av resultat från spridningsberäkningar för luftmiljö i markplan ta hänsyn till ny kunskap om omgivande luftkvalitet vid Götatunnelns infartsmyningar.

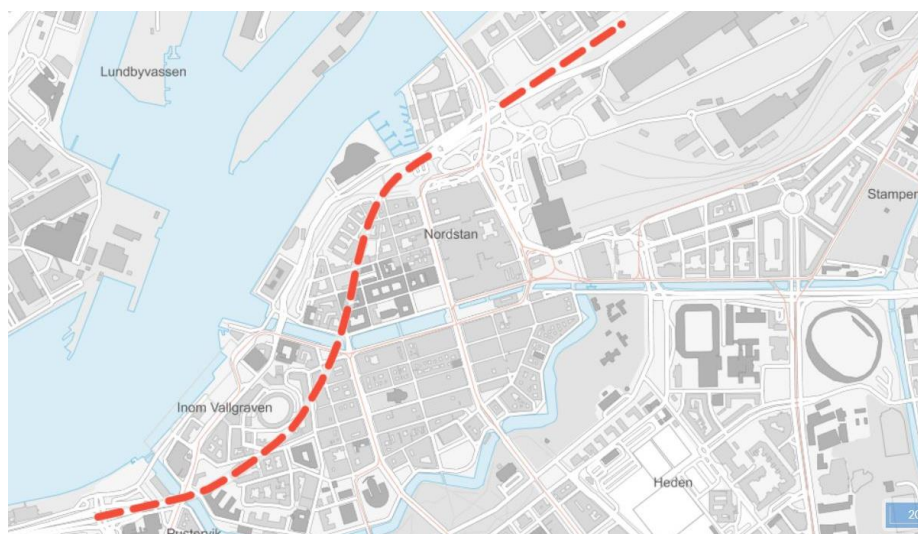
Tidigare utförda beräkningar (1) ska uppdateras med nya beräkningsförutsättningar avseende följande parametrar:

- i. Trafikfördelning
- ii. Emissionsfaktorer och prognosår
- iii. Omgivande NO₂-belastning

Den omgivande NO₂-belastningen tar hänsyn till en föreslagen förlängd överdäckning mellan Gullbergstunnelns västra mynning och den så kallade Bananbron. Den nya överdäckningen gynnar luftkvaliteten vid byggnaderna runt Gullbergstunnelns västra mynning, men kommer dock att ytterligare försämma luftkvaliteten i tråget mellan Götatunneln och Gullbergstunneln, som redan efter byggnationen av Gullbergstunneln är dålig.

Den förlängda överdäckningen medför att koncentrationerna i tråget utanför Götatunnelns östra mynning ökar, till följd av kraftigt begränsade spridningsförutsättningar av utsläppen nere i tråget. Detta påverkar Götatunnelns norra tunnelrör som förses med uteluft från tråget för utspädning av föroreningar inne i tunneln för upprätthållande av krav på inre luftkvalitet. Den försämrade luftkvaliteten i tråget riskerar även att påverka luftkvaliteten vid Götatunnelns västra mynning då även de totala utsläppsmängderna från tunneln ökar till följd av intag av belastad uteluft vid tunnelns infartsmyning.

Götatunneln och Gullbergstunneln åskådliggörs i Figur 1.



Figur 1. Tunnelsträckning för Götatunneln 1600 m och Gullbergstunneln 400 m. Bilder från Göteborgs stad.

2.2 Syfte

Följande PM har sammanställts för att med hänsyn till nya förutsättningar redovisa:

- Inre luftkvalitet i Götatunnelns båda tunnelrör och totala utsläppsmängder vid utfartsmynningarna med hänsyn tagen till förlängning av Gullbergstunnelns överdäckning mot Bananbron samt föreslagen kringbyggnad av mellanrummet mellan Bananbron och Götatunnelns östra mynning.
- Kravuppfyllnad för 95 % utsugningsgrad för den projekterade avluftstationen (DU1) vid Götatunnelns västra utfartsmynning, med bibehållen inre luftkvalitet i Götatunnelns norra tunnelrör.
- Underlag för en uppskattning av volymflödesbehovet för en eventuell avluftstation vid Götatunnelns östra utfartsmynning (DU4) med bibehållen inre luftkvalitet i Götatunnelns södra tunnelrör.

3 Förutsättningar

3.1 Generellt

- Dubbla tunnelrör, enkelriktad trafik
- Dimensioneringsår: 2030
- ÅDT: 60 800 fordon/dygn för båda norra och södra röret sammantaget
- Dimensioneringsår för HBEFA 4.1 emissionsfaktorer: 2025
- NO₂ timmedelvärde gräns: 500 µg/m³ (2)
- NO₂-andelen ca 25 % av NO_x (3)
- Meteorologiska indata för Göteborg från ASHRAE (4)

3.2 Geometri

Längder, längslutningar samt tvärsnittsarea redovisas i Bilaga 1.

Sammanfattning av geometri:

- Götatunneln:
 - Längd: 1600 m
 - Ramptunnlar: 2 st. för den västra mynningen
 - Körfält: 3 st. i vardera tunnelrör

3.3 Förändrade indata

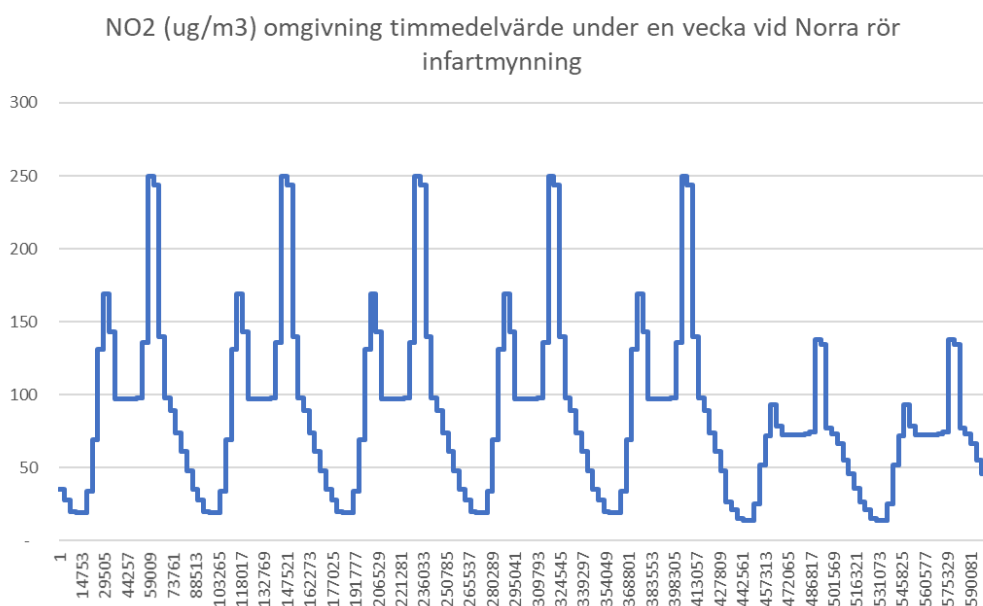
Föreliggande luftkvalitetsutredning baseras på erfarenheter dragna från den senaste luftkvalitetsutredningen för området (TFIP, 2019). Vissa antaganden är dock förändrade här jämfört med tidigare. I Tabell 1 sammanfattas skillnader i indata mellan denna och tidigare luftkvalitetsutredning.

Tabell 1. Sammanfattning huvudsakliga förändringar i indata för beräkningar

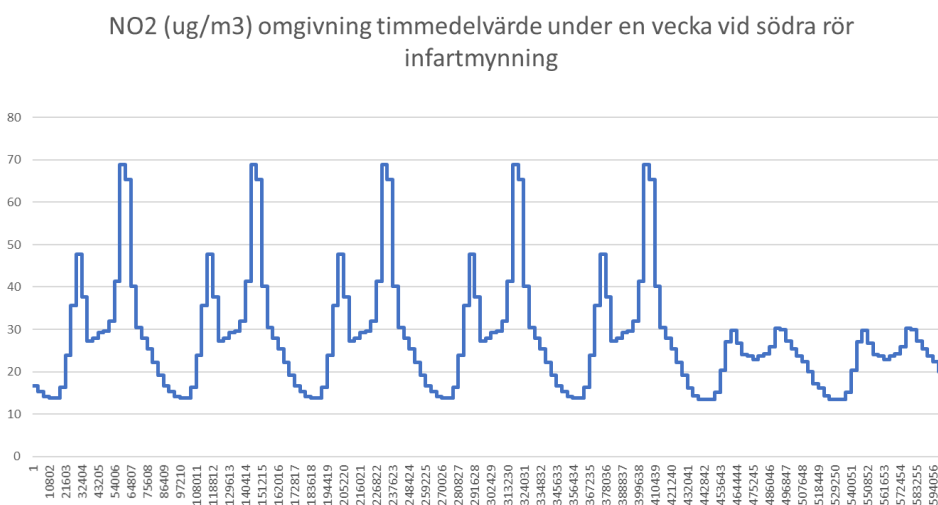
	Dimensioneringsår	Emissionsfaktorer	NO ₂ -halt omgivning	Trafiktrender och hastigheter
Beräkning 2019	2035	HBEFA 3.1 2030	50 µg/m ³ Fast värde	Antaganden baserade på andra projekt enligt (1)
Beräkning 2021	2030	HBEFA 4.1 2025	Platsspecifik veckovariation enligt kap 3.4	Platsspecifik veckovariation enligt kap 3.5

3.4 NO₂ omgivning

NO₂ omgivning avser luftkvalitet på luften runt tunnelns båda mynningar, som utgör underlag för den inkommande uteluften som indata till beräkningar för inre luftkvalitet i tunneln. Indata avseende omgivningsluft har tagits från uppdaterade spridningsberäkningar redovisade i huvudrapporten Luftutredning för utbyggnad av Centralenområdet, i synnerhet DP för överdäckningen och Norr om Nordstan (COWI 2021) och anges som NO₂ i µg/m³ i omedelbar anslutning till tunnelns infartsmynning. Underlag från spridningsberäkning har använts till att ta fram en representativ veckovariation för timmedelvärde NO₂ för norra respektive södra tunnelröret enligt diagram nedan.



Figur 2. NO₂ medelvärde för Norra tunnelröret under en vecka med start måndag, lägre värden under lördag och söndag.

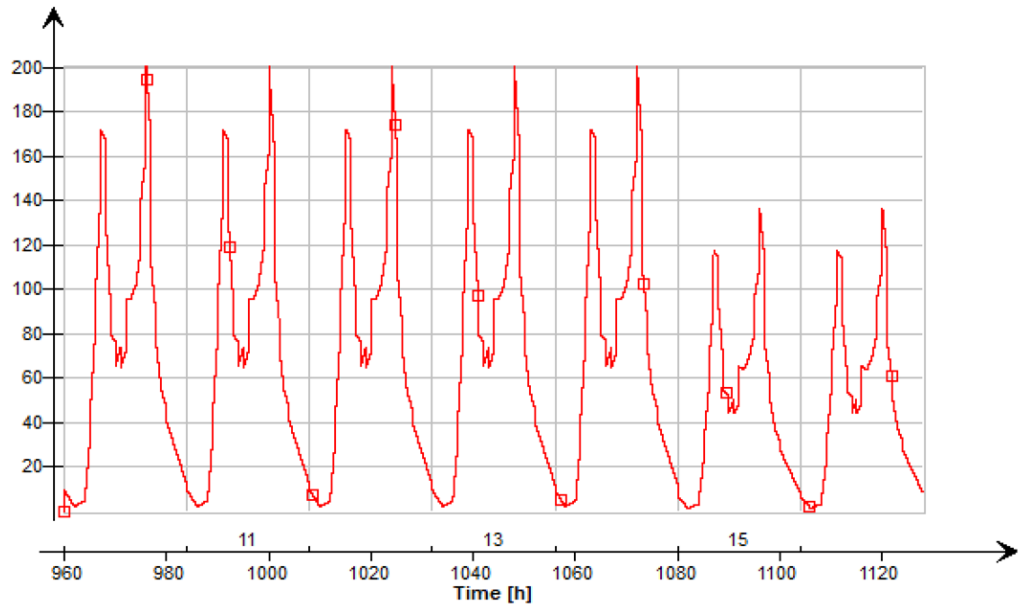


Figur 3. NO₂ (µg/m³) omgivning timmedelvärde under en vecka vid södra rör infartsmynning

3.5 Trafik

- Dimensionerande hastighet: 80 km/h
- ÅDT 60 800 PBE (TFIP 2019)

Trafikmängden simuleras med en medelvärdesbildad veckovariation enligt Figur 4.



Figur 4. Medelvärde över trafikmängd under en vecka, lägre trafikmängd under helgen.

3.5.1 Maxkapacitet trafik

Maxkapacitet trafik: Schweiziska riktlinjer (5)

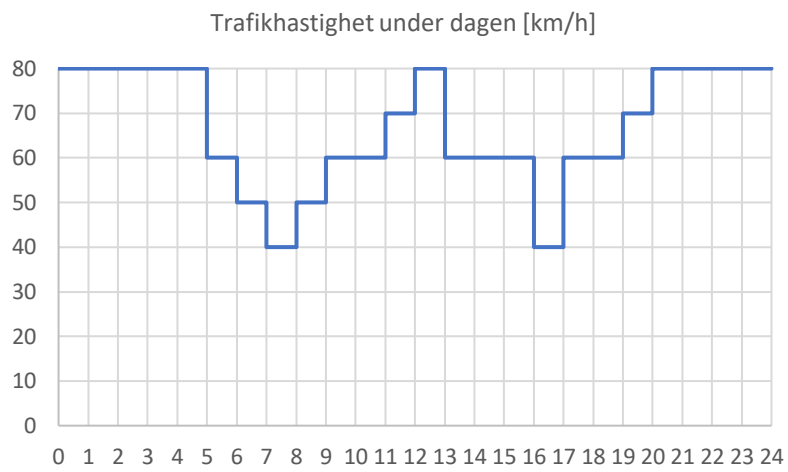
- 50 km/h: 2340 PBE/h/körfält
- 70 km/h: 2313 PBE/h/körfält
- 90 km/h: 2280 PBE/h/körfält

PBE = *Personbilsenhet*

Lätt lastbil motsvarar 1,65 PBE

Tung lastbil motsvarar 2,5 PBE

3.5.3 Trafiktrend och hastighet



Figur 7. Fordonshastighet i km/h över 24 h för personbil och lastbil samlat

3.6 Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer tillämpas enligt HBEFA 4.1

Förutsättningar för emissionsfaktorer i HBEFA:

- Trafiksammansättning enligt HBEFA med dimensionerad år: 2025
- Trafiksituation: hastighet 60-90 km/h för "Urban - Trunkroad/Primary City" och hastighet 30-50 km/h för "Urban - access residential"

Tabell 2. Personbil, utsläpp NO_x i gram/h vid hastighet och längslutning

Personbil [NO _x g/h] Längslutning (%)	-6%	-4%	-2	0	2	4	6
30	2,689695942	3,074149451	3,751235159	4,922594601	6,460841193	8,060865377	9,713860063
35	3,178731181	3,750550041	4,661658819	5,900539828	7,59918394	9,708544004	12,41141914
50	3,1988255	4,014816348	5,368752027	7,457731227	10,33985206	14,05664201	18,76507076
57	4,014443862	5,078412376	6,941885393	9,569939772	13,45191853	18,69087195	24,97165196
65	3,810882003	4,888769093	7,013391397	10,41230483	15,15486018	21,8008865	29,98950997
74	3,842336398	5,101422713	7,657983119	11,44507776	17,15929153	25,33199522	35,73257628
86	3,401210156	4,512288479	7,53792295	12,43048557	19,9281211	30,33361519	46,22226456

Tabell 3. Lätt lastbil, utsläpp NO_x i gram/h vid hastighet och längslutning

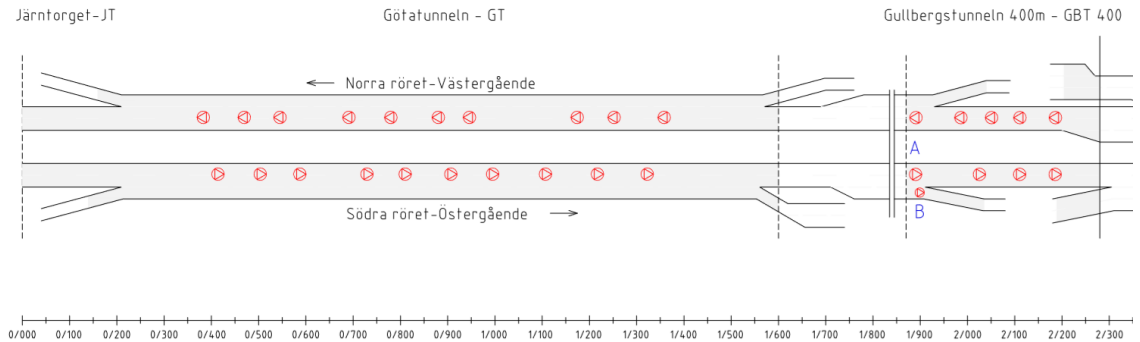
Lättlastbil [NO _x g/h] Längslutning [%] Fordonshastighet [km/h]	-6%	-4%	-2	0	2	4	6
30	3,419789389	4,100537905	5,812754574	8,877370805	12,212433	16,47049725	21,42330652
35	4,462866383	5,766534766	8,120535425	11,80634614	16,98461625	23,67226896	30,8635152
50	4,583961595	6,926904736	11,3736637	17,45235691	25,85392227	36,88937589	50,03566577
57	7,208010398	10,41118321	15,80171847	23,76895706	34,33142261	48,55563806	66,55416454
65	6,78874491	10,19848572	17,0534876	27,3567281	40,76540247	58,23826097	79,31729093
74	6,860912846	11,06444272	18,99951023	31,6507014	49,47800077	71,22422994	97,60283609
86	5,724527253	10,79677947	21,07722786	37,08212822	61,97424372	91,52423442	124,6332977

Tabell 4. Tung lastbil, utsläpp NO_x i gram/h vid hastighet och längslutning

Tunglastbil [NO _x g/h] Längslutning [%] Fordonshastighet [km/h]	-6%	-4%	-2	0	2	4	6
30	31,27491635	50,96203409	75,20637606	66,7072733	56,98197774	58,2721041	59,01174029
46	31,64449955	49,89201733	90,28790152	64,80470904	57,28223563	60,58851701	63,22517206
54	24,55234962	33,80852003	62,12685745	56,39235028	51,16070137	58,32032363	76,90571689
60	24,52276488	40,47605089	81,18903761	51,90807272	61,4395216	64,50483185	79,15190379
70	19,41524811	22,19942299	77,90381962	53,17697057	63,12406736	71,38205193	79,15190379
80	20,09669503	24,78758646	114,3984697	64,74801809	75,2392151	77,35162532	79,15190379

3.7 Befintlig tunnelventilation

Götatunnelns tunnelventilationssystem är dimensionerat för att kunna hantera luftföroreningar samt brand i fordon, med brandeffekt 100 MW i något av huvudtunnelrören. Huvudtunnelrören är utrustade med vardera 20 impulsfläktar om vardera 1650 N dragkraft. Impulsfläktarna är installerade i grupper om två fläktar per längdmätning.



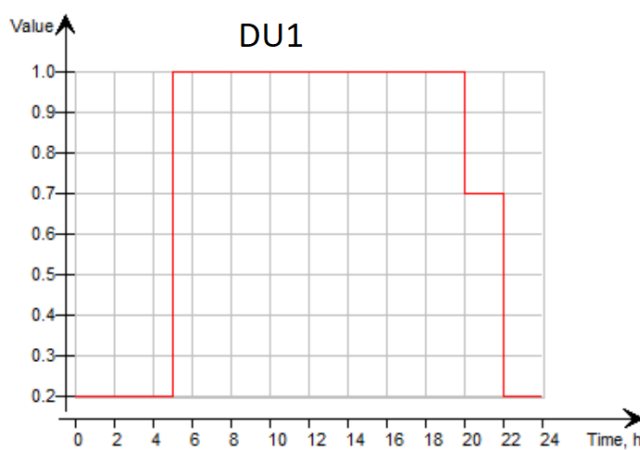
Figur 8. Befintligt tunnelventilationssystem i Götatunneln (*)

(*) En fläktsymbol representerar en fläktgrupp

3.8 Planerad tunnelventilation – Avluftstation DU1

För att minska utsläppet av förorenad tunnelluft i marknivå vid norra rörets utfartsmynning har avluftstation DU1 med kapacitet på 400 m³/s planerats och beslutats.

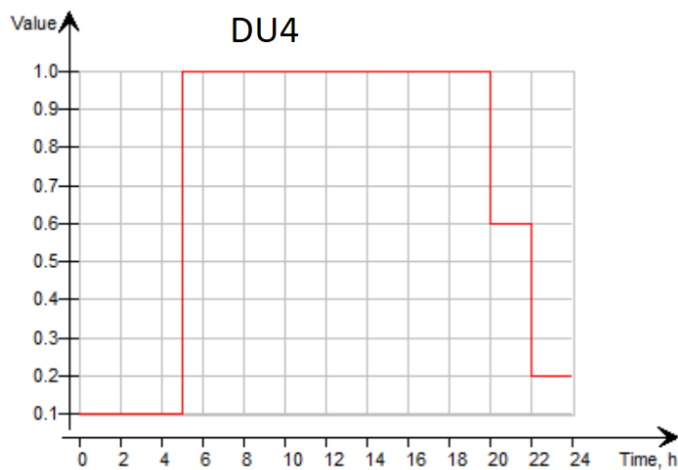
För beräkningarna har antagits ett robust, grundläggande driftkoncept med tidsstyrning av avluftstationen (fasta drifttider). Detta driftkoncept kan och bör förfinas inom ramar för en kommande detaljprojektering av avluftstationen.



Figur 9. Simulerad drift per dygn DU1.

3.9 Möjlig utökad tunnelventilation – Avluftstation DU4

I syfte att kunna göra en uppskattning av volymflödesbehovet för en eventuell avluftstation vid Götatunnelns östra utfartsmynning (DU4), med bibehållen inre luftkvalitet i Götatunnelns södra tunnelrör, antas i beräkningarna en avluftstation vid södra rörets utfartsmynning aktiverad. Som utgångsvärde sätts avluftstationens flödeskapacitet till 400 m³/s, likt DU1.



Figur 10. Simulerad drift per dygn DU4

4 Utförande

4.1 Ventilationsprincip för beräkningar

Längsventilation med impulsfläktar i drift för inre luftkvalitet. Avluftstation DU1 aktiverad med kapacitet 400 m³/s (enligt gällande projektering) för hantering av yttre luftkvalitet utanför norra rörets utfartsmynning. Avluftstation DU4 vid södra rörets utfartsmynning antas aktiverad med en antagen kapacitet om 400 m³/s.

Avluftstationerna har enbart syftet att skydda yttre luftkvalitet – de har ingen inverkan på luftkvaliteten inne i tunnarna.

Vid flytande trafik är tunneln självventilerande via kolvverkan. Här används ett mindre antal impulsfläktar för att bromsa det trafikinducerade flödet genom tunnarna, i syfte att reducera luftflödet genom tunneln och därmed den totala utsläppsmängden. Bromsning medelst impulsfläktar utgör ett viktigt verktyg för upprätthållande av 95 % utsugningsgrad.

Härvid säkerställs att luftflödet alltid går i trafikens riktning, exempelvis genom upprätthållande av en minsta tillåten hastighet om 1 m/s i trafikens riktning. Detta är viktigt då tunnelventilationen i händelse av brand i tunneln går i trafikens riktning och då man i en sådan situation bör undvika reversering av flödesriktning i tunneln med hänsyn till utrymning och personsäkerhet.

Vid långsamtgående trafik (tunneln ej självventilerande) används impulsfläktarna i trafikens riktning för intag av uteluft från infartsmynningarna, för utspädning av föroreningar inne i tunneln för upprätthållande av krav på inre luftkvalitet.

4.1.1 Ventilation för inre luftkvalitet

Med drift av impulsfläktar och avluftstationer enligt ovan, har undersökningar för inre luftkvalitet utförts med den förändring i NO₂-halt i inkommande friskluft som överdäckningen av Gullbergstunneln samt tillbyggnaden runt Bananbron mot Götatunnelns östra mynning ger upphov till. Följande simuleringar har gjorts:

- Flytande trafik – hastighet mellan 40 km/h till 80 km/h
- 2 h långsamtgående trafik (kl. 15-17 med störst trafikmängd) hastighet 15 km/h
- 2 h stillastående (kl. 15-17 med störst trafikmängd) hastighet 0-10 km/h

NO₂ – halt i inkommande friskluft är enligt Figur 2 och Figur 3.

4.1.2 Ventilation för yttre luftkvalitet

Med avluftstationerna DU1 vid västra mynningen mot Järntorget och DU4 vid östra mynningen säkerställs att utsläppsgrad NO_x genom mynningarna ej överstiger 5 %.

För DU4 varierar flödeskapaciteten med utgångspunkt i 400 m³/s för att undersöka effekterna på utsläppsgraden vid utfartsmynningen.

I praktiken är målsättningen nollutsläpp – den formella kravställningen tillåter dock 5 % utsläppsgrad, i termer av total utsläppsmängd som passerar ut genom tunnelns utfartsmynningar på årsbasis.

4.2 Beräkningsmetod

För beräkningen av utsläpp har använts programvaran IDA Tunnel. Tunneln med det anpassade tunnelventilationssystemet ställdes sedan upp i en 1-dimensionell beräkningsmodell med förenklade approximationer av tunnelgeometrin.

4.3 Avgränsningar

Simuleringarna är gjorda med de kända förutsättningar som råder i dagsläge och resultat och analys i denna rapport är giltigt för dessa förutsättningar.

Resultatet påverkas och kan ändras beroende på bl.a. av följande parametrar; slutliga utförandet på tunnelkonfiguration, variation i utomhusklimat (temperatur och vinddefekt), fordonsemissioner och tunnelns användning så som t ex trafikmängder, olika fordon, trafikhastighet och körsätt mm.

I denna rapport ingår endast beräkningar för Götatunneln 1600 m.

Andra beräkningskonfigurationer som förekommit i tidigare rapporter har inte beräknats explicit i detta arbete (t.ex. Gullbergstunneln 400 m, Gullbergstunneln 800 m samt överdäckning sträckan Järnvågen-Falutorget).

5 Resultat

5.1 Ventilation för yttre luftkvalitet

Resultat av beräkningar för totalt NO_x-utsläpp från varje tunnelrör redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Totalt NO_x- utsläpp ur tunnelmynning ton/år

	Utan NO ₂ omgivning (enbart från trafik i tunneln) (ton/år)	Med NO ₂ omgivning (ton/år)	Tidigare beräkning (2019) med NO ₂ omgivning 50 µg/m ³ (ton/år)	Beräkning med (samma trafik och NO ₂ omgivning som 2019) men nya HBEFA 4.1 (ton/år)
NORRA RÖRET	3,3	8,0	4,9	5,9
SÖDRA RÖRET	4,0	4,8	5,0	

Med avluftstation DU1 aktiverad uppgår utsläppsgraden vid norra röret till ca 1 % genom huvudtunnelns utfartsmynning. Inget utsläpp vid avfartsrampen.

Vid södra rörets mynning kan ett procentuellt totalt årsutsläpp NO_x om 0 % uppnås, med en avluftstation DU4 aktiverad med flödeskapacitet 400 m³/s. Andra flöden har undersökts, med resultatet att det med rådande förutsättningar ej är möjligt att reducera flödeskapaciteten under detta värde.

Utsläppsmängden från ett tunnelrör kan släppas ut antingen genom tunnelmynningen (ingen avluftstation /avluftstation ej aktiverad) eller genom ett avluftstorn (avluftstation aktiverad). Utsläppsgraderna som redovisas ovan gäller för konfigurationer med avluftstation aktiverad.

Ovan redovisade totala utsläppsmängder gäller för flytande trafik enligt kap 3.5 och tar därmed inte hänsyn till långsamtgående eller stillastående trafik. Möjlighet finns att genom mer specifika trafikdata precisera resultaten till att även ta hänsyn till kö eller långsamtgående trafik. Detta kräver dock information om köfrekvens, exempelvis i form av antal timmar per år med fordonshastigheter understigande 30 km/h.

5.2 Ventilation för inre luftkvalitet – flytande trafik

Flytande trafik avser fordonshastigheter som varierar mellan 40 km/h - 80 km/h under dagen.

Resultat för Norra röret:

- > DU1 – 400 m³/s och inbromsning av luftflödet med hjälp av 4 st. impulsfläktar i huvudtunnel samt 1 st. impulsfläkt i avfartsramptunnel
- > NO₂ koncentration timmedel är under gränsvärdet 500 µg/m³

Resultat för Södra röret:

- > DU4 – 400 m³/s och inbromsning av luftflödet med hjälp av 6 st impulsfläktar i huvudtunnel
- > NO₂ koncentration timmedel är under gränsvärdet 500 µg/m³

5.3 Ventilation för inre luftkvalitet – långsamtgående trafik

Kö med långsamtgående trafik avser fordonshastighet ca 15 km/h.

Resultat för Norra röret:

- > Alla impulsfläktar är i drift på full kapacitet och DU1 på 400 m³/s.
- > NO₂ koncentration timmedel tangerar gränsvärdet på 500 µg/m³
- > Luftflöde i tunneln vid långsamtgående trafik är ca. 700 m³/s – utsläpp vid mynning är därmed 300 m³/s med DU1 på full kapacitet.

Resultat för Södra röret:

- > 8 st. impulsfläkt i drift på full kapacitet och DU4 på 400 m³/s.
- > NO₂ koncentration timmedel tangerar gränsvärdet på 500 µg/m³
- > Luftflöde i tunneln vid långsamtgående trafik och impulsfläktar på full kapacitet är ca 500 m³/s – utsläpp vid mynning är därmed 100 m³/s med DU4 på full kapacitet.

5.4 Ventilation för inre luftkvalitet – stillastående trafik

Stillastående trafik avser kö med fordonshastighet 0-10 km/h.

Resultat för Norra röret:

- > Alla impulsfläktar är i drift på full kapacitet och DU1 på 400 m³/s.
- > NO₂ koncentration timmedel = 600 µg/m³ och överstiger därmed gränsvärdet.
- > Luftflöde i tunneln vid stillastående trafik är ca. 700 m³/s – utsläpp vid mynning är 300 m³/s med tidigare fastställd flödeskapacitet för avluftstation DU1 = 400 m³/s.

Resultat för Södra röret:

- > Alla impulsfläktar är i drift på full kapacitet och DU4 på 400 m³/s.
- > NO₂ timmedel inre i tunnel är 500 µg/m³
- > Luftflöde i tunneln vid stillastående trafik är ca. 650 m³/s – utsläpp vid mynning är 150 m³/s med resulterande flödesbehov i avluftstation DU4= 400 m³/s.

6 Diskussion

Avseende en eventuell avluftstation DU4 har följande frågor yttrats:

- Behövs en avluftstation DU4?
 - Denna fråga bör avgöras med bas i spridningsanalysen för luftkvalitet vid omgivande byggnader med respektive utan avluftstation.
- Kan en avluftstation DU4 utgöra en del av en möjlig framtida luftutbytesstation i en längre tunnelkonfiguration mellan Järntorget och Falutorget?
 - Ja. En avluftstation utgör ena beståndsdelarna i en luftutbytesstation. Användningsområdet för avluftstationen kan därför anpassas för att i ett senare skede kunna utgöra en del av en luftutbytesstation.

I (1) drogs slutsatsen att en tunnelkonfiguration med fullt överdäckt tråg, motsvarande en sammanhängande tunnel mellan Järntorget och Falutorget, kräver åtgärd i form av antingen luftutbytesstation eller trafikbegränsande åtgärder för att klara luftkvalitetsgränsvärdet $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid långsamgående trafik under 20 km/h. En kvalitativ bedömning av hur dessa resultat påverkas av de justerade indata som använts i föreliggande arbete, ger vid handen att den nedre trafikastighetsgräns vid vilken en luftutbytesstation blir nödvändig, flyttas uppåt till följd av generellt svårare föroreningar i och runt tunnarna.

7 Slutsatser

En iteration mellan spridningsberäkning (yttre luft) och tunnelluftberäkning (inre luft) har, via ny/förfinad indata för omgivande NO₂-belastning, resulterat i att de totala utsläppsmängderna justeras till 8,0 respektive 4,8 ton/år NO_x.

Tunnelventilationen klarar krav på inre luftkvalitet (500 µg/m³ NO₂), undantaget stillastående trafik (oförändrat sedan 2019).

Längre perioder med stillastående trafik (0 – 10 km/h) är fortsatt problematiskt och bör, om det är aktuellt, hanteras i särskild ordning, exempelvis med hjälp av trafikbegränsande åtgärder.

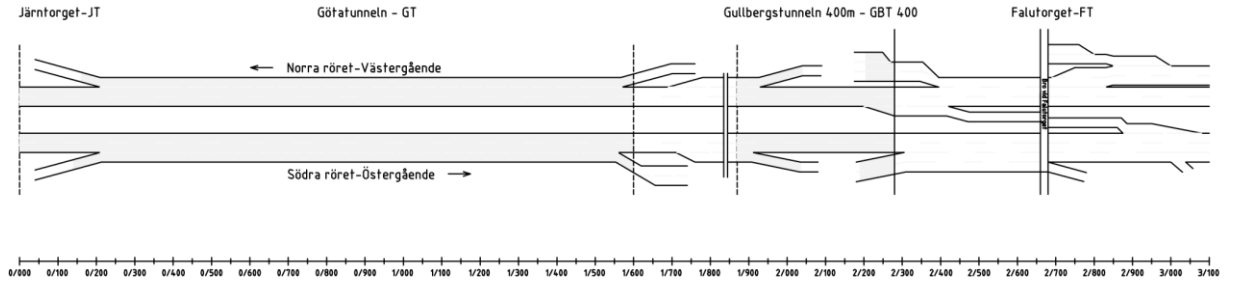
Även krav på yttre luftkvalitet klaras (utsugningsgrad genom avluftstationer >95 % i termer av totalt NO_x-utsläpp på årsbasis). Detta gäller både norra röret (DU1) och södra röret (DU4) under förutsättning flytande trafik. Erforderlig flödeskapacitet under samma förutsättningar har för DU4 fastställts till 400 m³/s (likt DU1).

Huruvida avluftstation DU4 behövs eller inte bör avgöras med bas i spridningsanalysen för luftkvalitet vid omgivande byggnader med respektive utan avluftstation.

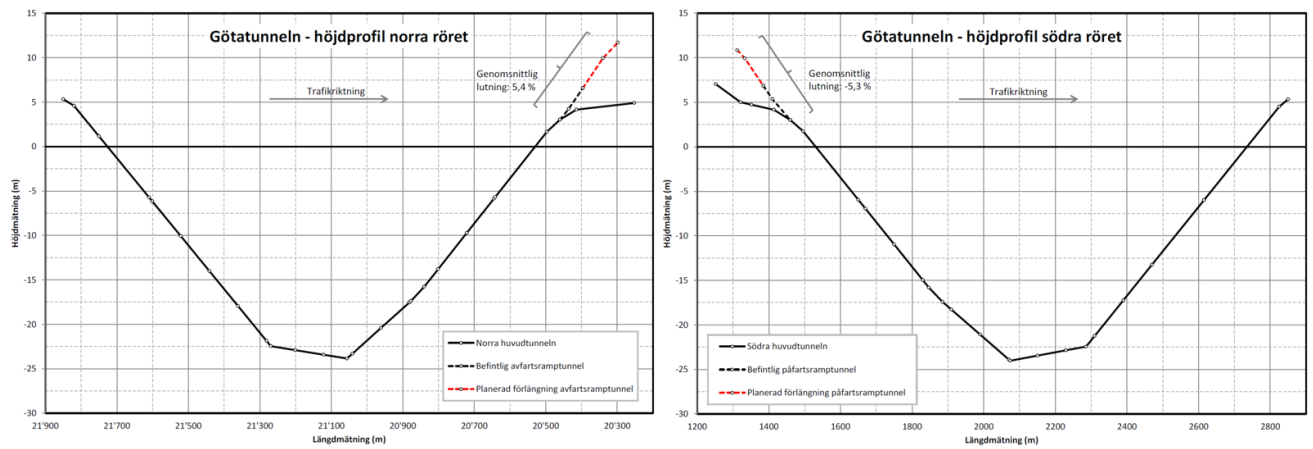
8 Referenser

1. **Emil Engman, Tuyet Nguyen.** *Beräkningar för tunnelventilation vid överdäckning av Götaleden.* 2019.
2. **Trafikverket.** *Forskningsprojekt Tunnelluft (pågående).* 2016.
3. **Miljö/Väst, COWI.** *Anbud på projekt - ÄTA till Hisingsbron.* 2019.
4. **American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE IWECC 1.1 weather files.** 2005-20-15.
5. **Alain, Jeanneret.** *Lüftung der Strassentunnel, Systemwahl, Dimensionierung und Ausstattung, Schweiz (Swiss Guideline on Tunnel Ventilation), ASTRA 13001 V2.03.* 2008.
6. **Trejo.** *Översiktsschema överdäckning av Götaleden.* Januari 2019.
7. **Engman, Emil.** *Beräkningar för avluftventilation vid Götatunnelns västra mynning.* 2017.
8. **Miljöförvalningen, Göteborg Stad.** *Luftkvaliteten i Göteborgsområdet med och utan trängselskatt.* September 2014.
9. **INFRAS.** *The Handbook of Emission Factors for Road Transport (HBEFA) .* April 2017.
10. **Flygare, Kristoffer.** *E45 Lilla Bommen - Marieholm tunnelventilation. Dokument nr 6K076B03.* 2017.
11. **Jonas Sparthan, Jonathan Andersson, Emil Engman, Patrik Ohnesorge, Martin Wiklund.** *PM - Järnvågen utredning installation i Götatunnelns ramper.* u.o. : Svenska Teknikingenjörer Gbg AB, 2017.

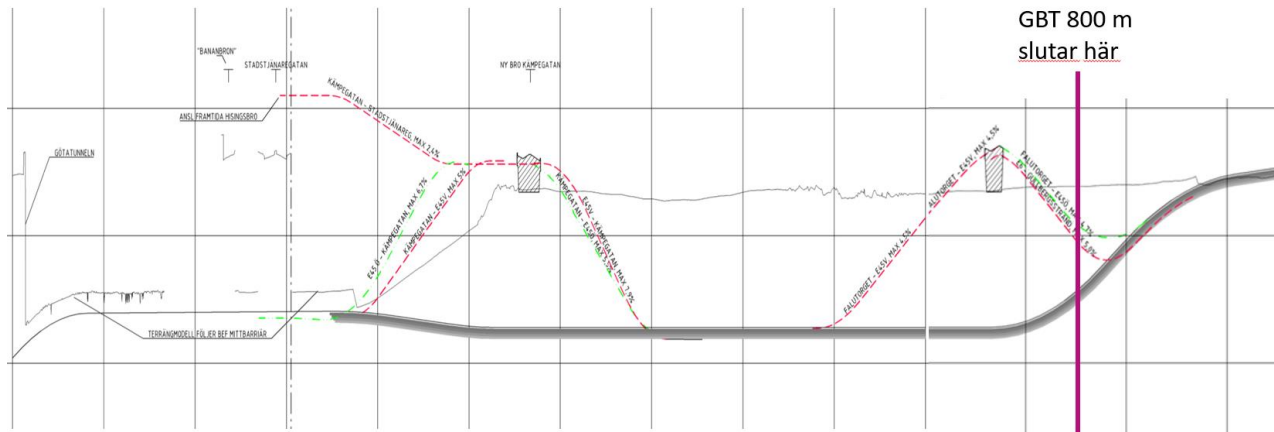
Bilaga A Tunnelgeometri



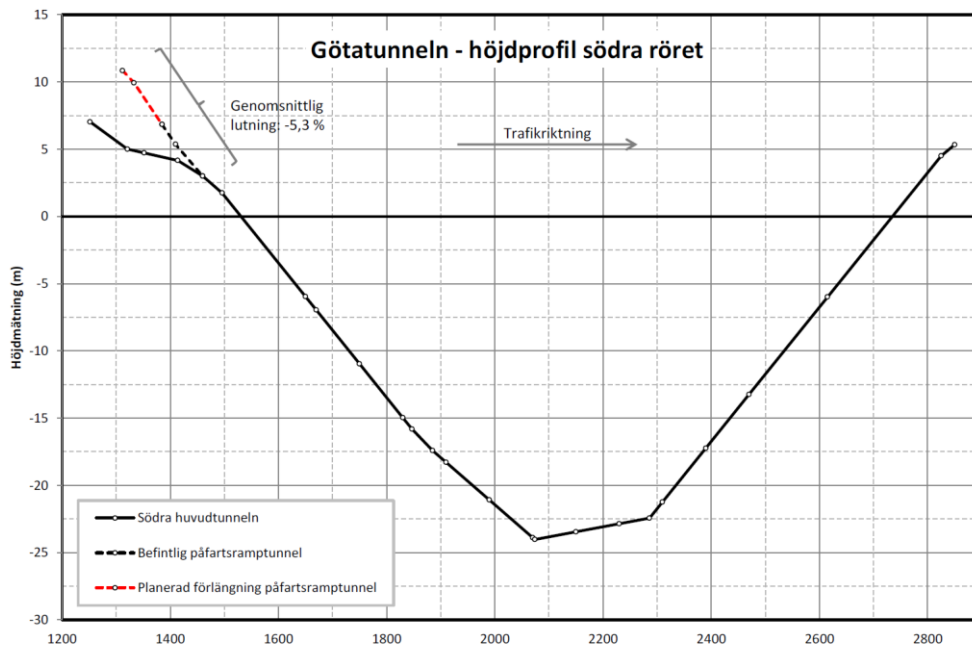
Figur 11. Översiktsschema - Längdprofil (6)



Figur 12. Höjdprofil Göfataunneln 1600 m



Figur 13. Höjdprofil Göfataunneln Östra - Falutorget



Figur 14. Höjdprofil Götatunneln 1600 m

Tabell 6. Tvärsnittsarea.

Götatunneln - GT		Bredd	Höjd	Tvärsnittsyt	Referens
	Ramper	7,2	6,7	48,2	PM Beräkningar för avluft-ventilation vid Götatunnelns västra mynning (7)
	Huvudtunnel infartsmykning västra	10,5	6,7	70,4	
	Huvudtunnel	14	6,7	94	