

UNDERLAGSRAPPORT GEOTEKNIK

E45 delen Lilla Bommen - Marieholm

Göteborgs stad, Västra Götalands län

Granskningshandling 2014-03-03

Projektnummer: AP109654



Dokumenttitel: E45 delen Lilla Bommen - Marieholm

Skapat av: Bengt Hansson

Dokumentdatum: 2014-03-03

Dokumenttyp: Rapport

Ärendenummer: TRV2013/54670

Projektnummer: FS85438030/ AP109654

Version: 1.0

Publiceringsdatum: 2014-03-03

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Per Eriksson, Trafikverket

Uppdragsansvarig: Ylva Bäckman, Tyréns AB

Distributör: Trafikverket, 405 33 Göteborg, telefon: 0771-921 921

Kartmaterial: "©Lantmäteriet Medgivande I2013/0123"

Innehåll

Inledning.....	5
Bakgrund.....	5
Syfte.....	6
Avgränsningar	6
Områdesbeskrivning.....	7
Nedsänkningen	7
Gullbergsmotet	7
Historik	8
Stadsutveckling och verksamhet	8
Tidigare undersökningar och utredningar	9
Befintliga byggnader	9
Geotekniska förhållanden.....	10
Nedsänkningen	10
Jordlager	10
Hållfasthets- och deformationsegenskaper	11
Gullbergsmotet	17
Jordlager	17
Hållfasthets- och deformationsegenskaper	17
Hydrogeologiska förhållanden	19
Allmänt.....	19
Nedsänkningen.....	19
Grundvatten och portryck.....	19
Gullbergsmotet	20
Grundvatten och portryck.....	20
Befintliga stabilitets- och sättningsförhållanden	22
Nedsänkningen	22
Gullbergsmotet	22
Beräkningsförutsättningar	25
Säkerhetsklass och geoteknisk kategori.....	25
Geotekniska parametrar vid beräkning	25
Antaganden för beräkningar.....	26
Antaganden för totalstabilitet.....	26
Antaganden för FEM-analys.....	28
Geometri.....	28

Material	30
Antaganden för sättningsberäkning.....	32
Gullbergsmotet	32
Antagande för kontroll av upplyft	33
Gullbergsmotet	33
Geotekniska beräkningar	34
Totalstabilitetsberäkning.....	34
Nedsänkningen	34
Gullbergsmotet	38
FEM-analys.....	43
Nedsänkningen	43
Gullbergsmotet	43
Kontroll av upplyft	43
Nedsänkningen	43
Gullbergsmotet	43
Jämförande beräkningar.....	43
Byggskede	46
Nedsänkningen	46
Gullbergsmotet	48
Föreslagen konstruktion/ anläggning	51
Nedsänkningen.....	51
Cellplastutformning	51
Anpassning till befintliga och nya anläggningar	52
Gullbergsmotet	53
Väg E45	53
Ramp E6N – E45Ö	54
Sammanfattning och utvärdering av resultat.....	55
Rekommendationer	57
Referenser	58

Bilagor

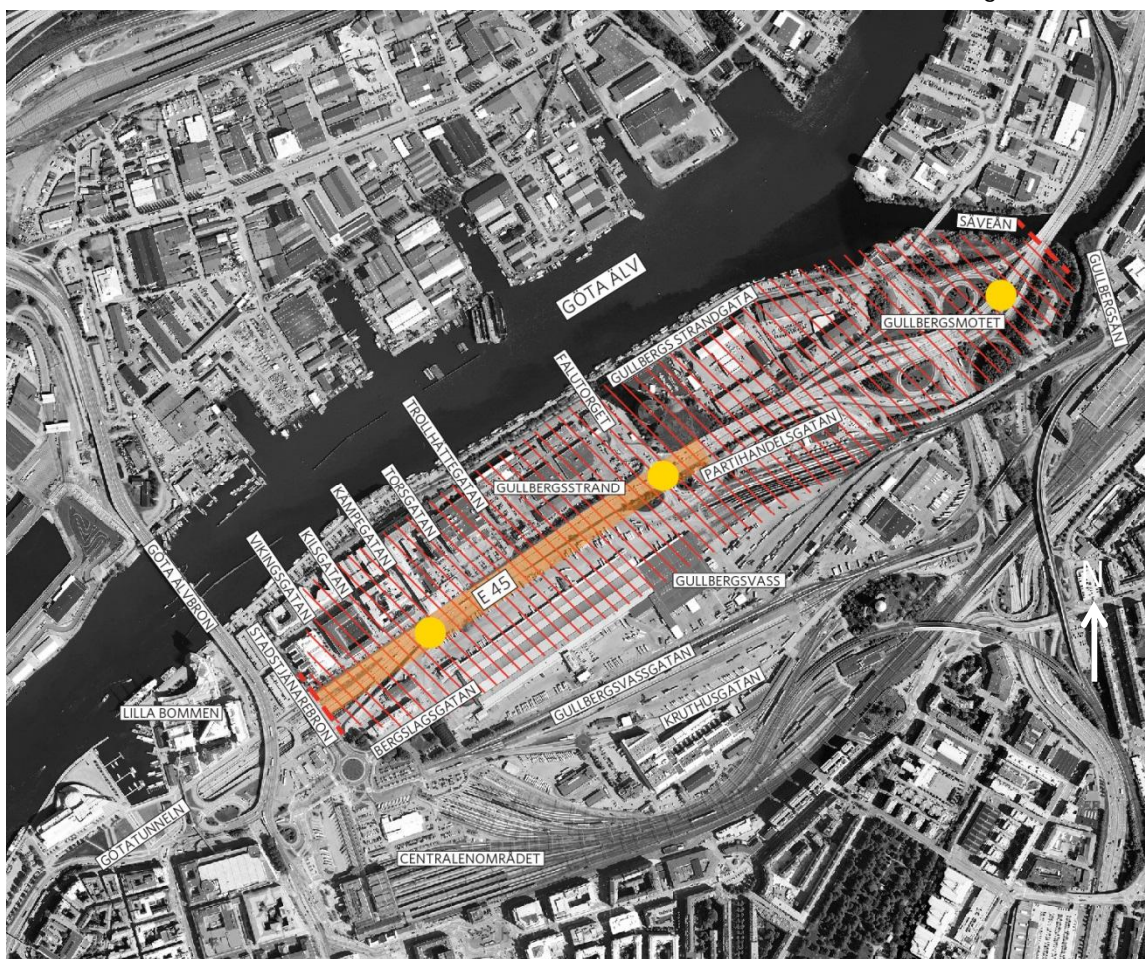
- 000G1111-13 Bilaga 1 – Redovisning av befintliga fastigheters grundläggning, plan
000G1101-03 Bilaga 2 – Redovisning av föreslagna förstärkningsåtgärder, plan

Inledning

Bakgrund

På uppdrag av Trafikverket har Tyréns AB ansvar för framtagande av vägplan för ombyggnad av väg E45 mellan Lilla Bommen och Marieholm.

Göteborgs stad planerar för att ersätta befintlig Göta Älvbro med en ny bro över älven (Hissingsbron), samt att bygga en viadukt över bangården öster om Göteborgs central. Dessa båda broar skall anslutas till E45, vilket innebär att vägen måste byggas om från Stadjänaregatan och österut. Stadjänarebron blir en del av nya Hissingsbron och en ny lokalbro behövs som ersättning, vilket medför att E45 behöver sänkas i riktning mot Marieholm. E45 sänks cirka 5 till 6 meter mellan Lilla Bommen och Falutorget.



Figur 1. Översiktskarta med utredningsområdet markerat med röd skraffering, område för nedsänkning markerat med orange och områden för berörda trafikplatser och trafiklösningar markerat med gult.

Arbetet med vägplanen inleddes med en skissfas där olika alternativ för utformning av nedsänkningen och trafiklösningar har studerats. Tyréns AB har i skissfasen utfört en översiktlig geoteknisk undersökt och värderat de geotekniska förutsättningarna i planerad vägsträckning samt sammanställt och utvärderat tidigare utförda undersökningar inom planerat arbetsområde. Arbetet sammanställdes i Trafikverket (2013a) *Underlagsrapport Geoteknik*, daterad 2013-05-31. Utförda undersökningar redovisas i Trafikverket (2014a) *Markteknisk undersökningsrapport*, daterad 2014-01-20.

Efter jämförelse av de olika alternativen som togs fram i skissfasen har Trafikverket beslutat att gå vidare och ta fram en vägplan för alternativet "Nedsänkning med möjlighet till överdäckning".

Syfte

Vid ombyggnad av E45 kommer omfattande geotekniska åtgärder att erfordras i både bygg- och permanentskedet. Tyréns AB har på uppdrag av Trafikverket genomfört geotekniska fältundersökningar och utvärderingar med syfte att föreslå de tekniskt och ekonomiskt bästa lösningarna med hänsyn till totalkostnad, byggbarhet och arbetsmiljö.

Avgränsningar

Området som har utretts i förstudien sträcker sig från Lilla bommen i väster till Gullbergsmotet i öster. Vägplanens avgränsning berör E45 i sträckan mellan Stadstjänarebron, förbi Falutorget, genom Gullbergsmotet, fram till Sävån, se Figur 1.

Områdesbeskrivning

Stora delar av Gullbergsvass var ursprungligen ett sankt vassområde. I mitten av 1800-talet anlades en muddervall mellan Lilla Bommen och Gullbergsåns utlopp i Sæveån. Området innanför vällen torrlades och fylldes ut. Den undre delen av fyllnadsmassorna, mellan 1,5 och 4,5 meter under markytan är i huvudsak muddermassor och består av lera/silt. De övre fyllnadsmassorna, ned till cirka 1 meter under markytan, utgörs generellt av grövre material som sten/grus/sand. Fyllnadsmassorna är heterogena och det saknas underlag för att bedöma varifrån de kommer. Inslag av slagg, glas och tegel har påträffats vid entreprenader i området. Under fyllnadsmassorna finns lera med mycket stor mäktighet.

Infiltrationen av regnvatten och därmed grundvattenbildningen är tydligt begränsad i området. I anslutning till byggnader och anläggningar sker bortdränning av dagvatten vilket ytterligare reducerar grundvattenbildningen. Uppmätta grundvattennivåer visar att det inte förekommer någon entydig grundvattengradient i området. Grundvattnets strömning påverkas av de ledningsstråk, djupare grundläggningar och tätskärmar som finns i området. Dessa avskärande anläggningar är också orsaken till att det inte finns något större sammanhängande grundvattenmagasin i området. Grundvattnet förekommer istället i mindre, lokala magasin i fyllnadsmassorna.

Nedsänkningen

På den norra sidan av E45 mellan Stadstjänaregatan och Falutorget finns kvartersmark, vilken till större delen är bebyggd med kontorsbyggnader. På den södra sidan finns ett större verksamhetsområde med en godsterminal och järnvägsspår.

Vid Falutorget finns fyra drivmedelsanläggningar varav två tankställen för fordonsgas. I den östra delen av Gullbergsvass står en gasklocka kvar sen tidigare verksamhet. Den ursprungliga gasverkstomten sträcker sig över ett flertal fastigheter där det idag bedrivs olika mindre verksamheter.

Området är flackt och består till större delen av hårdgjorda asfaltsytor. Grönytor med framförallt gräs finns längs båda sidor av E45, i vägkorsningen vid Falutorget och på fastigheten kring gasklockan.

Gullbergsmotet

Området domineras av det stora vägmotet som förbinder E45 med E6 vid Tingstadstunnelns mynning. I och kring vägmotet finns grönytor med gräs, träd och buskar. Öster om motet har Göteborgs Stad en pumpstation, Kodammarna. E45 går på en bro över Sæveån. Strax öster om bron rinner Gullbergsånen ut i Sæveån. På bron norra sida finns ett verksamhetsområde med småindustrier och handel.

Historik

För att utreda de geotekniska förutsättningarna inom området genomfördes en inventering av tidigare utförda undersökningar och utredningar. Material har i huvudsak inhämtats från Stadsbyggnadskontoret och Trafikverket.

Stadsutveckling och verksamhet

Fram till mitten av 1800-talet var området mellan Gullbergsåns mynning och Hultmans holme ett sankt vassområde, kallat Fattigförsörjningsvassen, som till större delen stod under vatten. Därefter började området vallas in med muddermassor från Göta älv och områdets benämndes då Gullbergsvass. När invallningen var klar torrlades den grunda bassäng som uppstått innanför vallen. Området fylldes ut med mer muddermassor och dränerades.

På Stadsbyggnadskontorets historiska kartor över centrala Göteborg syns utvecklingen från vassområde till ett urbant område som dominerades av tågtrafik, se *Figur 2* till *Figur 5*.



Figur 2. Fattigförsörjningsvassen 1790. Pilen visar på Drank ån, som var en avstickare från Fattighusån ut i vassen. Här släppte Cronobränneriet ut sitt avfall, därav namnet.



Figur 3. Området benämns 1860 Gullbergsvass. Invallning av området har skett. Pilen visar på en ångpump.



Figur 4. 1890 har gasverket byggts. Pilen visar på Bergslagsbanans stationshus, "Vita huset".



Figur 5. 1921 domineras området av järnvägen.

Tidigare undersökningar och utredningar

Merparten av de tidigare undersökningarna är lokaliserade till två områden. Det ena utgörs av omgivningen runt Götatunnelns östra mynning och det andra utgörs av området kring Tingstadstunneln, Gullbergsmotet och Marieholm vid Sävån. För dessa två områden ger de utförda undersökningarna en relativt god översiktlig bild över markförhållandena. Däremot saknas eller så är uppgifterna bristfälliga över en stor yta mellan de två nämnda områdena.

De äldre undersökningarna utfördes inför utbyggnaden i området under 1960-talet då bland annat Tingstadstunneln och Gullbergsmotet byggdes och därefter följde byggnationen av Mårten Krakowgatan. Under de följande åren utfördes flertalet undersökningar för att öka i omfattning runt sekelskiftet inför byggnationen av Götatunneln och Partihallsförbindelsen.

Befintliga byggnader

Inventering av befintliga byggnader för området vid Nedsänkningen har genomförts. Byggnader inom cirka 100 meter från befintlig väg E45 anses relevanta för inventeringen. I *bilaga 1* redovisas fram till denna tidpunkt utförd inventering. Befintliga byggnader har kategoriserats enligt följande:

- Klass 1, Byggnader grundlagda med stödpålar eller långa kohesionspålar
- Klass 2, Byggnader grundlagda med kortare kohesionspålar
- Klass 3, Byggnader grundlagda med grundplintar eller platta på mark

I detta skede har i första hand befintliga byggnaders grundläggning dokumenterats, dock är en mer detaljerad inventering planerad i kommande skeden.

Geotekniska förhållanden

Nedsänkningen

Jordlager

Jordlagren består överst av fyllnadsmassor vars mäktighet varierar kraftig inom området på grund av den historiska utfyllningen. Den naturligt lagrade jorden under fyllningen består av lera till stort djup. För att få en uppfattning om fyllningens mäktighet har geofysiska mätningar utförts, vilka framgår av Trafikverket (2014b) PM Geofysik som är bilaga till Projekterings PM.

Fyllning:

Hittills utförda undersökningar/fältbedömningar av fyllningen i detta uppdrag visar att dess mäktighet i området varierar kraftigt, vilket bedöms i huvudsak bero på den utfyllning som utförts inom området under 1800-talet. Enligt utförda geofysiska undersökningar uppskattas fyllningens totala mäktighet variera mellan 1,5 och 4,5 meter. Fyllningen kan generellt delas in i två delar, en övre och en undre del. Den övre delen utgörs generellt av grövre material såsom sten/grus/sand men även mulljord, silt, lera och torv har hittats. Den nedre delen, i huvudsak muddermassor, består av lera/silt men även grus och sand. Mäktigheten för nedre delen av fyllningen varierar mellan 2 och 3 m, enligt utförda undersökningar.

Lera:

Leran innehåller skalrester i stora delar av undersökt jordprofil (ned till ca 40 m djup). Hittills utförda geotekniska undersökningar av leran i detta uppdrag visar att densiteten varierar mellan 1,5 överst och upp till 1,8 t/m³ mot djupet. Sensitiviteten varierar mellan 6 och 29, det vill säga leran är låg till mellansensitiv. I undersökningspunkt UPO1_09(Falutorget) uppmäts dock högre sensitivitet (33 – 58) mellan 24 till 36 meter under markytan, det vill säga att ett skikt i leran är här att betrakta som mellan- till högsensitivt. Vattenkvoten varierar mellan 45 och 103 % medan konflytgränsen varierar mellan 42 och 85 %. Leran bedöms vara normalkonsoliderad i dess övre del för att sedan mot djupet vara överkonsoliderad. Att leran är normalkonsoliderad innebär att sättningar pågår och att alla lastökningar medför tillskottsspänningar och ytterligare sättningar.

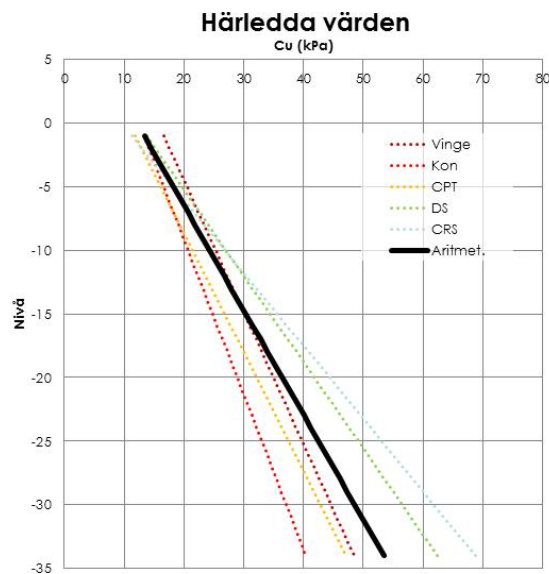
Generellt bedöms lerans mäktighet i området vara cirka 100 meter. Utförda undersökningar har utförts i lera ned till mellan 45 och 50 meters djup utan att stopp mot berg eller friktionsmaterial erhållits. Några undantag har dock noterats:

- I undersökningspunkt UP01_05, vid Statoil, har utförd CPT-sondering fått stopp på ca 20 meters djup under markytan och friktionsjord utvärderas från ca 17 meters djup
- Vid vingsondering i undersökningspunkt UP03_02, (västra delen av DHL ´s område), blev använd vinge skadad/stukad på ca 16 meters djup. Någon förklaring till det inträffade har inte kunnat hittas då övriga undersökningar i punkten inte tyder på något fastare lager eller skikt
- I undersökningspunkt UP03_07, vid södra brostödet för bron vid Falutorget, har friktionsjord påträffats vid ca 45 m djup under markytan och utförd jord-berg-sondering visar berg eller block på 54 m djup.

Hållfasthets- och deformationsegenskaper

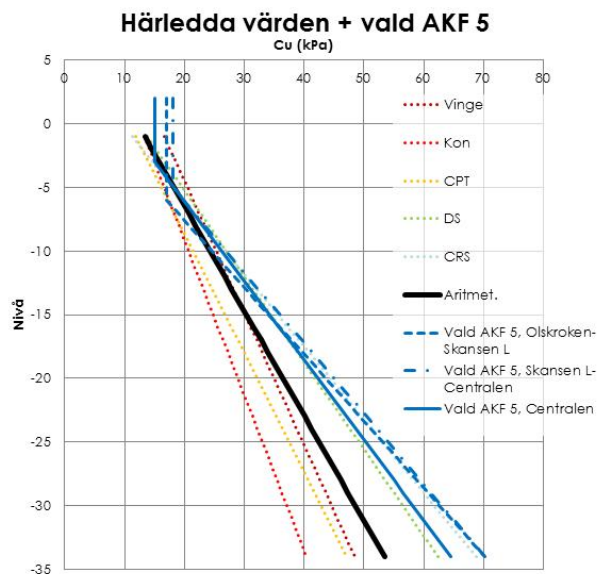
För hållfasthetsegenskaper har utvärdering av c_u utförts efter vad vi kallar "strikt Eurocode". Utvärdering av c_u bygger på ett någorlunda "strikt" medelvärde enligt Eurocode och IEG:s Tillämpningsdokument. Utvärderingen avser att beskriva parametern c_u för uppsättning stabilitet, stödkonstruktioner och pålar. Nedan beskrivs utvärdering av parametern c_u .

E45 - Parameterutvärdering



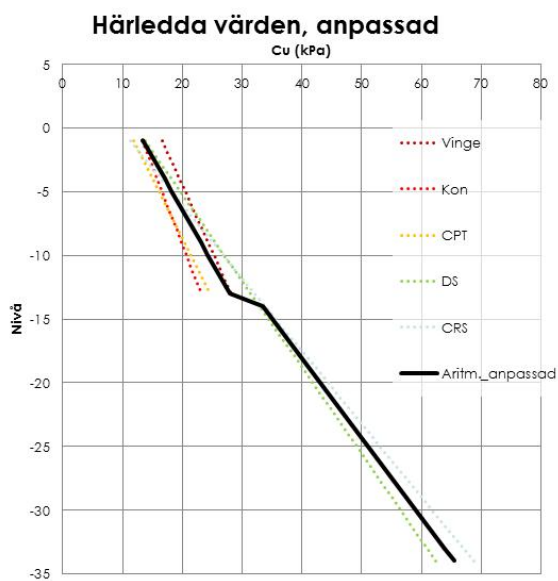
(a)

E45 – Parameterutvärdering



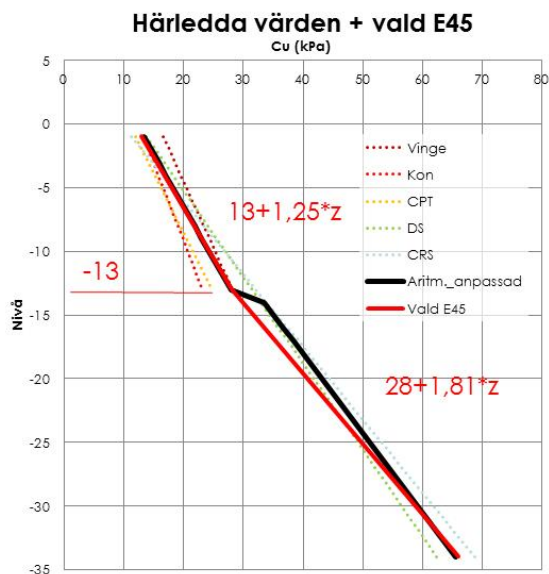
(b)

E45 – Parameterutvärdering



(c)

E45 – Parameterutvärdering



(d)

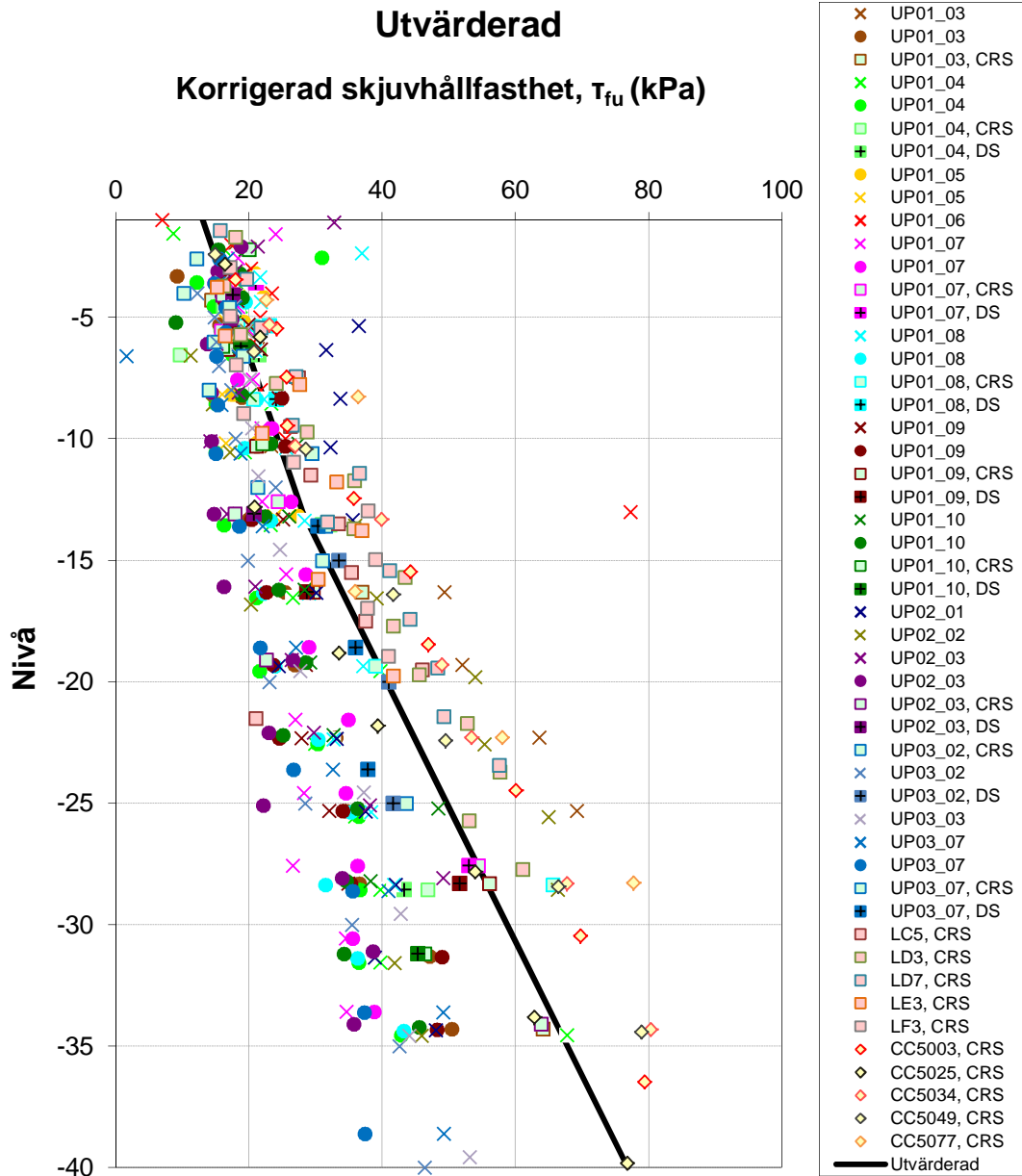
Figur 6. Parameterutvärdering av c_u enligt "strikt Eurocode"; a) Härledda värden med aritmetiskt medelvärde; b) Jämförelse med Västlänken, AKF5; c) Anpassad aritmetiskt medelvärde efter borttagande av vinge, kon och CPT under 15 m djup; d) Vald c_u för E45.

Utvärderingen är utförd enligt uppmätta medelvärden från vingförsök, fallkonförsök, CPT-sonderingar, direkta skjuvförsök (DS) samt utvärderade CRS-försök.

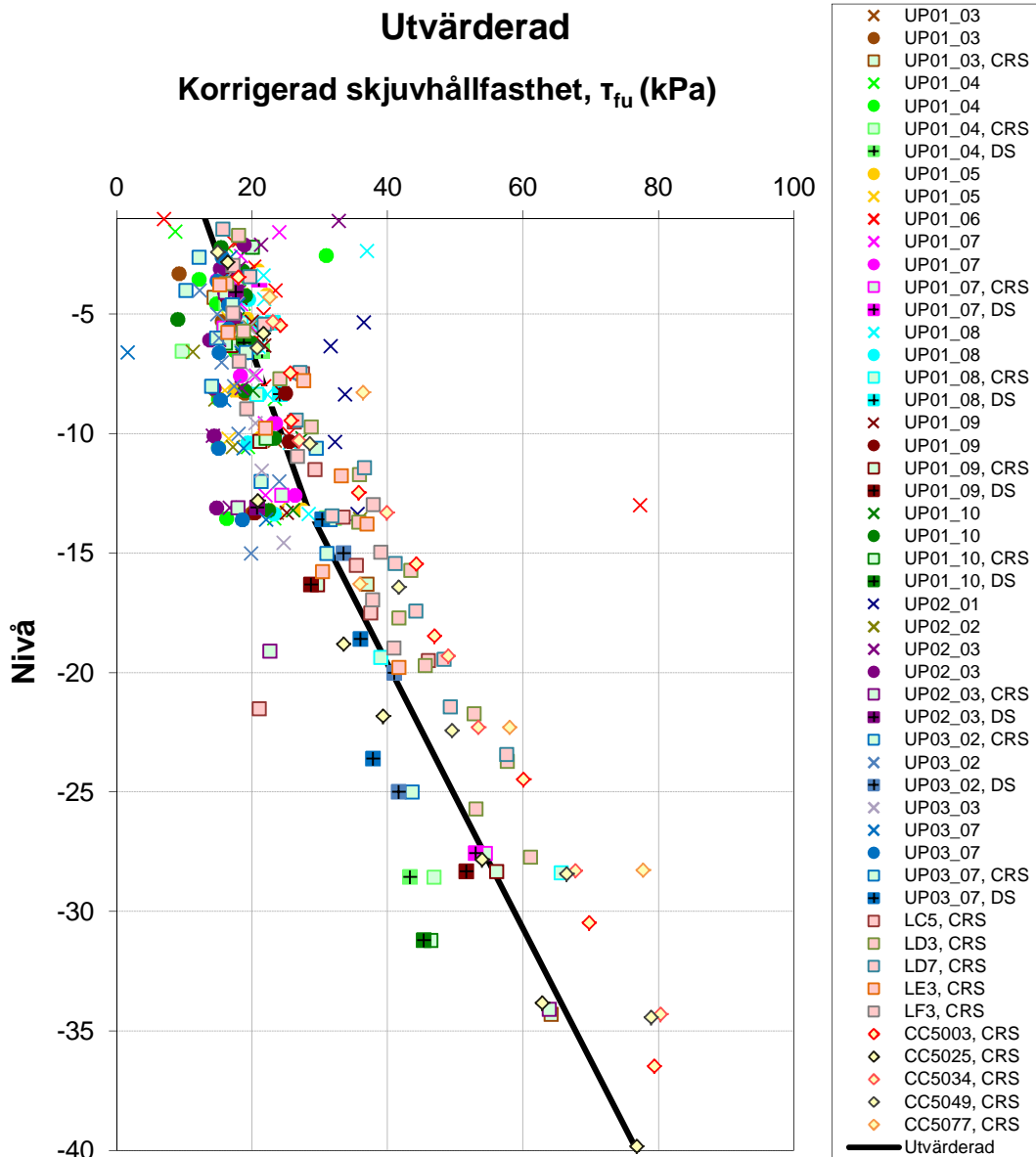
Undersökningsresultat från vinge, kon och CPT har endast tagits med ner till nivån -13 (motsvarande 15 m djup). Detta synsätt grundar sig på ett examensarbete utfört på Chalmers Tekniska Högskola 2012 (Jonsson & Sellin). I examensarbetet undersöktes om de omräkningsfaktorer av mätvärden som erhållits via vingförsök, fallkonförsök, CPT-sondering och CRS-försök till odränerad skjuvhållfasthet som föreslås i SGI Information 3 (svensk praxis i dagsläget) är relevanta mot djupet. Detta synsätt diskuteras och behandlas vidare i utförd Utredning Geostatistik.

Anledningen till att utvärderat, valt c_u anses vara "någorlunda strikt" är att det är något anpassat efter det aritmetiska anpassade värdet (se Figur 6). Detta för att inte ha en "knyck" på kurvan och därmed inte styra möjliga dimensionerande glidytor. Den största anpassningen till kurvan är runt nivån -13. Enligt utförda stabilitetsberäkningar är det konstaterat att många kritiska glidytor kan utvecklas runt nivån -13.

Figur 7 visar utvärderad, valt c_u jämfört med utförda undersökningar för vägplanen (ex. UPO1_03), undersökningar för Götatunneln, entreprenad L3 (ex. LC5) samt undersökningar för Västlänken (ex. CC5003).



(a)



(b)

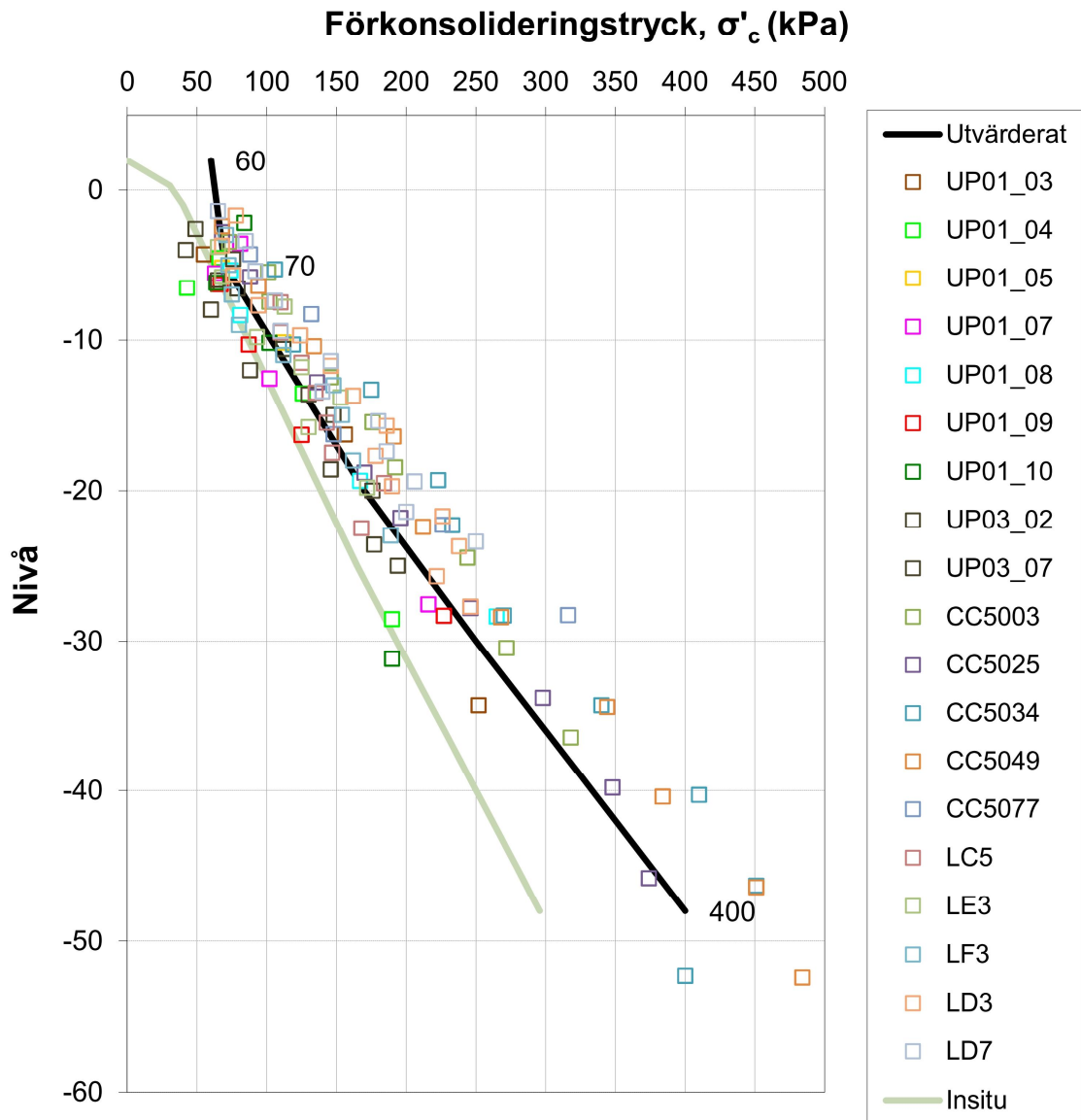
Figur 7. Utvärderad skjuvhållfasthet; a) Markundersökningar på samtliga djup redovisas b) Kon- och vingförsök redovisas ned till 15 m djup, för övriga markundersökningar redovisas samtliga djup.

För överbyggnadsmaterial har friktionsvinkeln 35° valts. Fyllningsmassor av muddermassor och lera har bedömts ha samma hållfasthet som utvärderats för den övre delen av naturlig lera, dvs 13 kPa.

Utförda undersökningar i den naturliga leran har utvärderats till en vald skjuvhållfasthet på 13 kPa som ökar med 1,25 kPa/meter från nivån -1 ner till nivån -13. Under nivå -13 ökar hållfastheten istället med 1,81 kPa/meter.

Nedan visas en bild på uppmätta förkonsolideringstryck inom aktuellt område.

Utvärderad Nedsänkning



Figur 8. Sammanställning förkonsolideringstryck för i projektet utförda och utnyttjade undersökningar.

I ovanstående figur visas också en in situ-spänning som referens till uppmätta förkonsolideringstryck. In situ-spänningen bygger på en marknivå på +2, utvärderad densitet och ett portryck med nollnivån på +0,3 och som ökar med 1,08 kPa från nivån -4,5. Vidare visas också utvärderat förkonsolideringstryck.

Gullbergsmotet

Jordlager

Området kring Gullbergsmotet har tidigare utgjorts av ett flackt och sankt vassområde med en ursprunglig markyta som låg kring nivån ± 0 . Området har efterhand fyllts upp med fyllnadsmassor. Fyllnadsmassorna underlagras av lera till stort djup.

Fyllning:

Fyllnadsmassorna kan generellt delas upp i två uppfyllnadsperioder. De fyllnadsmassor som är utlagda före 1960-talet består huvudsakligen av lera och finkornigt friktionsmaterial. Denna uppfyllnad har utförts till nivåerna +1 till +2 m. I samband med utbyggnaden av Gullbergsmotet på 1960-talet utfördes ytterligare uppfyllningar för vägbankar och dylikt, vilka troligen i huvudsak består av sand och/eller grus.

Lera:

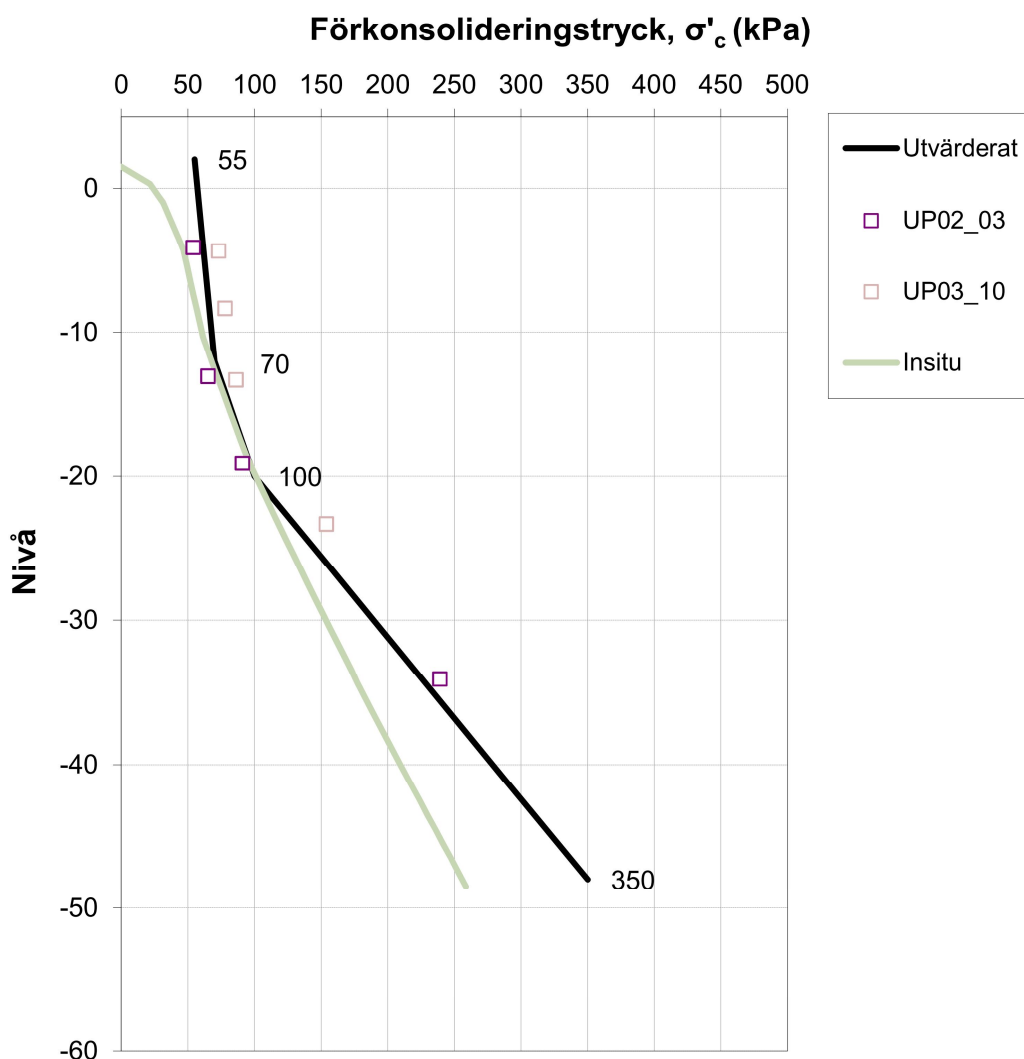
Den underliggande leran inom området för Gullbergsmotet uppskattas vara ca 100 m mäktig. Ner till ca 10 - 15 m djup är leran gyttjig och mot större djup blir den sulfidhaltig. Leran under fyllningen är uppdelad i relativt mäktiga lerlager, varav några är skalförande. Skalrester har återfunnit på så stora djup som 40 m. Leran bedöms ursprungligen vara konsoliderad för en nivå på +0 m (nivån före uppfyllnaderna). Tillskottsbelastning av fyllnadsmassor medför konsolidering av leran och därmed att sättningar pågår inom området. Lerans densitet varierar mellan 1,5 och 1,8 t/m³ och sensitiviteten ligger under 25, dvs lera är låg till mellansensitiv. Vattenkvoten varierar mellan 50 och 100 % och konflytgränsen varierar mellan 58 och 98 %. Utförda undersökningar har utförts ner till ca 50 m djup utan att stopp mot berg eller friktionsmaterial erhållits.

Hållfasthets- och deformationsegenskaper

Under vägplanen utfördes geotekniska undersökningar på den naturligt lagrade leran. Dessa visar att de uppmätta värdena för den korrigerade skjuvhållfastheten varierar mellan 11 och 66 kPa. I projektet har sträckan från Götatunneln i väster till Gullbergsmotet i öster setts som en geologisk lokal med avseende på skjuvhållfasthet. För hållfasthetsparametrar hänvisas till kapitlet angående Nedsänkningen.

Nedan sammanställs projektets förkonsolideringstryck samt utvärderat värde för Gullbergsmotet.

Utvärderad Gullbergsmotet



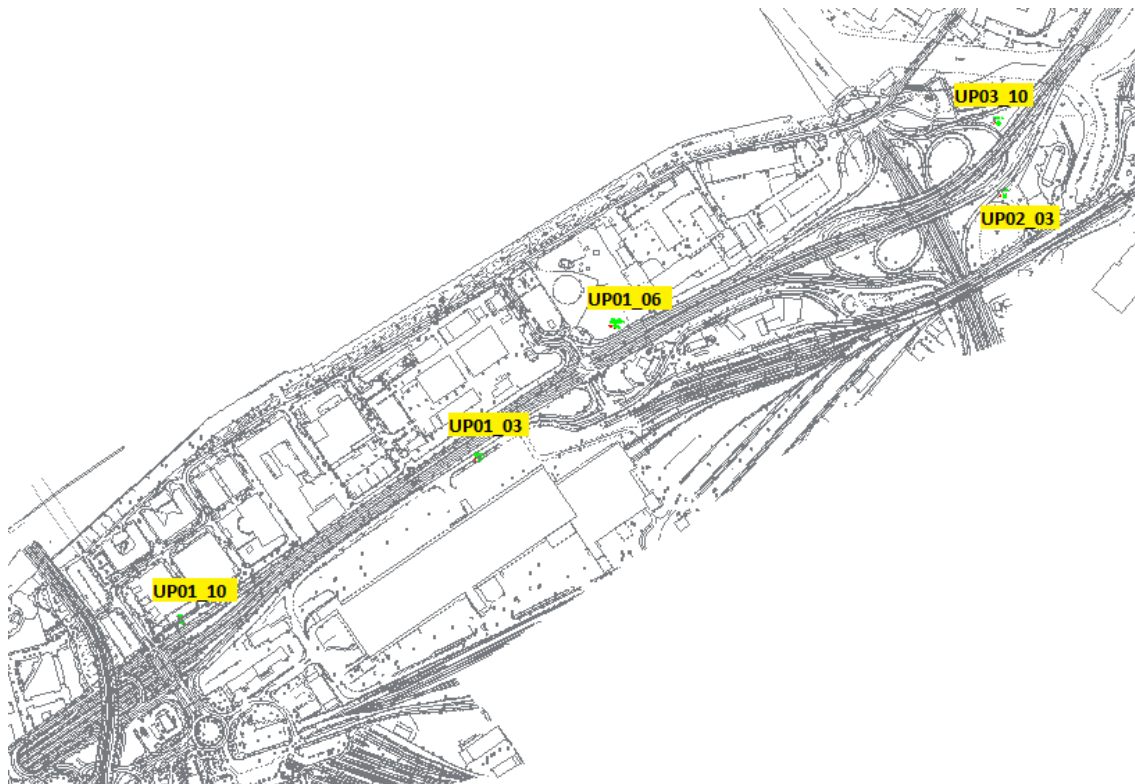
Figur 9. Sammanställda förkonsolideringstryck samt utvärderat värde för Gullbergsmotet.

I ovanstående figur visas också en in situ-spänning som referens till uppmätta förkonsolideringstryck. In situ-spänningen bygger på en marknivå på +1,5, utvärderad densitet för Gullbergsmotet och ett portryck med nollnivån på +0,3 och som ökar enligt Portryck sammanställning för Gullbergsmotet, Bilaga 2.2. Vidare visas också ett förslag på utvärderat förkonsolideringstryck med stor vikt till uppmätta värden i rödmarkerade punkter (UP02_03 och UP03_10). Leran är normalkonsoliderad ner till nivån -20. Troligtvis beror detta på utfyllningen som är utförd i området. På större djup är leran överkonsoliderad.

Hydrogeologiska förhållanden

Allmänt

Inom projektområdet har fem stycken portrycksstationer installerats: UP01_03, UP01_06, UP01_10 (inom Nedsänkningen) och UP02_03, UP03_10 (inom Gullbergsmotet). Placering framgår av Figur 10 nedan. Stationerna består av fyra stycken portrycksspetsar placerade på 6, 12, 21 respektive 36 m djup under markytan.



Figur 10. Plan. Placering av portrycksspetsar.

Nedsänkningen

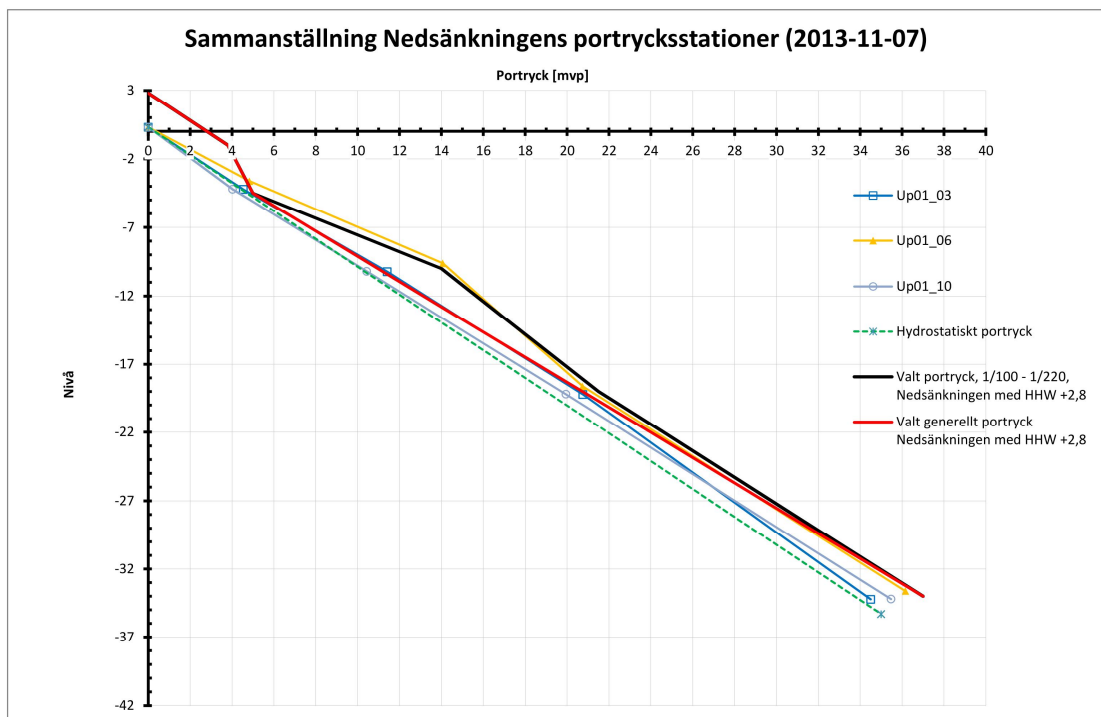
Grundvatten och portryck

I fyllnadsmassorna har grundvattennivån under april-oktober 2013 påträffats på nivåer mellan -0.9 och +0.6 utmed planerad nedsänkning. Tre av de installerade grundvattenrören i fyllnadsmassorna var dessutom torra, dvs. att det vid mätillfällena inte förekom något grundvatten. Spetsen för dessa tre grundvattenrör är placerade i ovankant lera med nivåerna -0.13, +0.43 respektive -0.91. De låga grundvattennivåerna kan delvis förklaras med att nivåerna generellt var under de normala i regionen enligt SGUs grundvattennät under mätperioden. Mer troligt är dock att de djupt förlagda spill- och dagvattenledningar i ledningsgravar under och utmed E45 fungerar som avvattningsstråk och därmed sänker och till och med torrlägger grundvattnet i fyllnadsmassorna.

Baserat på uppmätta grundvattennivåer förekommer ingen entydig grundvattengradient inom området. Grundvattnets strömning påverkas sannolikt av de ledningsstråk, djupare grundläggningar, tätskärmar mm som finns inom området. På grund av fyllnadsmassornas varierande sammansättning bestående av material som är mer eller

mindre vattengenomsläppliga samt förekomsten av ledningsstråk och avskärande anläggningar bedöms att inget större sammanhängande grundvattenmagasin förekommer. Grundvattnet bedöms förekomma i mindre lokala magasin i fyllnadsmassorna. De rådande omständigheterna medför därmed att mängden grundvatten som finns tillgänglig och som kan tillrinna planerad nedsänkning är begränsad.

För projektet har nolltrycksnivån satts till nivån +0,3 och där under ökar portrycket med 10,9 kPa/m. I fallet med HHW +2,8 antas att trycknivån är hydrostatisk ner till tät lera på nivå -1. Mellan nivå -1 och nivå -4,5 anpassar sig portrycket åter till det utvärderade, se Figur 11. Dock ska här noteras att ett högre portryck uppmätts lokalt i UPO1_06 (vid Gasklockan) i spetsen på 12 meters djup under markytan.



Figur 11. Sammanställning portryck för Nedsänkning. Enhet[mvp]. Medelvärde av uppmätta portryck för respektive nivå.

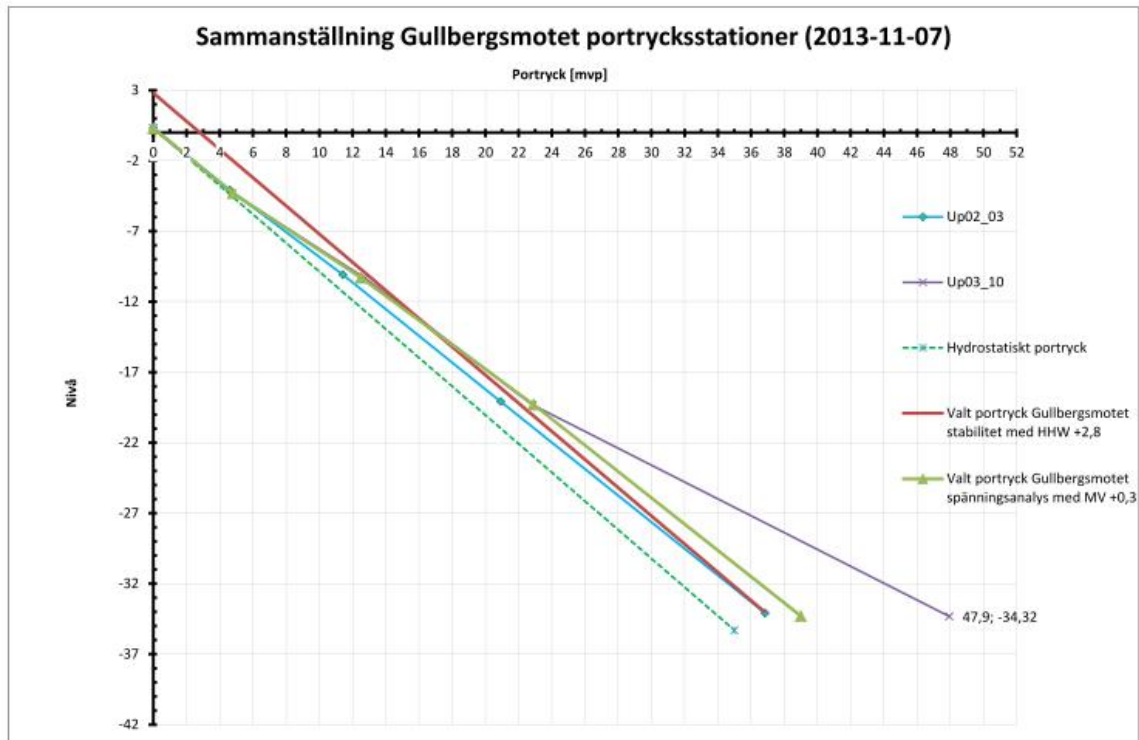
Gullbergsmotet

Grundvatten och portryck

Utifrån tolkningar gjorda från skruvprovtagning för kontroll av förorenad mark bedöms grundvattenytan ligga på nivån ca +0,3.

Inom området för Gullbergsmotet har, i detta uppdrag, två portrycksstationer installerats, UPO2_03 och UPO3_10, se Figur 10. Stationerna består av fyra stycken portrycksspetsar placerade på 6, 12, 21 respektive 36 meters djup. Vid en antagen nolltrycksnivå på +0,3 ger de översta spetsarna (djup 6 m) att portrycket ökar med 10,4 kPa/m. Dessa uppgifter stämmer väl överens med data från Marieholmsförbindelsen där uppmätta portryck visar på en gradient kring 10,5 kPa/m. På djupet skiljer sig dom båda stationerna åt. UPO2_03 fortsätter att visa på en gradient kring 10,5 kPa/m, medan UPO3_10 har en högre gradient. På djupet 12 respektive 21 m skiljer det 13

respektive 20 kPa. På djupet 36 m skiljer det så mycket som 110 kPa mellan de båda stationerna. Anledningen till denna skillnad kan bero på att UP03_10 är belägen i Sävåns ursprungliga åfåra och portrycken här är större till följd av pålastning i samband med utfyllningen av åfåran som inte är färdigkonsoliderad. På djupet 36 m kan ytterligare en förklaring vara att laster från bank- och bropållningen av väg E45 överförs till leran och höjer portrycket mer i UP03_10 än i UP02_03.



Figur 12. Sammanställning portryck för Gullbergsmotet. Enhet[mvp]. Medelvärde av uppmätta portryck för respektive nivå.

Befintliga stabilitets- och sättningsförhållanden

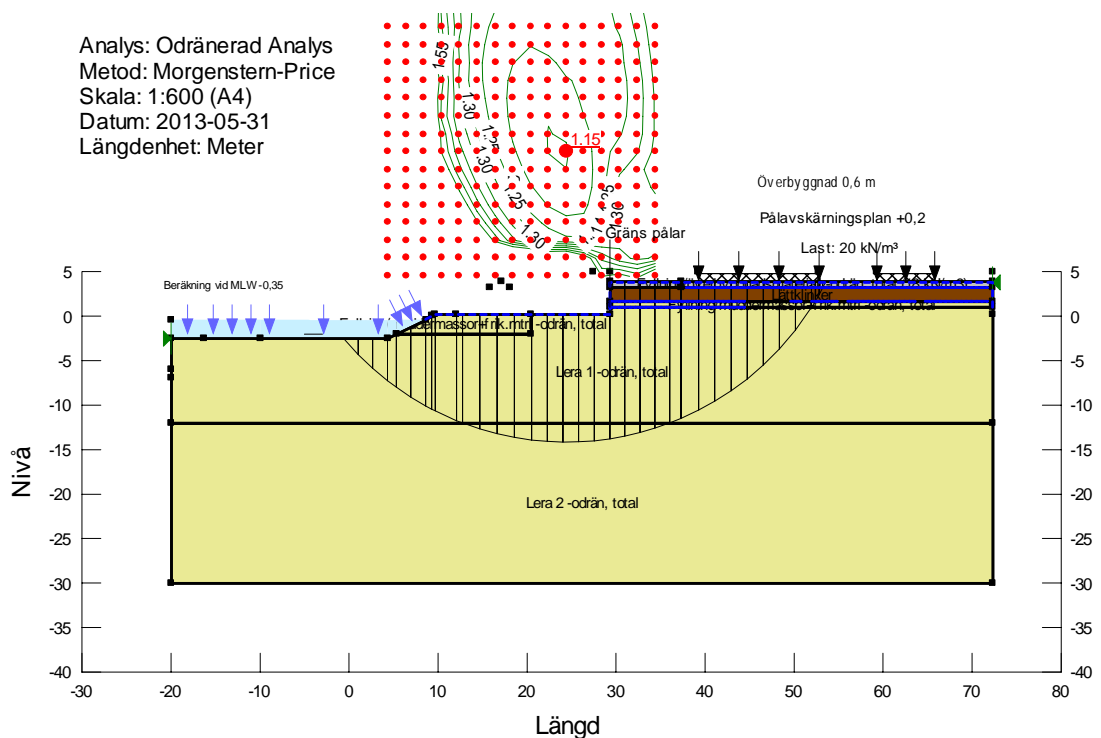
Nedsänkningen

Områdets befintliga stabilitetsförhållande är tämligen ensartat eftersom marknivåns variationer är små. Markytan är i princip jämn kring nivån +2. Beroende på fyllningsmaterialets mäktighet och sammansättning varierar möjlig nivåskillnad vid schakt, med tillfredställande säkerhet mot stabilitetsbrott, inom området mellan 3 och 4 meter.

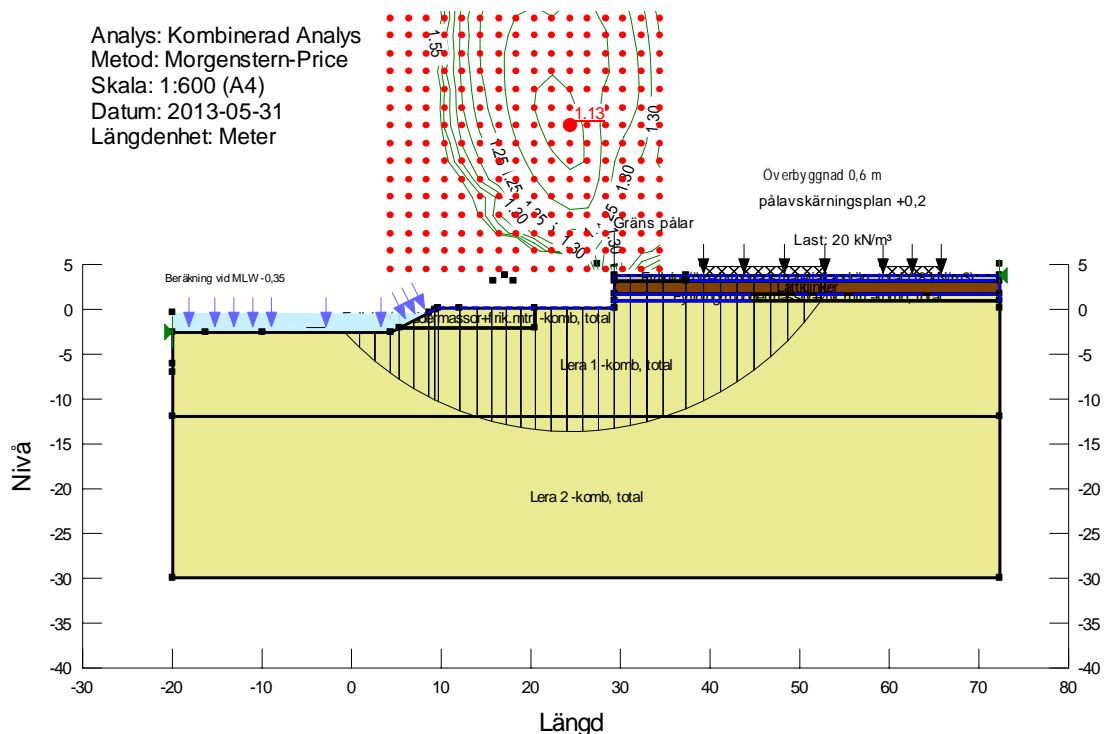
Inom området pågår sättningar med 1 till 2 mm/år, som härstammar från både konsoliderings- och sekundärsättningar. Konsolideringssättningarna pågår i övre delen av jordprofilen medan sekundärsättningarna, krypning, pågår genom hela jordprofilen på grund av utfyllningarna som utfördes under 1800- och 1900-talet. På grund av de mäktiga lerlagren kommer sättningar att utvecklas och pågå under lång tid.

Gullbergsmotet

Befintlig stabilitet för det sydvästra landfästet för bron över Sävån (bro G5) samt nordöstra brostödet ner mot underliggande väg för rampbron (bro G8) har kontrollberäknats. Vid beräkningarna har hydrostatiska portrycksförhållanden antagits. Vid beräkningarna har det antagits att befintliga pågrundläggningar tar all last ner till pålavskärningsplanet. Beräkningarna har gjorts med totalsäkerhet och kravet har satts till $F_c \geq 1,5$ och $F_{komb} \geq 1,3$. Under nämnda förutsättningar visar båda dessa kontrollberäkningar att kraven för säkerhet mot stabilitetsbrott inte uppfylls. Vid beräkningarna har inte hänsyn tagits till 3D-effekter eller tyngden av en viss del av lasten ovan den glesa bankpålningen. Tas hänsyn till 3D-effekter och last på mothållande sidan kommer sannolikt de låga säkerhetsfaktorerna att kunna höjas. För utförda beräkningar se, *Figur 13* och *Figur 14*.



Figur 13. Bro över Sävån. Stabilitetsberäkning odränerad analys. $F_c=1,15$.



Figur 14. Bro över Sävån. Stabilitetsberäkning kombinerad analys. $F_{komb}=1,13$.

Sättningsmätningar har utförts sedan mitten av 1960-talet. Fram till 1990-talets början så har så stora sättningar som upp till 1,5 - 2 m uppmäts för vägbanan mellan bro över E6:an och rampbron. Detta motsvarar en sättningshastighet kring 55 - 80 mm/år. Stora sättningar har också utbildats för vägbanan mellan rampbron och bron över Sävån. På grund av detta har vägbanan justerats åtskilliga gånger under årens lopp. Då stora sättningar utbildas invid broarna kan dessa orsaka skadliga påhängslaster på grundläggningskonstruktionerna. För att minska sättningarna i vägbanan och vid brostöd

utfördes under 1980- och 1990-talet förstärkningsåtgärder i form av lättfyllning i vägbana (1,5 m) och bakom nordöstra brostödet för rampbron samt sydvästra och nordöstra landfästet för bron över Sävån (ca 3 m). Lättfyllningen har, vid rampbron och sydvästra landfästet för bron över Sävån, kompletterats med skyddspålning för konstruktionspålar samt kompletterande pålar i bankslätten.

Sedan slutet av 1990-talet/början av 2000-talet har sättningsuppföljningarna inom Gullbergsmotet upphört, dock med ett undantag för en utredning som utfördes 2007 av Gatubolaget. Gatubolagets utredning är en kostnads kalkyl för justering av sättningarna mellan rampbron och bron över Sävån. I samband med utredningen vägdes två linjer av. Från det att förstärkningsåtgärderna utfördes fram till 2007 hade vägen mellan broarna satt sig ytterligare 0,7 m

Beräkningsförutsättningar

Säkerhetsklass och geoteknisk kategori

De i denna handling beskrivna geokonstruktioner i genomförandefasen är analyserade i enlighet med förutsättningar för tillämpning av Geoteknisk kategori 2 (GK2) enligt TKGeo, 2011:47, kap.1.2. Dimensioneringen av förstärkningarna har utförts i säkerhetsklass 2 (SK2) ($F_{EN} \geq 1,0$).

Geotekniska parametrar vid beräkning

I tabell 1 presenteras geotekniska parametrar som använts vid beräkningar i genomförandefasen.

Tabell 1. Geotekniska jordartparametrar, genomförandefas.

Jordarts- typ	Nivå	Härlett hållfasthets värde, odränerat	Härlett hållfasthets värde, dränerat	Dim. Hållfasthets värde, odränerat	Dim. Hållfasthets värde, dränerat	Tunghet γ_{unsat} (γ_{sat}) [kN/m ³]
Fyllning överbygg- nads- material	+2 till +1	35°		28,3°		18 (20)
Fyllning mudder- massor och lera	+1 till -1	13,0 kPa	1,3 kPa	8,7 kPa	1 kPa	18 (18)
Lerlager 1	-1 till -13	13,0 kPa + 1,25 kPa/m	1,3 kPa + 0,13 kPa/m	8,7 kPa + 0,83 kPa/m	1 kPa + 0,1 kPa/m	16 (16)
Lerlager 2	-13 till -25	28,0 kPa + 1,81 kPa/m	2,8 kPa + 0,18 kPa/m	18,7 kPa + 1,21 kPa/m	2,15 kPa + 0,14 kPa/m	16 (16)
Lerlager 3	<-25	49,7 kPa + 1,81 kPa/m	6,6 kPa + 0,18 kPa/m	33,2 kPa + 1,21 kPa/m	3,83 kPa + 0,14 kPa/m	16,5 (16,5)

Tabell 2. Övriga geotekniska parametrar, genomförandefas.

Material	Härlett hållfasthetsvärde	Dim. hållfasthetsvärde	Tunghet $\gamma_{\text{unsat}} (\gamma_{\text{sat}})$ [kN/m ³]
Armerad betong	1200 kPa	800kPa	25
Cellplast	35°	28°	0,5 (11)
Lättklinker	35	28°	6,5(12)

Antaganden för beräkningar

Antaganden för totalstabilitet

Allmänt

I genomförandefasens beräkningar för totalstabilitet har 25% tunghet för pålad stödmur och ovanliggande jord (som delvis antas bäras av pålarna) räknats med när stödmuren är på mothållande sidan. Varför just 25% av tungheten?. Säkerhetsfaktorn för långa glidytor höjs från 1,0 till ca 1,4 (höjning med 0,4) vid medräknande av 100% tunghet för stödmur och ovanliggande jord. Vidare kan enligt Eurocode en möjlig säkerhetsfaktor sänkas med 0,1 ex. från 1,0 till 0,9 (från SK2 till SK3) utan att ett brott uppstår. En möjlig "tillgodoräknad del" utan att brott uppstår skulle då kunna vara 0,1 av höjningen vid 100% (0,4), dvs 25%.

Nedsänkningen

Lastsituationen varierar mycket utmed Nedsänkningen. I tabell 3 framgår de laster som identifierats och antagits för totalstabilitetsberäkningar i permanentskedet:

Tabell 3. Geotekniska laster för totalstabilitet, genomförandefas.

Lasttyp	Karakteristisk last	Dimensionerande last
Trafiklast	Långa glidytor – 10 kPa	Långa glidytor – 12,7 kPa
Last av parkområde, HHW, parkering etc. ovan cellplastförstärkning		10 kPa
Utbredd last, uppställning etc. utanför DHL		5 kPa

Geotekniska laster enligt tabell är inte medräknade då de förekommer på mothållande sidan av analyserad glidyta.

Framtida markyta för områden ovan Nedsänkningen har antagits till nivån +2,0 (ungefärlig befintlig markyta). Om vattnet stiger till HHW₁₀₀ +2,8 innebär det en vattenyta 0,8 m ovan markytan, dvs ett vattentryck motsvarande 8 kPa. Eftersom

området för cellplasten (innanför tätskärmen) är dränerat kan HHW_{100} inte analyseras med en ansatt högre grundvattenyta ovan cellplasten (i områden där HHW_{100} eller parkområden kan förekomma ovan cellplast placeras ett tätskikt ovan cellplasten). För fallet med förekomst av HHW ovan cellplastförstärkning har en dimensionerande utbredd last på 10 kPa antagits i beräkningarna. I fallet utanför DHL är motsvarande HHW-last större än den utbredda lasten på 5 kPa. I detta område har därför dimensionerande last modellerats med en hög grundvattenyta (+2,8).

I byggskedet har dimensionerande last för tillfälliga vägar/byggvägar antagits till 12,7 kPa. Kontroller avseende laster från arbetsfordon, uppställningsytor, kranuppställning mm har i detta skede ej kontrollerats.

Ingen cellplast behöver ur stabilitetssynpunkt placeras direkt ovanför stödmuren (inom ett område motsvarande 2:1 från bakkant stödmur). Massor inom detta område utgörs av krossmaterial. Tyngden från detta krossmaterial antas beräkningsmässigt bäras av stödmurens pålar. För långa glidytor där stödmur och ovanliggande jord är på mothållande sidan räknas 25% av tungheten med enligt resonemang ovan.

Av de befintliga byggnaderna i området förutsätts att bensinstationen Statoil, utbyggnad på DHL och Färgaffären rivs, övriga byggnader står kvar. Vidare antas att det nya Regionens hus byggs söder om Nedsänkningen med det gällande projekterade förslaget, dvs en pålgrundlagd byggnad med källare. Grundläggning av befintliga byggnader framgår av bilaga till MUR/Geo, Hydro.

I genomförandefasen har bedömning gjorts att den odränerade analysen är dimensionerande för cellplastens utformning. Därav redovisas inga kombinerade analyser för Nedsänkningen.

Antagna laster framgår vidare av respektive stabilitetsberäkning.

Gullbergsmotet

I genomförandefasen har stabiliteten för väg E45 kontrollerats för den södra sidan då större delen av breddningen görs på denna sida. Breddningen norrut är relativt begränsad och har kontrollerats i skissfasen. Ytterligare beräkningar på norra sidan har ej utförts under genomförandefasen.

Trafiklast för långa glidytor har använts. Trafiklast har antagits på E45 oavsett GW-nivå på ramper.

Väster om rampbron begränsas HHW_{100} av dräneringsnivån, +1, för stödmuren. Vidare begränsas HHW_{100} även av nivån för markytan. Om HHW_{100} inte begränsas ligger HHW_{100} på nivån +2,8, dock förutsätts att de befintliga skyddsvallarna med nivå +2,5 fyller sitt syfte. I beräkningarna modelleras portrycken med en grundvattenyta och ett hydrostatiskt portryck under denna. Detta leder till ett högt portryck i de övre lerlagren för beräkningarna öster om rampbron som påverkar de kombinerade analyserna. Det påverkar dock inte föreslagen förstärkningsåtgärd.

Öster om rampbron slutar terrängmodellen i höger 40 m (H40). Antagen marknivå +2 är satt till höger om H40.

Befintliga pålar antas vara fullt funktionsdugliga mot stabilitetsbrott och ha förmågan att föra ner alla ovanliggande laster till stora djup.

Den pålade stödmuren antas ha förmågan att föra ner alla ovanliggande laster till stora djup. Stödmuren avlastar undergrunden innanför en 2:1-linje bakom bakkant stödmur. Då denna belastning bedöms ligga på den pådrivande sidan har tungheten i beräkningarna ansatts till 0.

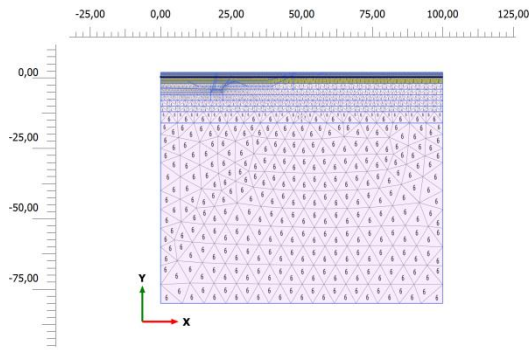
Antaganden för FEM-analys

Analyser med finita element-metod har utförts för nedsänkningen i en sektion km 0/840 S. Syftet med analyserna var att uppskatta spänningsförändringarna och deformationerna till följd av anläggandet av stödmurskonstruktionen. Beräkningar utfördes i programmet PLAXIS 2D 2012.01 under antagande av plant töjningstillstånd, dvs. oändligt lång schakt utan inverkan från 3D-effekter till följd av exempelvis etappvis schakt och återfyllning. Dränerade förhållanden antogs vilket innebär att tillståndet efter det att portrycken utjämnats modellerades (porundertrycken till följd av avlastning och porövertryck till följd av pålastning).

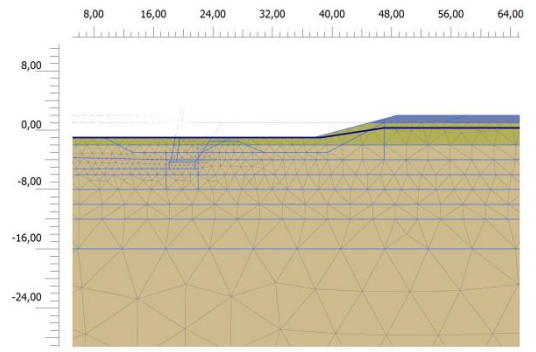
Geometri

Antagen geometri för de olika skedena i beräkningarna redovisas i Figur 15. Skedena motsvarar tänkt utbyggnadsordning, se Produktions-PM för detta projekt. Figur 15 a redovisar hela modellen, Figur 15 b-Figur 15 h redovisar det relevanta området uppförstorat. I figurerna redovisas jordlagerföljd och grundvattenyta (tjockare mörkblå linje). Gråmarkerade material motsvarar fyllning i form av friktionsjord, grönt material är fyllning i form av kohesionsjord, lila material är naturligt lagrad lera med hög avlastningsmodul, brunt material är naturligt lagrad lera med låg avlastningsmodul och ljusgrönt material är lättfyllning i form av cellplast, se även Tabell 4.

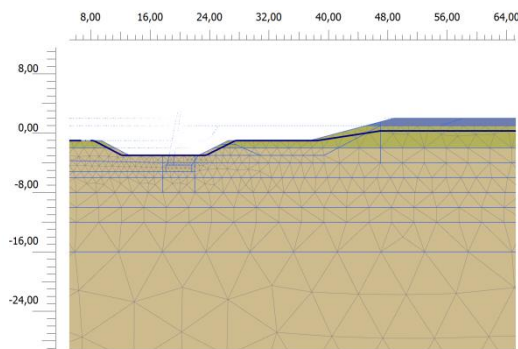
- I skede 1 (Figur 15 b) modelleras en avschaktning om ca 3 meter (nivå -1) över ett större område. Grundvattenytan förläggs i schaktbotten och sedan till nivå +0,3 invid tätsponten (47 meter till höger om centrumlinjen).
- I skede 2 (Figur 15 c) modelleras en lokal schakt till nivån -3 för att möjliggöra knektning av pålar för stödmur och spontning för schakten till grundläggning av stödmuren. Grundvattenytan förläggs i schaktbotten och sedan till nivån +0,3 invid tätsponten.
- I skede 3 (Figur 15 d) modelleras schakt till grundläggningsnivå för stödmuren (-5,2). Mothållet från sponten modelleras via införandet av randvillkor som förhindrade horisontella rörelser på båda sidor om de vertikala schaktväggarna och ned till nivån -8 vilket motsvarar underkant för spont. Grundvattenytan förläggs i schaktbotten och sedan till nivå +0,3 invid tätsponten.
- I skede 4 (Figur 15 e) modelleras anläggandet av stödmuren. För att modellera pålgrundläggningen infördes randvillkor som förhindrade att bottenplattan att röra sig i någon riktning.
- I skede 5 (Figur 15 f) modelleras återstående schakt för anläggandet av ny väg E45. Grundvattenytan förläggs i schaktbotten och sedan till nivån +0,3 invid tätsponten.
- I skede 6 (Figur 15 g) modelleras anläggandet av överbyggnaden för ny E45.
- I skede 7 (Figur 15 h) modelleras återfyllningen bakom stödmuren.



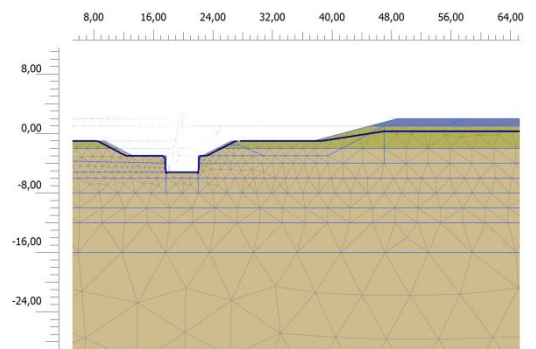
(a)



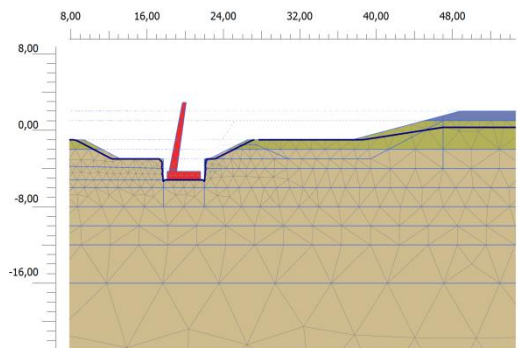
(b)



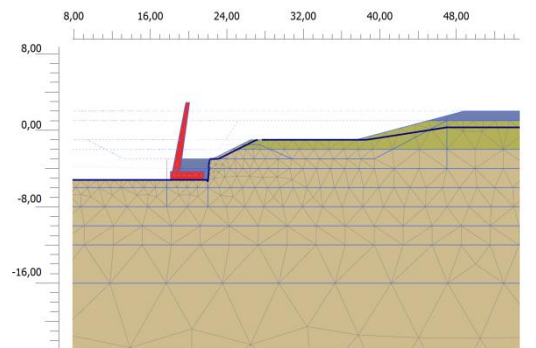
(c)



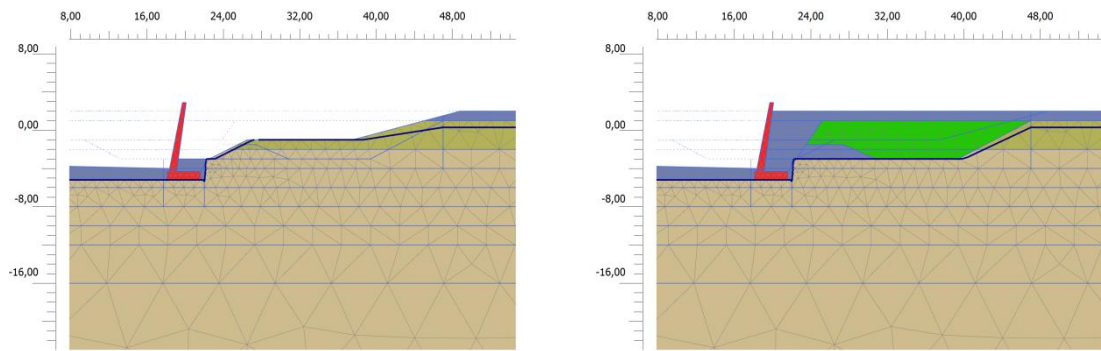
(d)



(e)



(f)



(g)

(h)

Figur 15. Beräkningssteg vid FEM-beräkningarna; a) S0 – initialt tillstånd; b) S1 – schakt till nivå -1; c) S2 – lokal schakt till nivå -3 för pålning och spontning för anläggning av stödmur; d) S3 – lokal schakt inom stämpad spont till grundläggningsnivå för stödmur; e) S4 – anläggande av stödmur; f) S5 – schakt för ny E45; g) S6 – anläggande av ny E45; h) S7 – uppfyllning bakom stödmur

Material

Fyllning (både den del som antas vara friktionsmaterial och den del som antas vara kohesionsmaterial) modellerades via den idealt linjär-elastoplastiska materialmodellen "Mohr-Coulomb". Stödmuren och cellplasten modellerades som linjär-elastiska material. Den naturligt lagrade leran modellerades via "Hardening Soil-model" vilket innebär att mer verklighetstroga, icke linjära samband mellan spänning och töjning (moduler) tillåts samt att olika moduler kan antas för pålastning och avlastning. Indata för materialen redovisas i tabell 9.

Eftersom modelleringen huvudsakligen utfördes för att uppskatta spänningsförändringarna i marken kring schakten och för att uppskatta rörelserna i samband med avschaktningen har fokus varit att bestämma en så korrekt avlastningsmodul som möjligt vid beräkningarna. Enligt TKGeo 11, kan följande samband nyttjas för att uppskatta avlastningsmodulen:

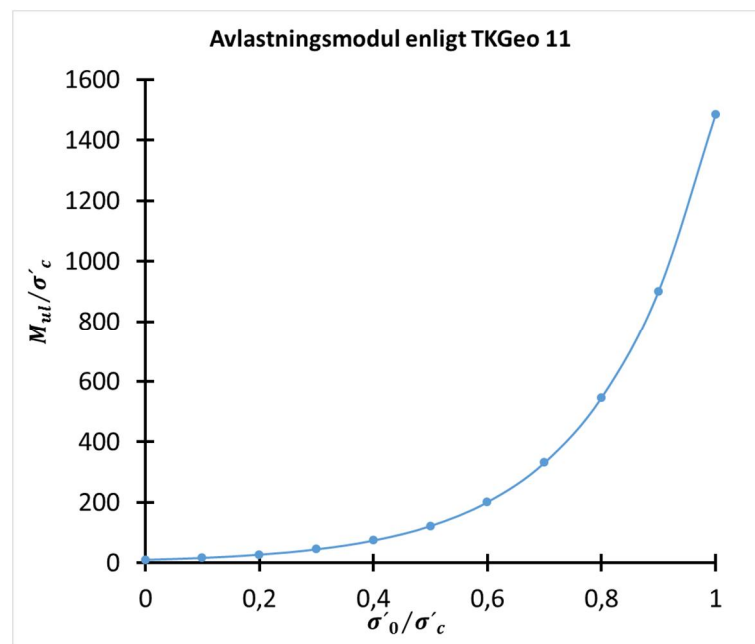
$$M_{ul} = 10 \times \sigma'_c \times e^{5(\sigma'_0/\sigma'_c)}$$

där σ'_c är förkonsolideringstrycket i leran och σ'_0 är det initiella spänningstillståndet i leran.

Sambandet redovisas även schematiskt i Figur 16, vilken visar att M_{ul} vid låga värden på överkonsolideringsgraden ($OCR = \sigma'_c / \sigma'_0$), dvs. höga värden på kvoten σ'_0 / σ'_c , är relativt hög och att M_{ul} är relativt sett lägre för högre värden på OCR .

I den naturligt lagrade leran antogs OCR initialt vara 1,2 ($\sigma'_0 / \sigma'_c \approx 0,83$). I samband med schaktarbetet avlastas vissa delar av leran (OCR ökar) och därför måste även modulen förändras mellan de olika schaktstegen för att försöka efterlikna sambandet i TKGeo 11. Detta utfördes genom att två olika modeller för leran användes, en modell som motsvarar det initiala tillståndet i leran (högre M_{ul}) och en modul som motsvarar leran efter avlastning (lägre M_{ul}).

I Tabell 4 redovisas relevanta indata för jordmaterialen och konstruktionsmaterialen.



Figur 16. Avlastningsmodul enligt TKGeo 11.

Tabell 4. Geotekniska parametrar, genomförandefas.

Material	Tunghet $\gamma_{unsat}(\gamma_{sat})$ [kN/m ³]	Modul [MPa]	φ' [°]	p^{ref} [kPa]	m	OCR
Fyllning friktion.	18 (20)	$E = 10$	35	-	-	-
Fyllning kohesionsjord.	18 (18)	$E = 10$	30	-	-	-
Lera initiell	16 (16)	$E_{50}^{ref} = 13,8$ $E_{ur}^{ref} = 275$ $E_{oed}^{ref} = 4,1$	30	100	1	1,2
Lera e. schakt	16 (16)	$E_{50}^{ref} = 1,5$ $E_{ur}^{ref} = 30$ $E_{oed}^{ref} = 0,75$	30	100	1	1,2
Cellplast	0,5 (-)	$E = 10$	30	-	-	-
Stödmur	24 (-)*	$E = 25 \cdot 10^3$	-	-	-	-

*) Vid stabilitetsberäkningar har tungheten 25 kN/m³ antagits för stödmur.

Antaganden för sättningsberäkning

Gullbergsmotet

Inom området kring Gullbergsmotet har stora sättningar utbildats och nya sättningar kommer att fortsätta utbildas.

Befintliga anläggningar inom Gullbergsmotet kan förenklat sägas var projekterat/dimensionerat i brottgränsstadiet. Hänsyn till bruksgränsstadiet har tagits genom att byggnadsverken grundlagts för att "följa" med sättningsutvecklingen.

Då planerad nybyggnation utgörs av breddning av befintliga vägkonstruktioner samt anslutningsramp föreslås att dessa uppförs med samma sättningsreducerande åtgärd som befintligt för att skapa jämna skarvar mellan befintliga och nya konstruktioner. Då befintliga och nya konstruktioner ligger i direkt anslutning till varandra så torde spänningsförhållandena i undergrunden var likvärdiga till följd av lastspridning.

Då planerad nybyggnation utgörs av breddning av befintliga vägkonstruktioner samt anslutningsramp föreslås att dessa uppförs med samma sättningsreducerande åtgärd

som befintligt för att skapa jämna skarvar mellan befintliga och nya konstruktioner. Då befintliga och nya konstruktioner ligger i direkt anslutning till varandra så torde spänningsförhållandena i undergrunden var likvärdiga till följd av lastspridningen.

Antagande för kontroll av upplyft

Gullbergsmotet

Väster om rampbron begränsas HHW100 av dräneringsnivån, +1, för stödmuren. Vidare begränsas HHW100 även av nivån för markytan.

Geotekniska beräkningar

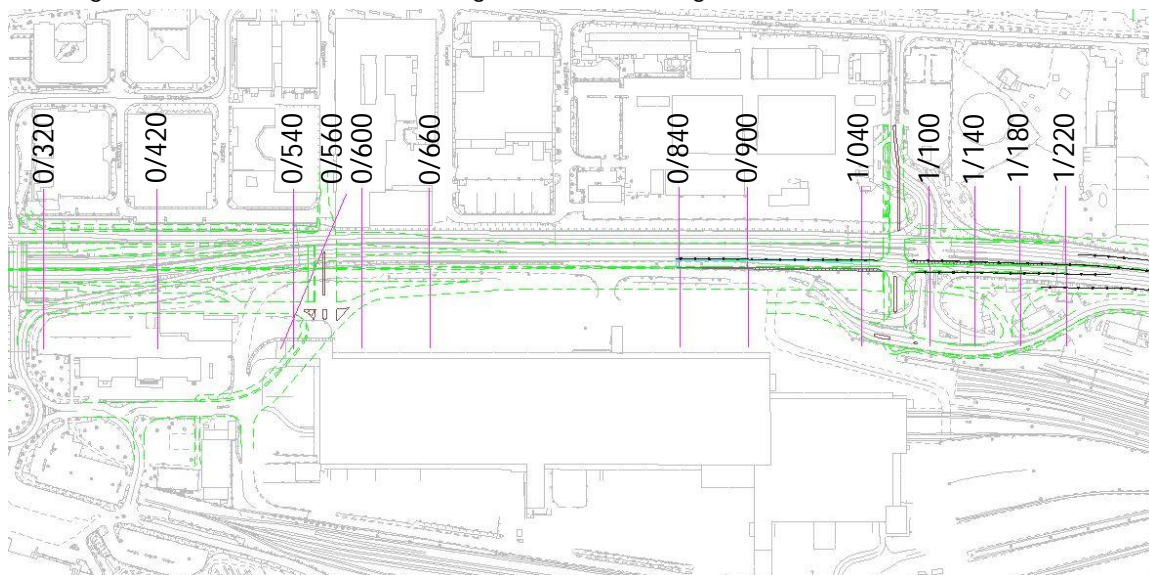
Geotekniska beräkningar har i genomförandefasen utförts för totalstabilitet, analys av spänningar genom FEM-beräkning samt beräkning av upplyft. För mer detaljerad redovisning av utförda beräkningar hänvisas till Projekterings PM Geoteknik (Trafikverket, 2014c).

Totalstabilitetsberäkning

Totalstabilitetsberäkningar har utförts med stabilitetsprogrammet GeoStudio 2007 SLOPE/W version 7.22. Beräkningsmodell Morgenstern-Prices nyttjas med antagandet om cirkulärcylindriska glidytor. Dimensionering har utförts utan inverkan av anisotropieffekt.

Nedsänkningen

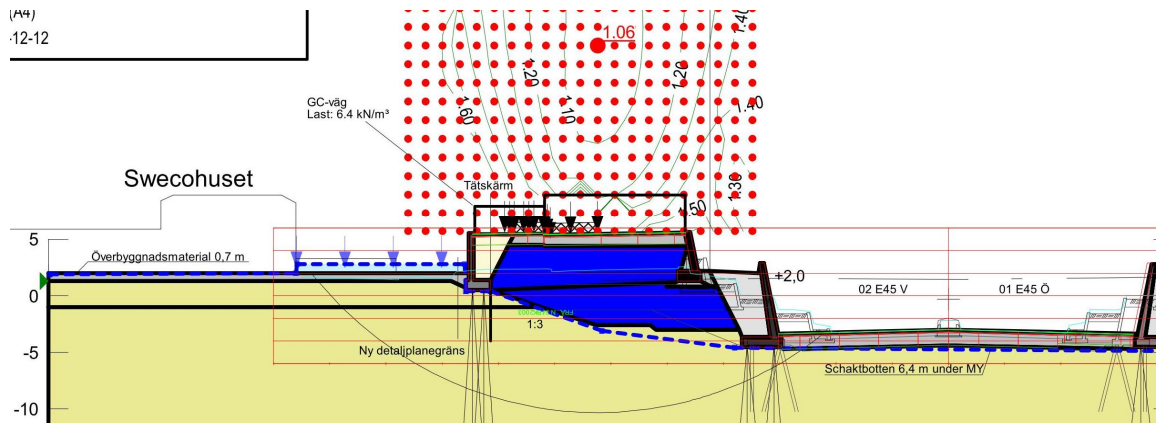
Nedan presenteras resultat från ett antal sektioner från Nedsänkningen. Valda sektioner sammanfattar olika typer av lastförutsättningar, geometri, cellplastutformningar, befintliga byggnader, ramper etc. som förekommer längs Nedsänkningen. Läget för samtliga utförda stabilitetsberäkningar redovisas i Figur 17.



Figur 17. Sektioner med utförda stabilitetsberäkningar, Nedsänkningen.

Sektion 0/320 N

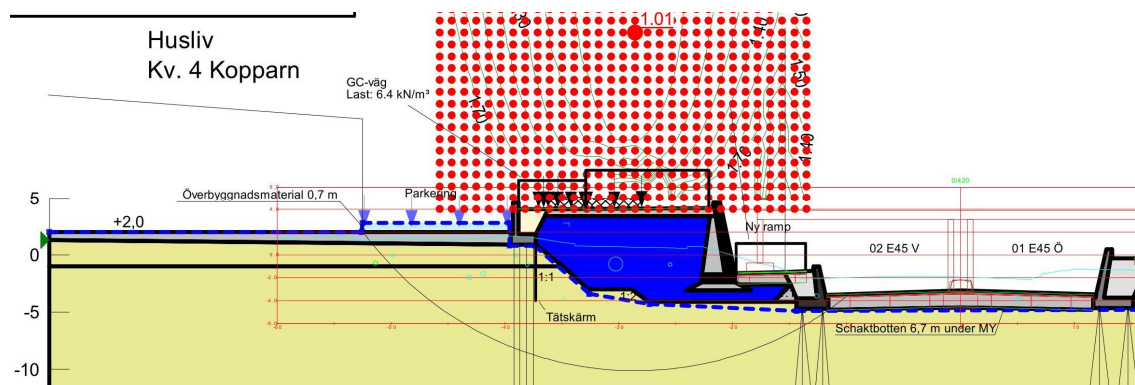
I sektion 0/320 N förekommer ramp som ansluter mot Hisingsbron. Rampen i denna sektion är ca 3,5 m hög (över befintlig markyta). Förstärkningen med cellplast är som mest ca 8 m mäktig för att klara kravet på totalstabilitet för långa glidytor. Rampens inre stöd, mot Swecohuset, utförs grundlagt på pålar.



Figur 18. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/320 N. $F_c=1,06$.

Sektion 0/420 N

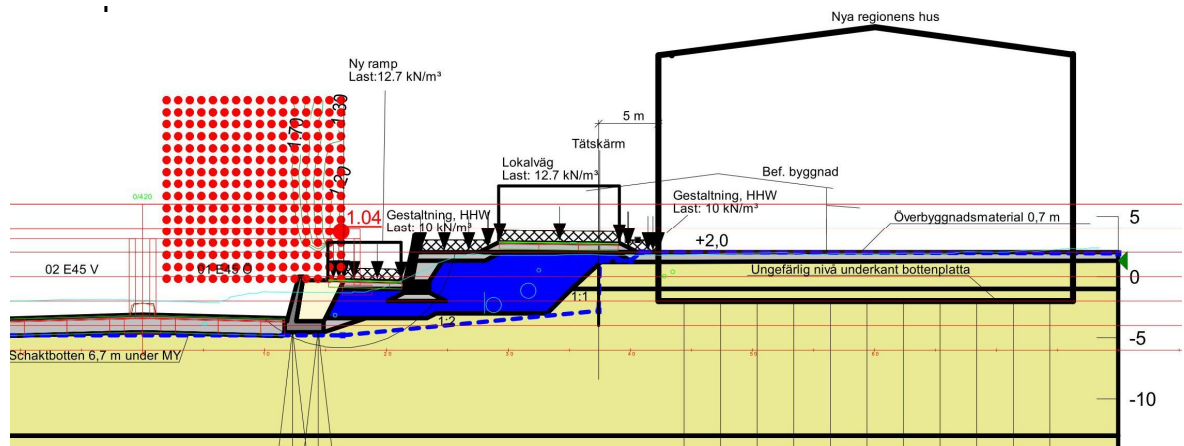
I sektion 0/420 N förekommer lägre ramp (vid anslutning mot Hisingsbron). Förstärkningen med cellplast är som mest ca 7 m mäktig. Rampens inre stöd utförs grundlagt på kohesionspålar. Den höga stödmuren på rampens insida föreslås grundläggas med platta på cellplast.



Figur 19. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/420 N. $F_c=1,01$.

Sektion 0/420 S

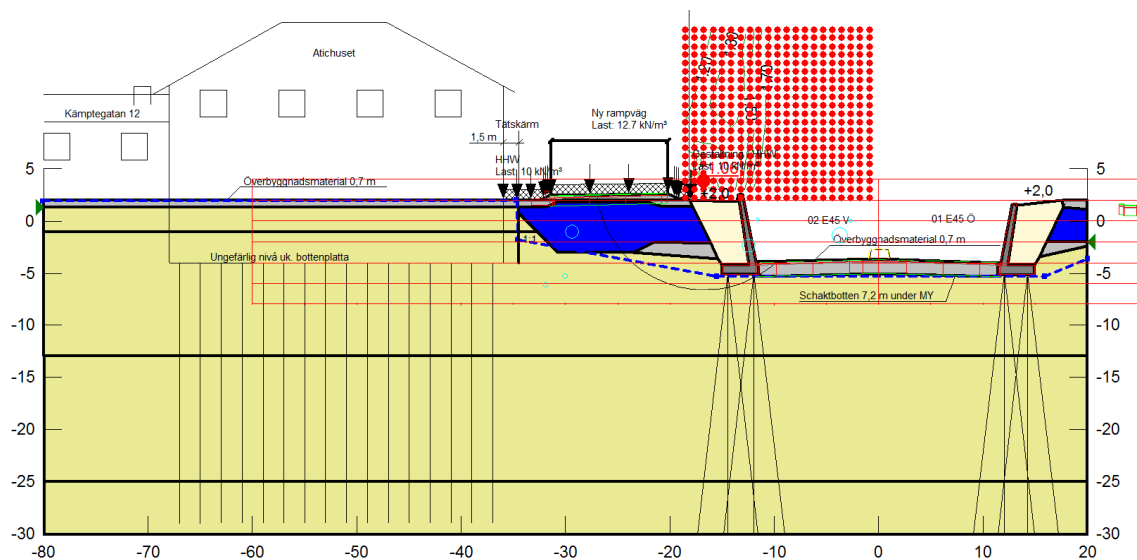
I sektion 0/420 S förekommer Nya Regionens hus, lokalgata samt ramp för påfart väg E45 österut. Förstärkningen med cellplast får i denna sektion anpassas något till djupa ledningar, som föreslås läggas mellan tätskärm och Nya Regionens hus. Cellplasten är som mest ca 5 m mäktig.



Figur 20. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/420 N. $F_c=1,04$.

Sektion 0/600 N

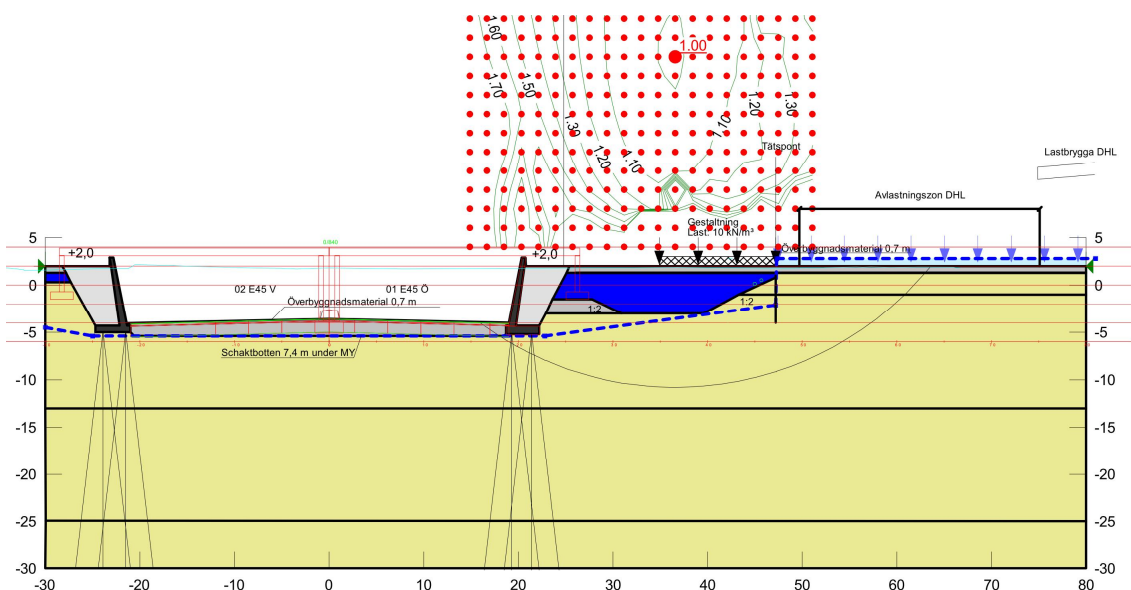
Actic-huset i sektion 0/600 N är den befintliga byggnad (som inte ska rivas) som förekommer närmast Nedsänkingen. Huset är pålgrundlagt och utfört med källare i ett plan, vilket underlättar djup schakt. Förstärkningen med cellplast är som mest ca 5 m mäktig för att klara kravet på totalstabilitet för långa glidytor.



Figur 21. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/600 N. $F_c=1,06$.

Sektion 0/840 S

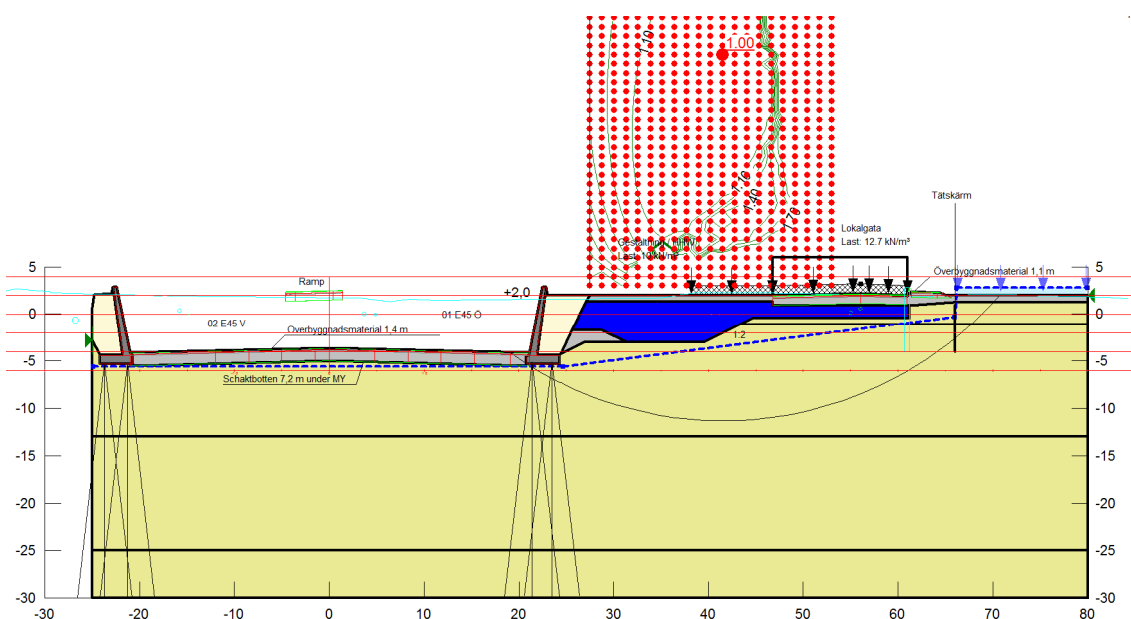
Denna sektion utanför DHL är tillämplig för stor del av sträckan längs Nedsänkingen där det inte förekommer ramp, på- eller avfart. Förstärkningen med cellplast är som mest ca 5 m mäktig för att klara kravet på totalstabilitet.



Figur 22. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/840 S. $F_c=1,00$.

Sektion 1/040 S

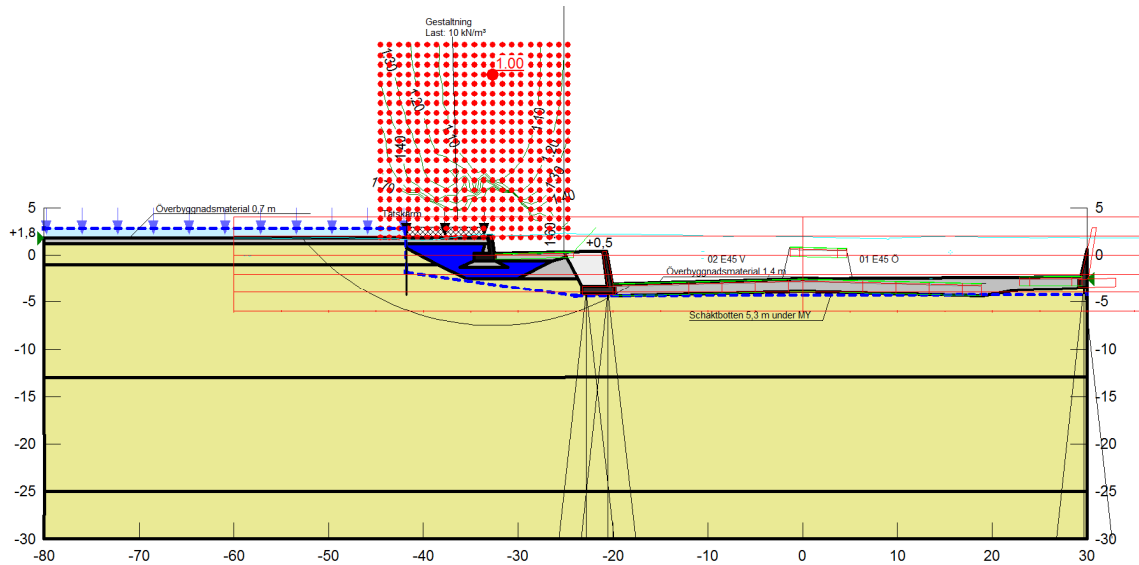
I sektion 1/040 S förekommer cellplast långt bakom planerad stödmur på grund av en bred lokalgata samt intilliggande bro vid Falutorget. Cellplastens utbredning, i området för bron, sträcker sig ca 60-70 m bakom centrumlinje för väg E45. Cellplasten är som mest ca 5 m mäktig.



Figur 23. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 1/040 S. $F_c=1,00$.

Sektion 1/140 N

I sektion 1/140 N förekommer påfartsramp västerut mot bron vid Falutorget. Nedsänkningen är ca 4 m (höjdskillnad mellan befintlig markyta och färdig väg), vilket reducerar mängden cellplast med hänsyn till totalstabilitet. Cellplasten är som mest ca 4 m mäktig.



Figur 24. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 1/140 N. $F_c=1,00$.

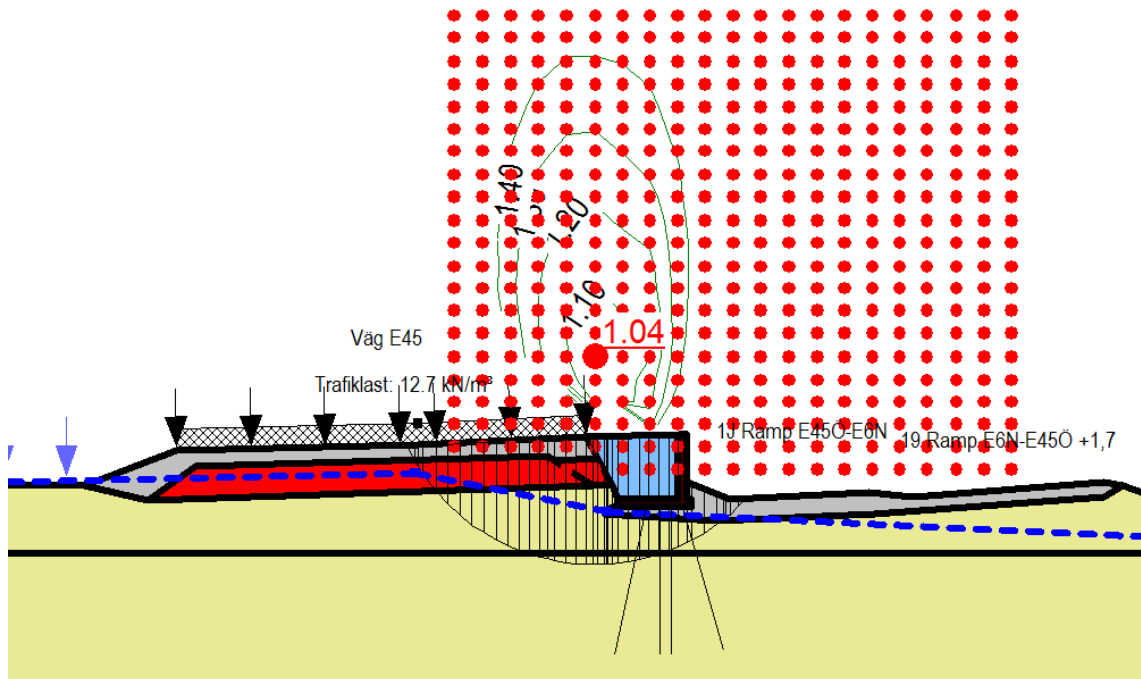
Gullbergsmotet

Nedan följer en sammanfattning av beräkningsresultat för Gullbergsmotet. Läget för samtliga utförda stabilitetsberäkningar redovisas i Figur 25.

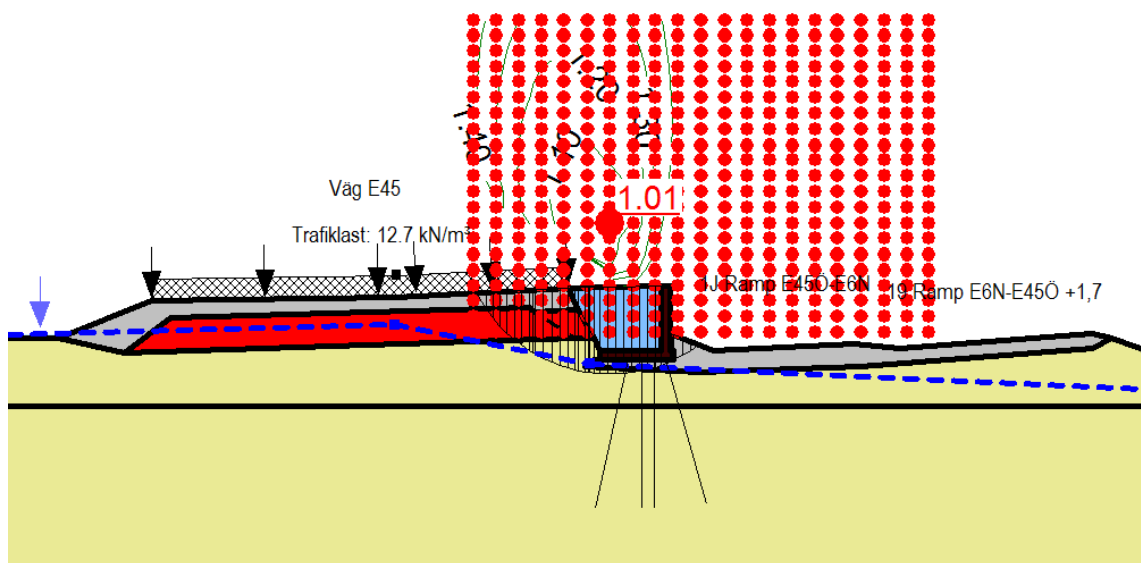


Figur 25. Sektioner med utförda stabilitetsberäkningar, Gullbergsmotet.

Väster om rampbron har en stabilitetsberäkning utförts i km 1/770. I beräkningen har sektionen förstärkts med en pålad stödmur med plattbredden 3,4 m. Innanför stödmuren ligger ny lättklinker med samma mäktighet som den befintliga, dvs 1,5 m.



Figur 26. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 1/770.



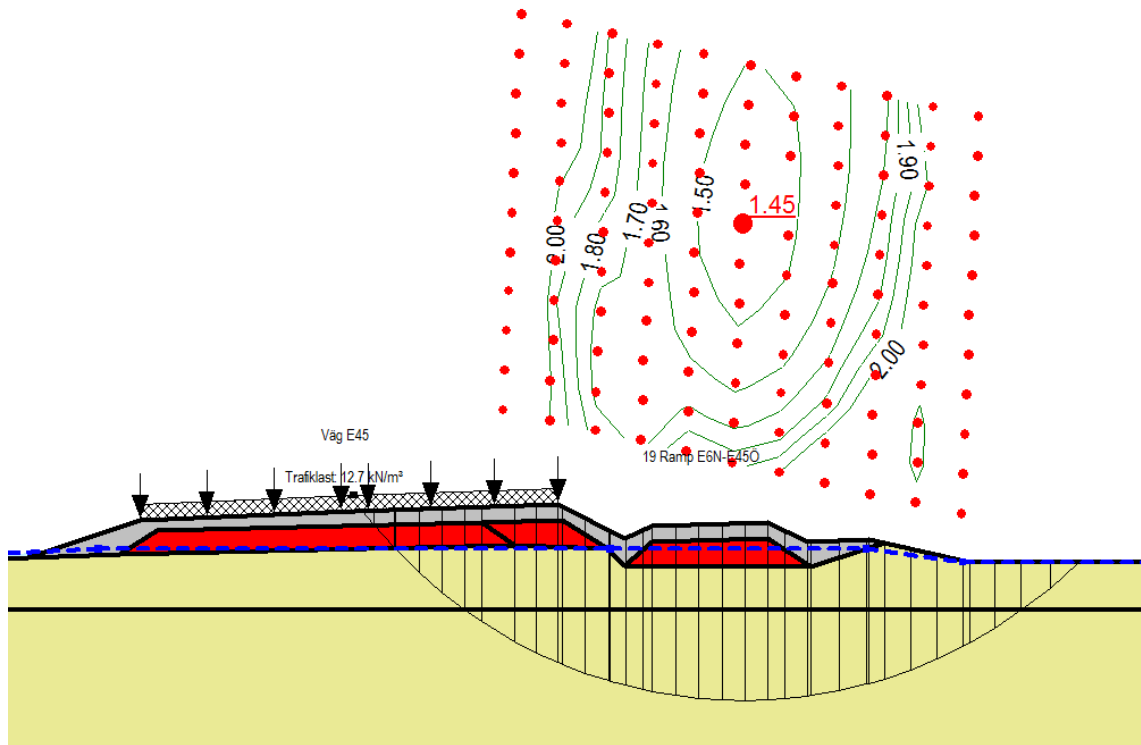
Figur 27. Stabilitetsberäkning, kombinerad analys, sektion km 1/770.

Stabiliteten med föreslagen åtgärd är tillfredsställande.

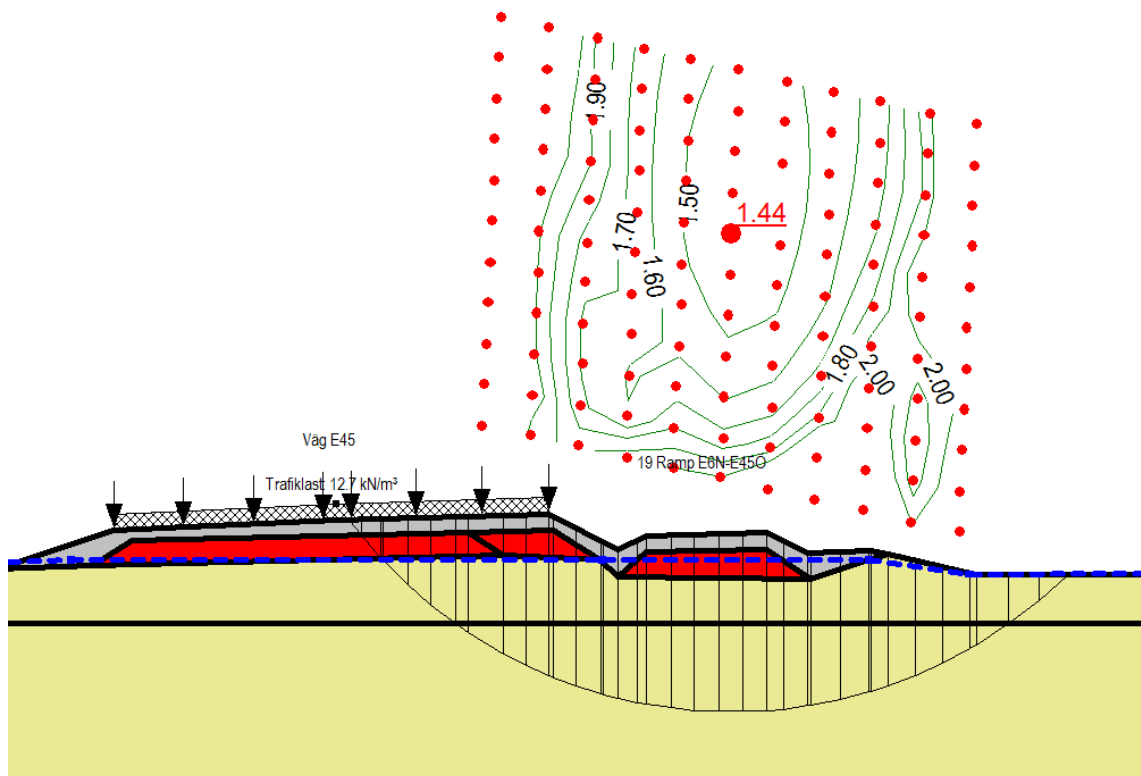
Mellan denna sektion och rampbron finns befintliga bankpålar som avlastar undergrunden bakom den nya stödmuren, varför dessa sektioner är stabila.

Öster om rampbron har stabilitetsberäkning utförts i km 1/890 och 1/920. Mellan km 1/890 och rampbron finns befintliga pålar som avlastar undergrunden, varför dessa sektioner är stabila. De befintliga pålarna föreslås kompletteras med en ny rad pålar mellan 1/870 och 1/885 för att helt täcka in breddningen.

I beräkningarna har sektion 1/890 förstärkts med ny lättklinker med samma mäktighet som den befintliga, dvs 1,5 m.



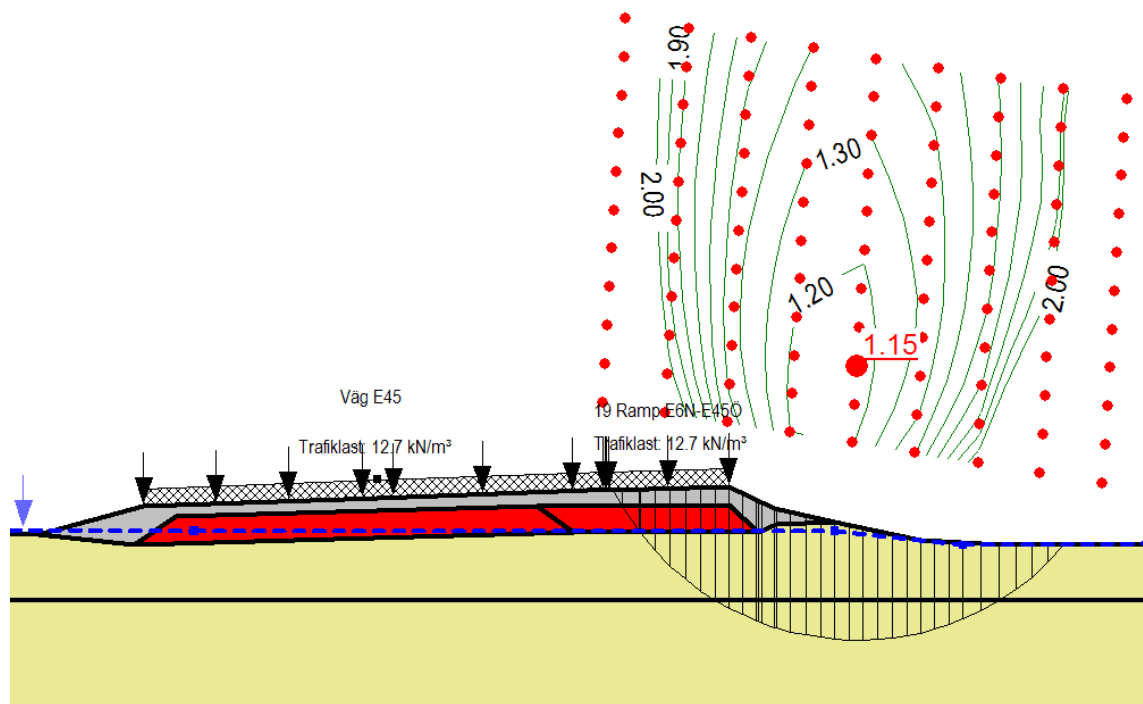
Figur 28. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 1/890.



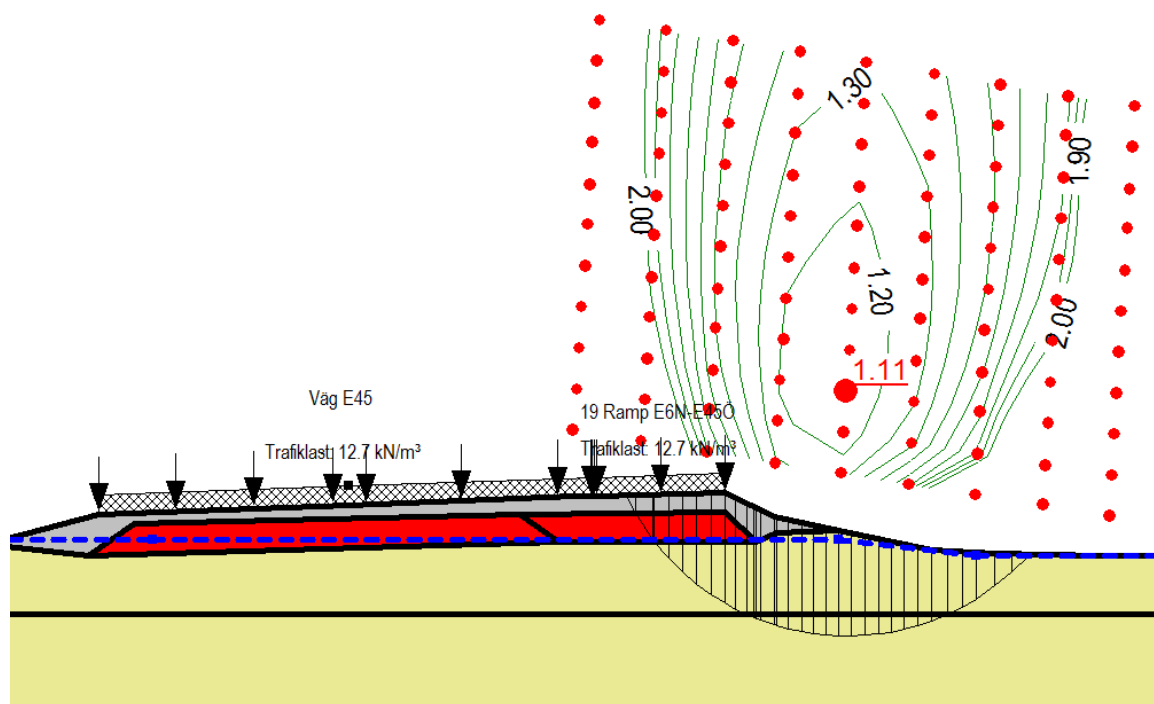
Figur 29. Stabilitetsberäkning, kombinerad analys, sektion km 1/890.

Stabiliteten med föreslagen åtgärd är tillfredsställande.

I beräkningarna har sektion 1/920 förstärkts med ny lättklinker med samma mäktighet som den befintliga, dvs 1,5 m.



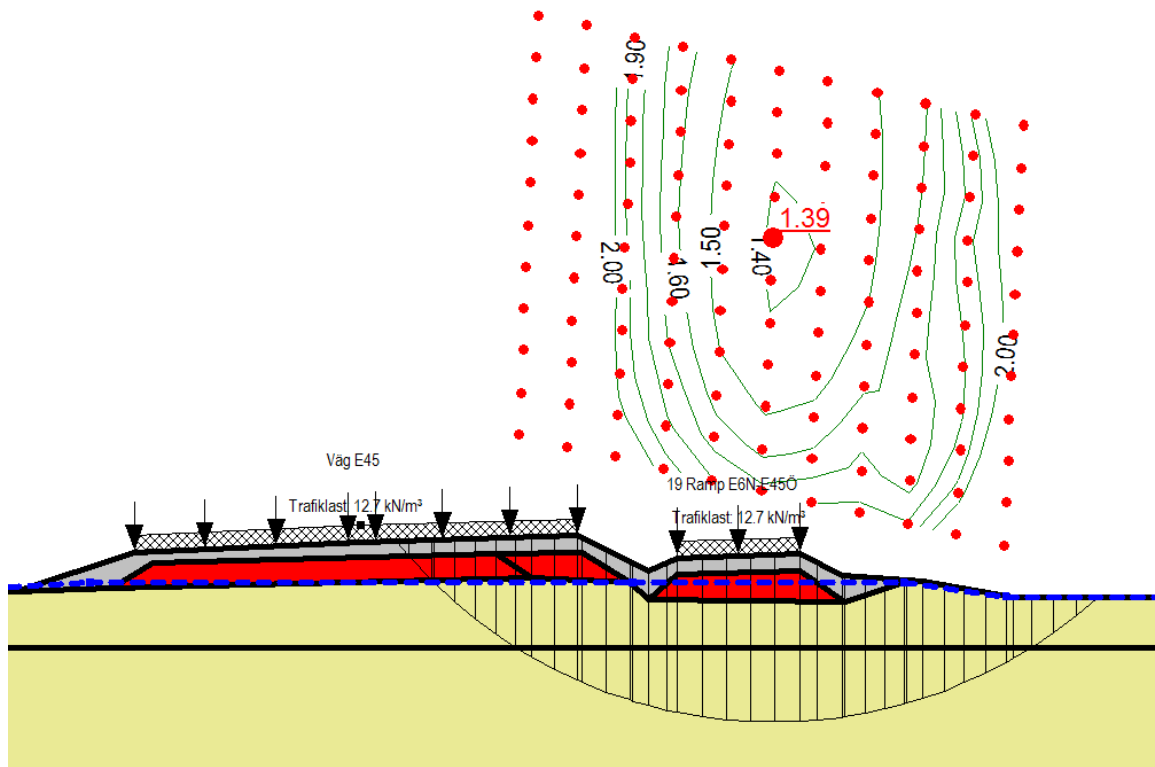
Figur 30. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 1/920.



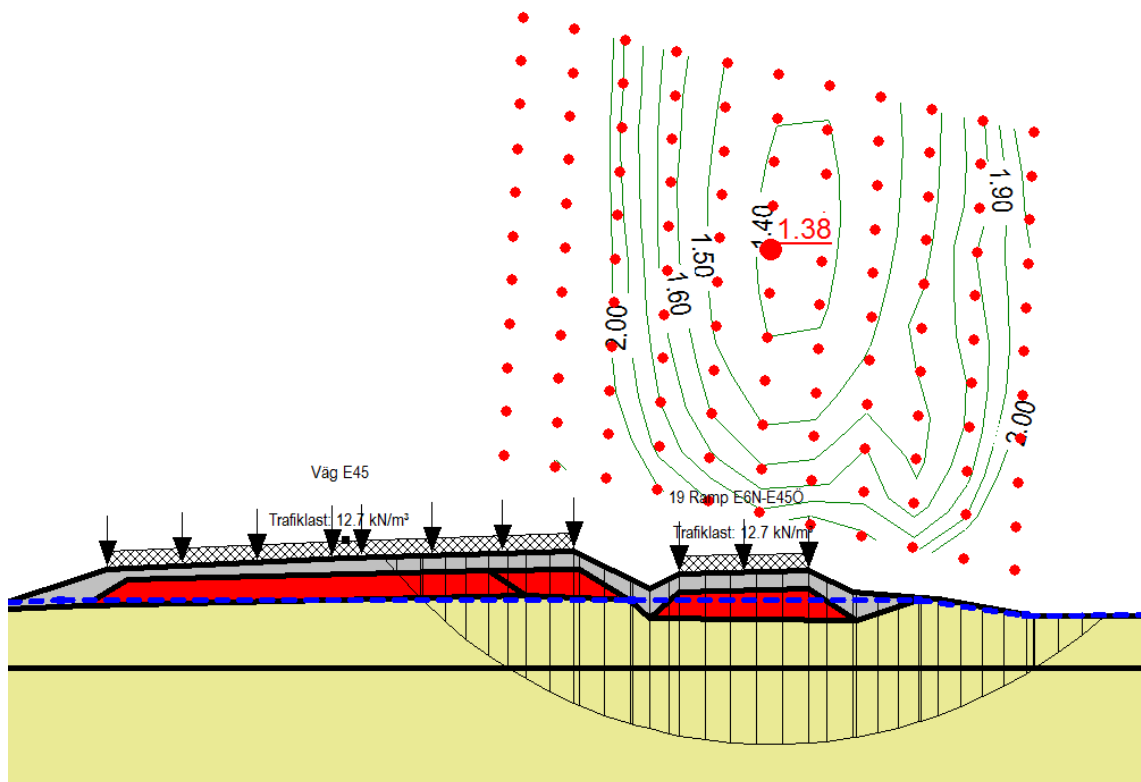
Figur 31. Stabilitetsberäkning, kombinerad analys, sektion km 1/920.

Stabiliteten med föreslagen åtgärd är tillfredsställande.

För ramp E6N – E45Ö har stabilitetsberäkning utförts i km 0/080. Rampen har förstärkts med ny lättklinker med samma mäktighet som i väg E45, dvs 1,5 m.



Figur 32. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/080.



Figur 33. Stabilitetsberäkning, kombinerad analys, sektion km 0/080.

Stabiliteten med föreslagen åtgärd är tillfredsställande. Mängden lättklinker har valts med hänsyn till sättningar och för att undvika stora sättningsdifferenser mellan befintlig och ny vägkonstruktion.

FEM-analys

Nedsänkningen

Sammanfattningsvis kan sägas att spänningssituationen i leran på båda sidor om stödmuren blir relativt komplex till följd av de olika schakt- och återfyllningsetapperna. Det finns risk för att lerans odränerade skjuvhållfasthet i vissa skeden överskrids kring stödmuren. Det finns också risk för att arbetena medför att lerans initiala huvudspänningar överskrids och även förkonsolideringstrycket vilket kan leda till konsolideringsdeformationer och även initiera krypdeformationer i leran. Detta bör studeras närmare i kommande projekteringsskede.

Förändringar i spänningssituationen i leran (vilket kan påverka grundläggningen av närliggande konstruktioner) beräknas dock bli relativt lokala kring schakten. Ca 50 meter från de centrala delarna av planerad schakt beräknas inte jordens spänningssituation påverkas nämnvärt.

I dessa beräkningar har inte kohesionspålarna som ska bära stödmuren modellerats. Hur dessa påverkar spänningssituationen i leran och hur dessa påverkas av de olika laststegen bör också studeras närmare vid fortsatt projektering.

Sannolikt kommer relativt stora vertikala och horisontella deformationer att uppkomma (hävning av schaktbotten och deformationer in mot schakterna) i samband med schaktningsarbetet. Den största delen av dessa deformationer beräknas dock uppkomma i de inledande schaktetapperna.

Gullbergsmotet

Inga FEM-analys är utförda.

Kontroll av upplyft

Nedsänkningen

Förutsättningen för föreslagen lösning är att Nedsänkningen och tillhörande lättfyllningar är dränerade inom tätskärmen. Därav har inga upplyftsberäkningar utförts.

Gullbergsmotet

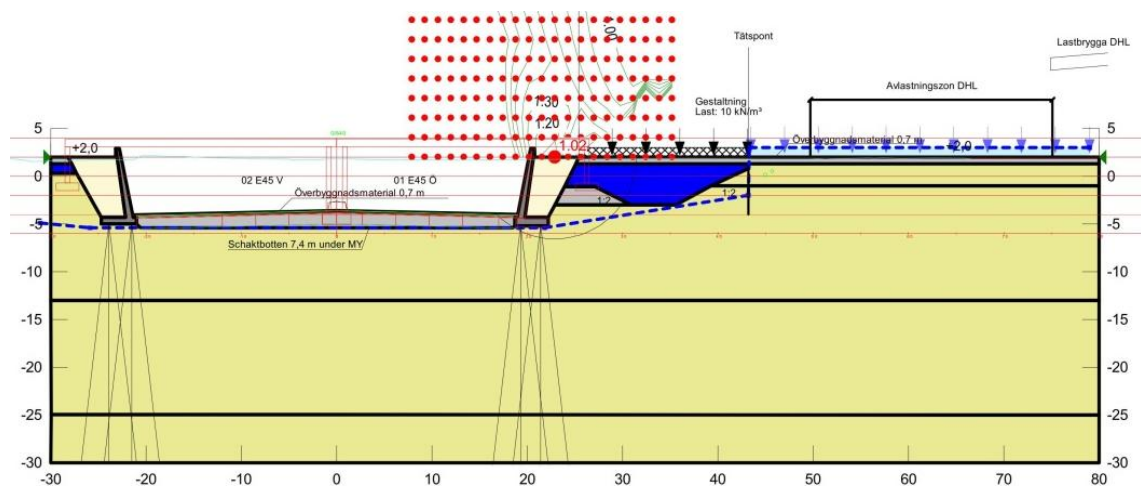
Då grundvattennivån begränsas av dräneringar och omkringliggande markyta har inga särskilda upplyftsberäkningar utförts.

Jämförande beräkningar

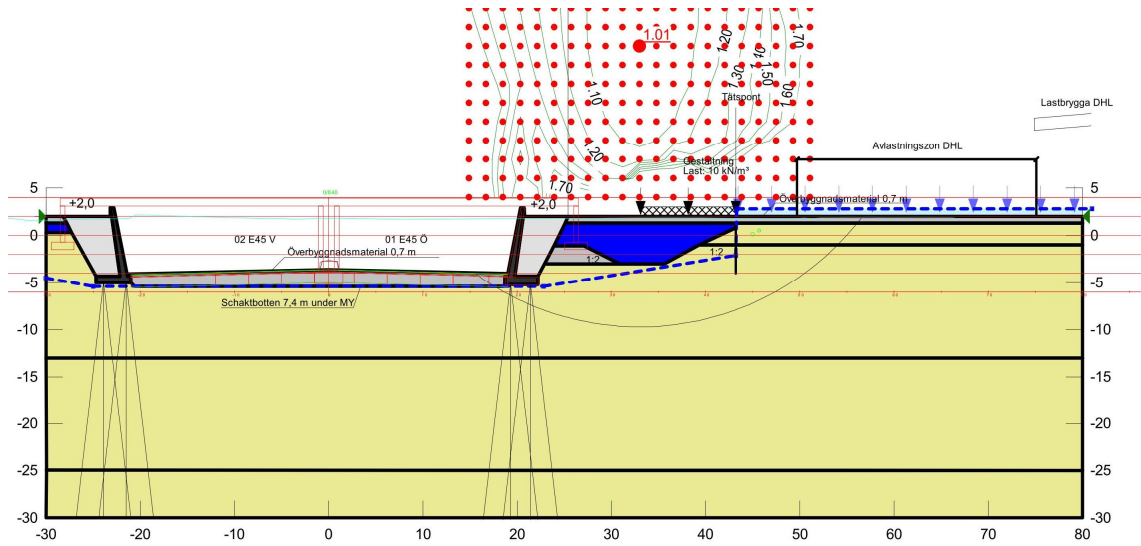
Indata för utförda beräkningar i genomförandefasen är geotekniska parametrar utvärderade enligt "strikt Eurocode". I samband med genomförandefasen har en statistisk bearbetning av utförda undersökningar, både sådana utförda i detta skede och tidigare undersökningar utförts. Bland annat har en s.k. "multivariabelanalys" (MVA) utförts av geotekniska data från fält- och laboratorieundersökningar av Rasmus Müller

(Tekn Dr, Geoteknik, Tyréns AB). Denna redovisas i Trafikverket Utredning Geostatistik (2014c), daterad 2014-01-20. Analysen grundar sig på Rasmus doktorsarbete med titeln "Probabilistic stability analysis of embankments founded on clay". Huvudsyftet med MVA är att utvärdera projektspecifika η -värden för beräkning av dimensionerande värden hos lerans odränerade skjuvhållfasthet. Dessutom utvärderas en mer "objektiv" härledd skjuvhållfasthetsprofil där olika undersökningsmetoder viktas olika baserat på dess relevans vid härledningen av skjuvhållfastheten. Multivariabelanalysen finns i sin helhet i Bilaga 4.1.

I samband med genomförandefasen har en enkel jämförelse utförts, där stabilitetsberäkningar utförts i en sektion för Nedsänkning (0/840 S) med ett försiktigt valt, projektspecifikt η -värde på 1,1 (istället för 1,0). En dimensionerande hållfasthet på exempelvis 8,7 kPa skulle då öka till $8,7 \text{ kPa} \times 1,1 = 9,57 \text{ kPa}$. Stabilitetsberäkningar visar att det med η -värde på 1,1 skulle vara möjligt att reducera mängden cellplast med ca 25 % med tillfredställande totalstabilitet. Huruvida denna reduktion är möjlig med avseende på bruksgränsstadiet har ej studerats i genomförandefasen. Nedan visas jämförande stabilitetsberäkningar i sektion km 0/840 S. I nästa projekteringskede föreslås att ytterligare analyser utförs för flera "typkonstruktioner" (t.ex. stabilitet, stödkonstruktioner och kohesionspålar) och i flera "typsektioner" för att studera inverkan från både projektspecifika η -värden och en mer "objektiv" härledd skjuvhållfasthetsprofil på projekterade förstärkningsåtgärder.



Figur 34. Jämförande stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/840 S. Kort glidyta, $F_c=1,02$.

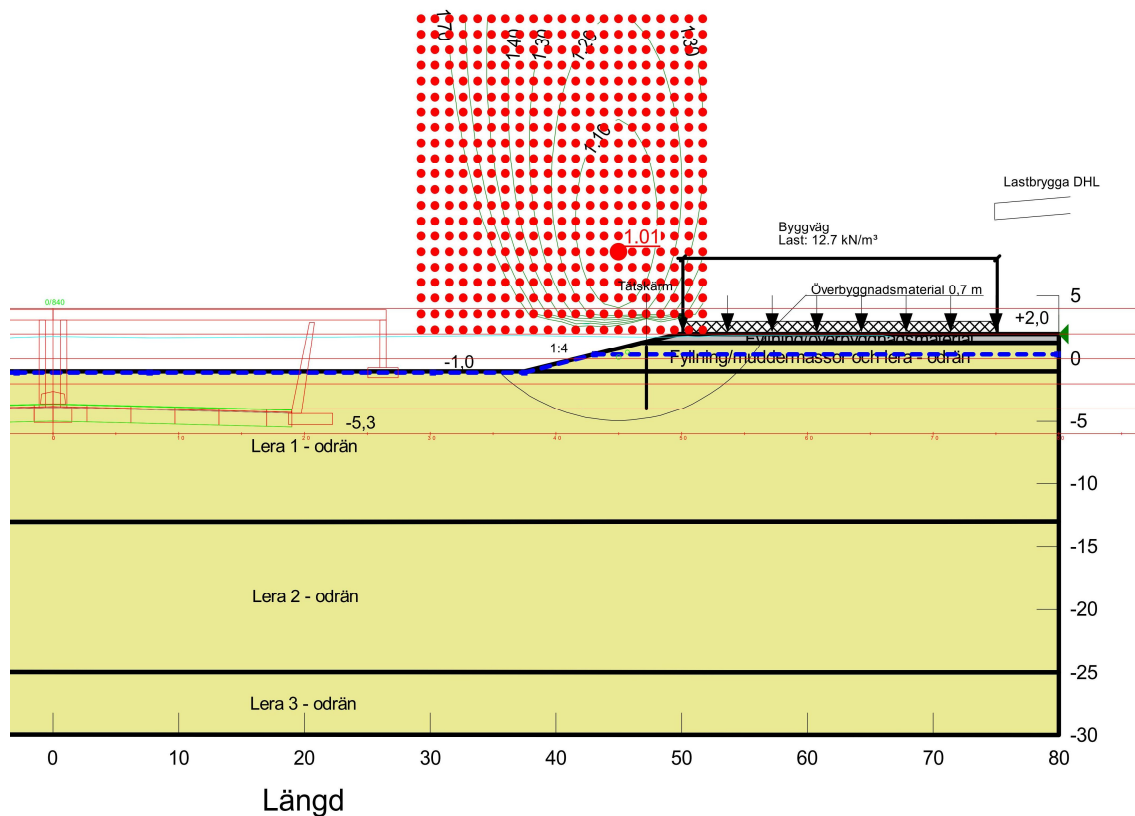


Figur 35. Jämförande stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/840 S.
Lång glidyta, $F_c=1,01$.

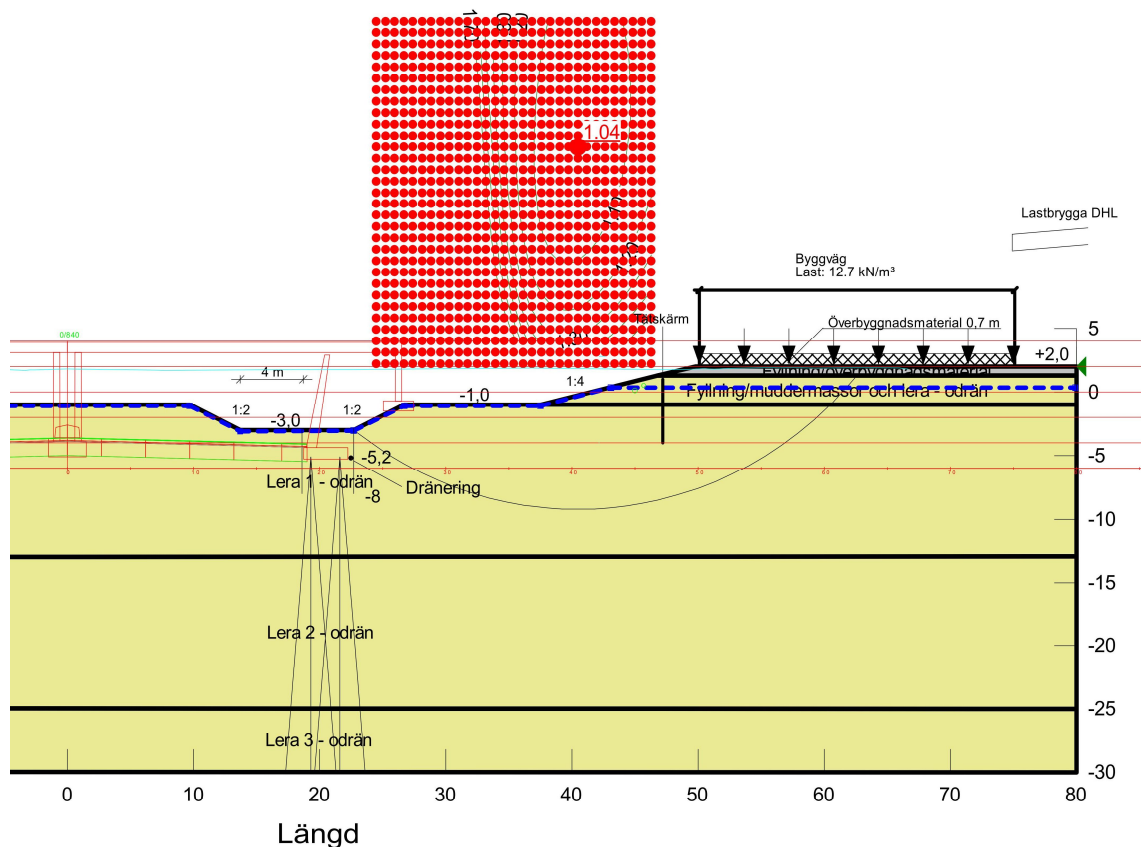
Byggskede

Nedsänkningen

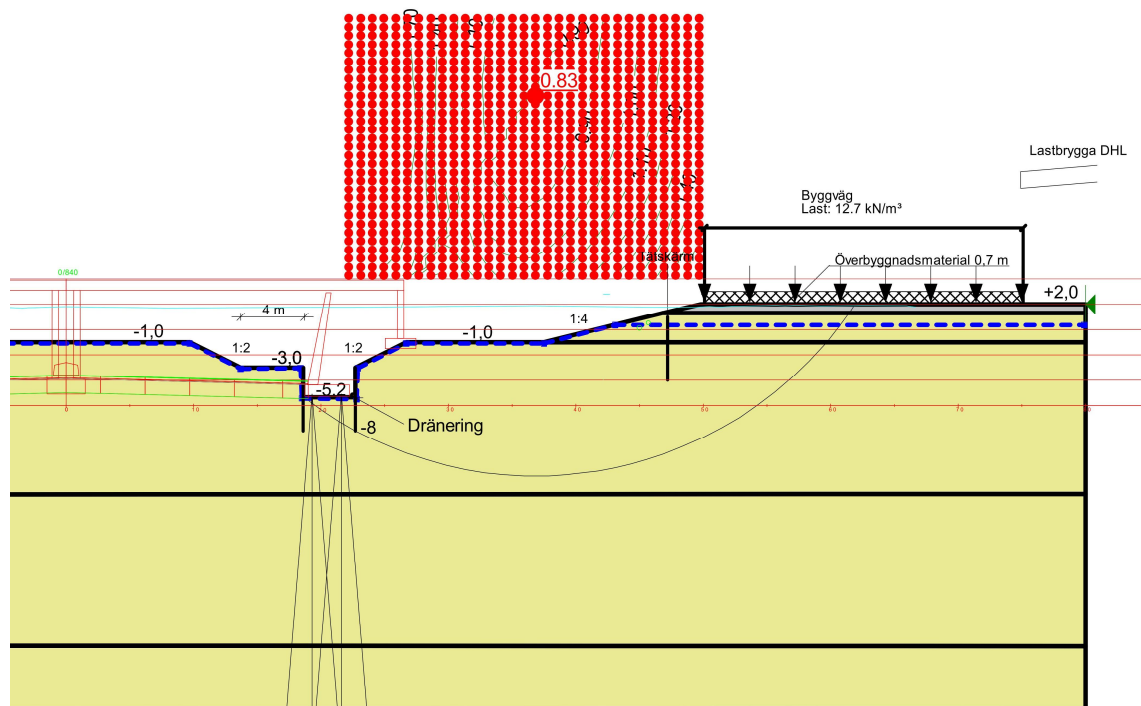
Totalstabilitetsberäkningar för föreslagna schaktetapper har utförts (schaktetapp 1-3) för sektion km 0/840 S. Tillfällig trafik (byggväg) förekommer i denna sektion med 6 st körfält. Syftet med beräkningarna har varit att bedöma om det är genomförbart. Nedan presenteras resultat av utförda beräkningar.



Figur 36. Förslag till schaktetapp 1; Avschaktning till nivån -1.
Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/840 S. $F_c=1,01$.



Figur 37. Förslag till schaktetapp 2; Lokalt schakt runt stödmur till nivå -3. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/840 S. $F_c=1,04$.

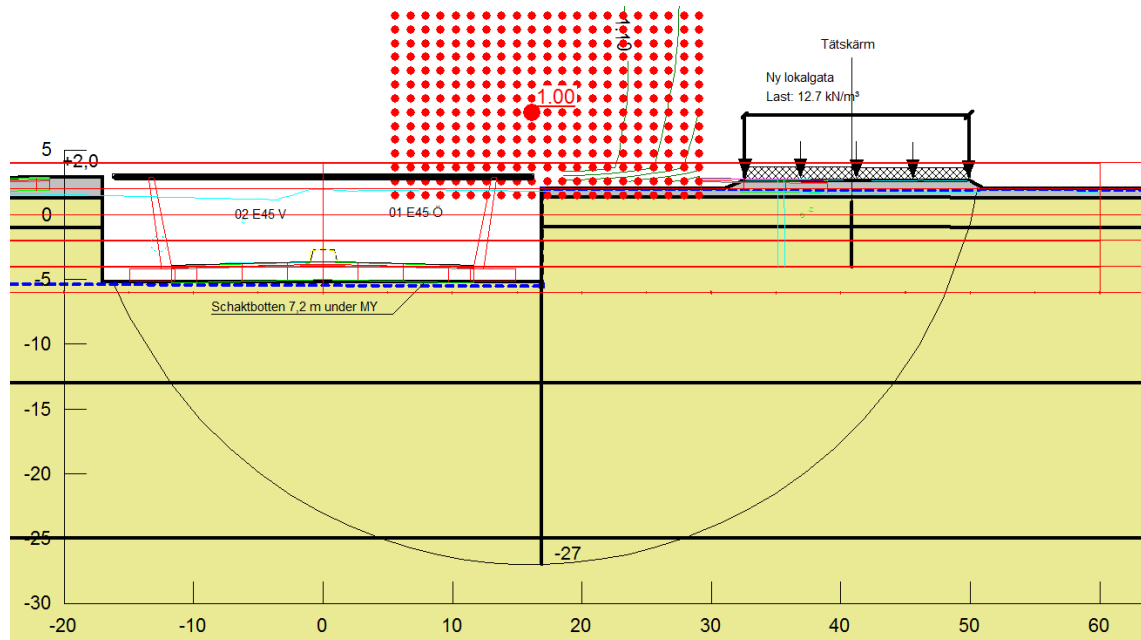


Figur 38. Förslag till schaktetapp 3; Spont och schakt till grundläggningsnivå -5,2. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sektion km 0/840 S. $F_c=0,83$.

Schaktetapp 3 innebär att spont slås för att komma ner till grundläggningsnivå för stödmur (-5,2). För schakt inom spont är säkerheten mot brott i odränerad analys,

$F_c=0,83$. Med hänsyn tagna till 3D-effekter kan detta schakt hållas öppet på en sträcka av 26 m (längs E45).

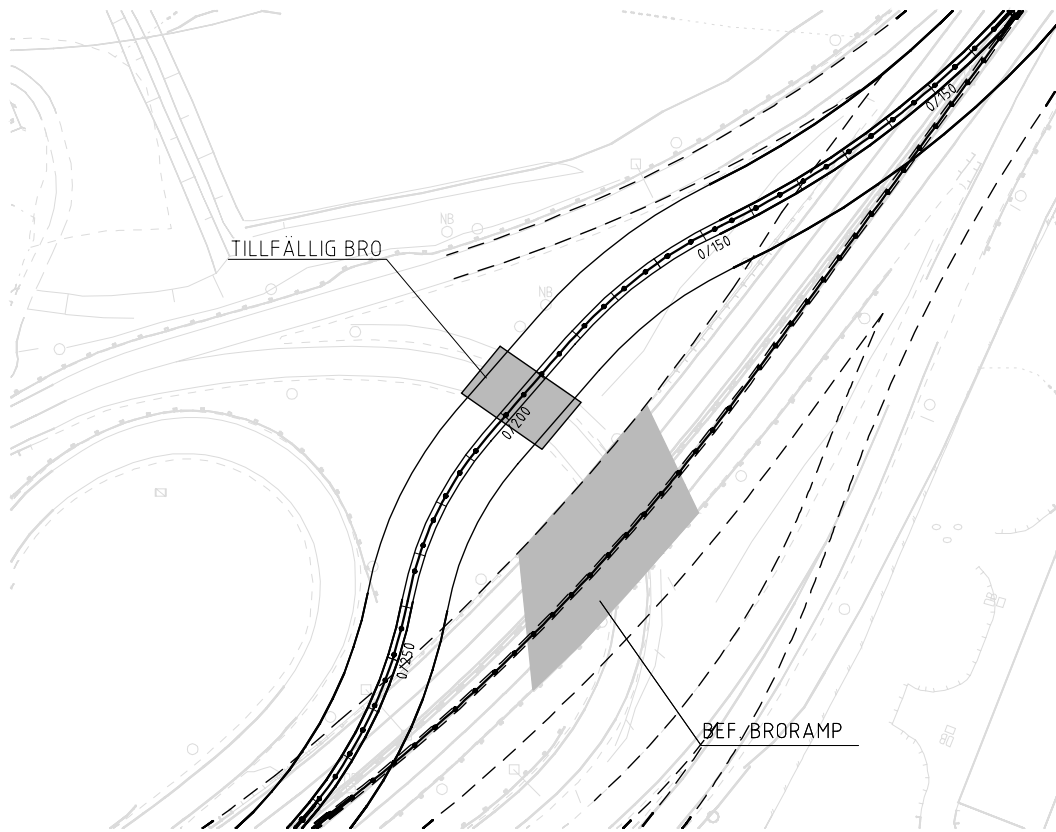
Totalstabilitetsberäkningar har även utförts för en sned sektion i km 0/560 S, där det krävs tillfälliga förstärkningsåtgärder för att bygga bron vid Falutorget. Bron byggs samtidigt som tillfällig trafik (byggväg) förkommer nära släntkrön (något upphöjd från befintlig marknivå). Enligt stabilitetsberäkning skulle tillfällig spont behöva vara ca 30 m (utförd som konsolspont), se Figur 37.



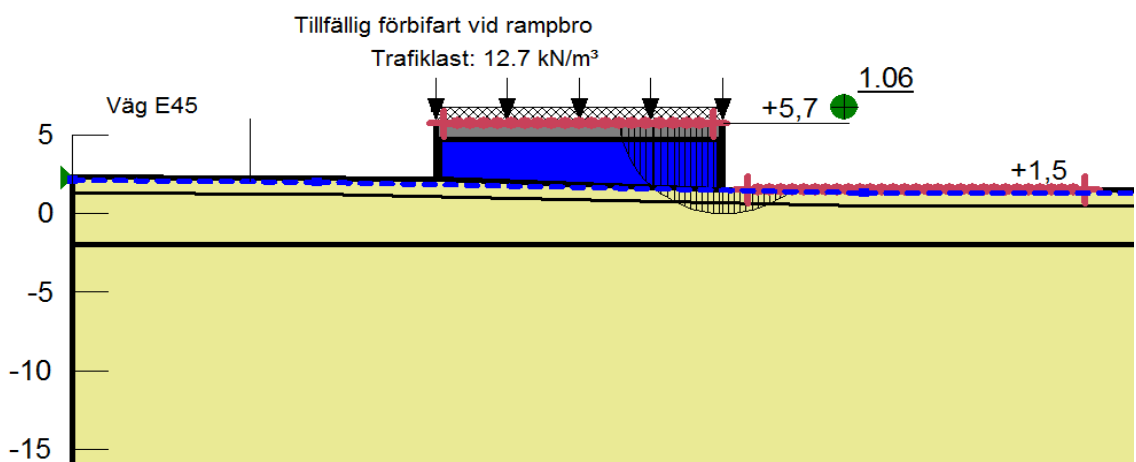
Figur 39. Stabilitetsberäkning, odränerad analys, sned sektion km 0/560 S. Spontdjup ca 30 m.

Gullbergsmotet

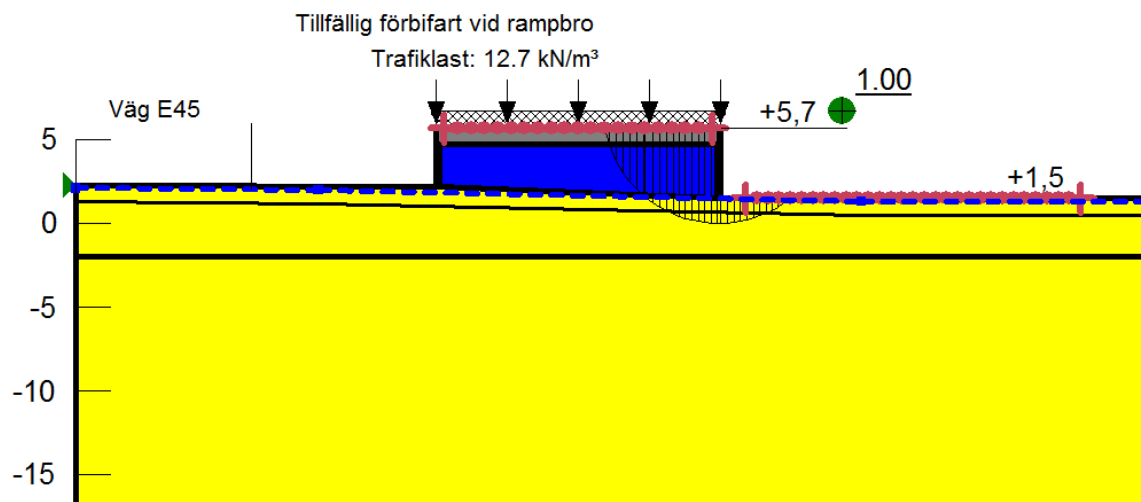
När rampbron i Gullbergsmotet ska rivs och byggas ny måste trafiken på E45 ledas om på en tillfällig förbifart norr om E45. För den tillfälliga förbifarten vid rampbron förslås att vägbanken byggs upp av ca 3 m cellplast inom en spontkonstruktion. Spontkonstruktionen slås längs båda vägkanterna och hålls samman av stämp. En spontlösning föreslås för att skapa utrymme för byggnation och etablering inom området. Vid beräkningarna har hydrostatiskt portryck antagits samt att nolltrycksnivån ligger i markytan.



Figur 40. Plan över tillfällig väg förbi rampbron.



Figur 41. Tillfällig förbifart vid rampbron, km 0/210 med cellplast, odränerad analys.



Figur 42. Tillfällig förbifart vid rampbron, km 0/210 med cellplast, kombinerad analys.

Föreslagen konstruktion/ anläggning

Föreslagna konstruktioner och anläggningar för Nedsänkningen och Gullbergsmotet är framarbetade och analyserade med hänsyn till att projektet ska ha en god byggbarhet, rimlig totalkostnad och god arbetsmiljö. Föreslagna förstärkningar redovisas i bilaga 2 - Redovisning av föreslagna förstärkningsåtgärder, plan.

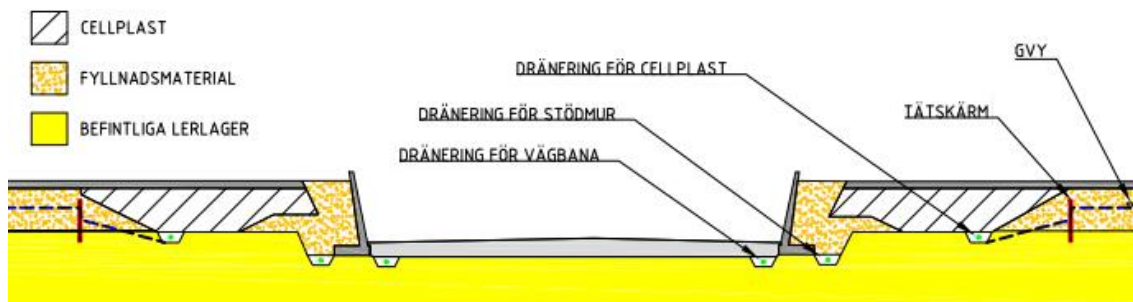
Nedsänkningen

Förstärkning med permanent spont för hela nedsänkningen valdes bort av kostnadsskäl i skissfasen. Föreslagen metod för förstärkning med pålad stödmur och bakomliggande cellplast arbetades då fram, vilket har analyserats vidare i genomförandefasen.

Stödmurarna för Nedsänkningen föreslås byggas pålgrundlagda. Höjden på stödmurar varierar beroende på av- och påfarter samt höjd för E45, men uppgår som mest till ca 6 m. Stödmurar för ramper etc. upp till ca 2,5 m höjd föreslås grundläggas utan pålar.

Cellplastens utbredning innanför stödmur varierar på grund av trafikutformning

Vidare föreslås parkområden, lokalgator, parkeringsytor mm. ovan stödmurarna längs stora delar av Nedsänkningen. Skydd för högsta högvattnet, HHW +2,8, utgörs av skyddsvall (jordvall) alternativt skyddsmur i anslutning till parkområdet eller av en skyddsvall längre bort från väg E45.



Figur 43. Typsektion för Nedsänkningen

Cellplastutformning

Förslaget till cellplastutformning bakom stödmur baseras på beräknade stabilitetssektioner.

I Skissfasen utgjordes förstärkningen bakom stödmur generellt av cellplast med en rektangulär form. Cellplastens utformning sträckte sig från stödmur och generellt ca 20-25 m bakom denna. Direkt bakom cellplasten placerades tätskärmen.

I Genomförandefasen är cellplastutbredningen mer anpassad efter genomförbarhet, arbetsmiljö och tänkta schaktetapper under utbyggnaden. Cellplasten har exempelvis generellt utformats med lutning 1:2 närmast planerad tätskärm.

Att anlägga cellplast direkt ovan stödmur kan möjligtvis komma att bli aktuell ur sättningsynpunkt eller för att minska uppkomna spänningar direkt bakom stödmuren. Kvarsittande spont bakkant stödmurens bottenplatta kan vara ett sätt att minska på tillskottsspänningar i den zonen.

Vidare har cellplasten i genomförandefasen anpassats efter permanenta av- och påfartsramper för väg E45. Inom cellplastförstärkt område läggs cellplast motsvarande till terrassnivå för av- och påfartsramp.

Lokala anpassningar av cellplast förekommer för ledningar på ett flertal ställen. Mellan km ca 0/340 – 0/480 (södra sidan) har utbredningen begränsats något för läggning av nya djupa ledningar intill nya Regionens hus. Anpassningen innebär att bakre gränsen för cellplasten (och därmed tätskärmen) hamnar något närmre nedsänkningen, med följden att cellplastmaktigheten här blir något djupare. Temporär spont kan krävas för att komma åt och lägga cellplasten på denna sträcka.

Ledningar genom cellplastförstärkning förekommer exempelvis till och från de planerade dagvattenmagasinen på norra sidan av nedsänkningen. Beroende på storlek, typ och djup kan ledningar genom cellplast komma att utformas inom betongkulvert.

Anpassning till befintliga och nya anläggningar

Grundläggning av den norra stödmursrampen mot Hisingsbron mellan sektion ca 0/350 – 0/520 föreslås att pågrundläggas. Läget för den södra stödmuren för rampen är i konflikt med framtida eventuell överdäckning av väg E45. Om denna stödmur pågrundläggs utgör pålarna ett hinder för framtida grundläggning av överdäckning. Därav förslås att utföra grundläggning av stödmur med platta direkt på cellplast. I bygghandlingskedet ska jämförande utvärdering göras om rampen går att utföra med en geonätsförstärkt lättfyllning istället för stödmur.

Det så kallade Actic-huset (sektion 0/600 N) är beläget nära Nedsänkningen. Huset har källare och är grundlagt på pålar, se Inventering av befintliga byggnader (Bilaga i MUR/Geo, Hydro). På grund av befintlig källare kan troligtvis schakt för cellplast utföras utan några större tillfälliga sponter.

Vid P-huset på norra sidan (precis öster om Actic-huset), sträckan km ca 0/610-0/660, krävs en permanent spont för att klara stabiliteten mot rampen intill. Sponten behöver vara ca 20 m djup (ur stabilitetssynpunkt) på en sträcka av ca 55 m, med fördel kan den också utgöra tätskärm. Sponten behöver vid utförandet stämpas alternativt stagas mot en närliggande konstruktion. Orsaken till förstärkning är att P-huset endast är grundlagt på plintar och det förekommer en stor höjdskillnad till intilliggande ramp. Föreslagen permanent spont löper nära befintliga fjärrkyla-ledningar utmed Actic-huset och P-huset, vilket måste beaktas vid spontslagning. Minsta avstånd mellan spont och fjärrkyla-ledningar är enligt ritningsunderlag ca 1,5 m. Permanent spont framgår av förstärkningsritningar.

Dagvattenmagasin (2 st) ska placeras mellan tätskärm och stödmur på Nedsänkningens norra sida, kring sektion km 1/000. Två stycken magasin ska grundläggas på ungefär samma nivå som underkant cellplastförstärkning. I stabilitetsberäkningarna presenteras magasinen som grundlagda direkt i mark med cellplast på båda sidor. Hela området för magasinen utformas dränerat. Möjligheten finns också att ansluta tätskärm till magasinens bakkant. Konsekvensen av detta blir att avlastningen bakom måste dimensioneras med hänsyn till upplyft, vilket i sin tur ger en större total utbredning. En alternativ förstärkningslösning skulle kunna vara att förstärka området bakom dagvattenmagasinen med lättklinker istället för cellplast. Tätskärmen skulle då kunna placeras i direkt anslutning till dagvattenmagasinen. Viktigt är dock i det fallet att förstärkningsåtgärd utanför tätskärmen dimensioneras med hänsyn till upplyft. Ytterligare ett förstärkningsalternativ för dagvattenmagasinen skulle kunna vara

grundläggning med kohesionspålar. Dessa två förstärkningsalternativ är dock ej studerade i genomförandefasen.

Projektet innebär omfattande ledningsarbeten, där vissa ledningar förläggs på djup ned till 5,5 m under markytan. Schakter djupare än 3 m kräver generellt åtgärder i form av temporära stödkonstruktioner. Det är även föreslaget borrning/tryckning av djupa ledningar under Nedsänkningen. Schaktfri förläggning av ledningar kan även bli aktuellt inom andra delar av projektet. Underliggande mäktiga lerlager har lämpliga egenskaper för borrning/tryckning av djupa ledningar. Mäktigheten och sammansättningen av fyllnadsmaterialet är avgörande för genomförandet av schaktfri förläggning.

Mittrampen som ansluter till bron vid Falutorget föreslås utgöras av stödmurar i ett tråg. Mittrampen grundläggs förslagsvis på pålar. Anslutningen till den nya pålade bron vid Falutorget kan då bli enklare (bla finns det bra möjligheter att kunna kontrollera differenssättningar mellan ny bro och ramp).

Spänningspåverkan i jorden till följd av föreslagna schaktetapper förekommer enligt FEM-analyser generellt inom ca 50 m från stödmur för Nedsänkningen. I bygghandlingsskedet kan det vara aktuellt att installera exempelvis inklinometrar bakom stödmur för att mäta rörelser och kunna bedöma påverkan på befintliga byggnader och anläggningar.

Gullbergsmotet

Den nya rampbron föreslås byggas som en pålgrundlagd platsgjuten plattrambro. Broöverbyggnaden utförs med prefabricerade plattelement på vilka man sedan gjuter en betongplatta, vilken kommer utgöra den nya bronns broöverbyggnad. Brons fria öppning blir ca 12 m och längden ca 38 m.

För att ta upp höjdskillanden mellan E45 och rampvägen (E6N) måste man sydväst om bron bygga en kohesionspålad stödmur som sträcker sig ca 100 m väster ut mot bron över E6:an. Stödmuren kommer att vara ca 6 m hög närmast rampbron och successivt minska mot "noll" i väster där rampvägen (E6N) går ihop med väg E45.

Väg E45

Sektion 1/728-1/738, Befintlig lättklinker börjar enligt arkivmaterial i ca sektion 1/738, varför området mellan denna sektion och bron över E6 antas vara pålad. Inga nya åtgärder bedöms nödvändiga.

Sektion 1/738-1/780, Här föreslås en pålad stödmur med bottenplattan lika bred som höjden på stödmuren. Mellan befintlig lättklinker och stödmur utläggs ny fyllning med lättklinker med samma tjocklek som befintlig. I bygghandlingsskedet kan det vara aktuellt att studera en alternativ lösning med en wrap around-konstruktion bestående av geonät och lättfyllning, alternativt skumglas. Denna konstruktion måste sannolikt kompletteras med en kalkcementstabiliserad undergrund för att klara stabiliteten. Vidare måste geonätens förankringslängd studeras tillsammans med trafikens läge under byggskedet. Denna konstruktion får anses mjukare och kan ha större möjligheter att skapa en jämn yta mellan befintlig vägkonstruktion och den nya breddningen. Det kan bli aktuellt med spont under byggskedet för att klara trafiken vid schaktarbetena.

Sektion 1/780-1/850, Här föreslås en pålad stödmur med en bottenplatta som ansluter till befintliga bankpålar. Mellan befintlig lättklinker och stödmur utläggs ny lättklinker med samma tjocklek som befintlig. Stödmurens pålning bör vara likvärdigt utformad som befintlig bankpålning map pållängd och centrumavstånd för att skapa en jämn yta

mellan befintlig vägkonstruktion och den nya breddningen. Då den nya bron har en kortare utbredning längs E45 föreslås att ytan mellan befintlig bankpålning och nya konstruktionspålar förstärks med nya bankpålar. Beroende på hur broutformningen blir kan det finnas behov av att förstärka brokonerna, främst den nordvästra. Detta föreslås i så fall göras med bankpålar.

Sektion 1/850-1/860, Här byggs en ny bro över ramp E6N. Bron föreslås bli grundlagd på kohesionspålar.

Sektion 1/860-1/910, Här föreslås breddningen förstärkas med lättklinker med samma tjocklek som befintlig lättklinker. Runt km 1/880 kompletteras befintlig bankpålning på den södra sidan med ny bankpålning för att täcka in hela breddningen.

Efter sektion 1/910, Beroende på vägutformning (skevning vänster eller höger) så kommer vägnivån på höger körfält att höjas någon meter. Här finns 1,5 m tjock befintlig lättklinker. Beroende på slutlig vägutformning bör man överväga om behov finns att komplettera med ny lättklinker (ovan befintlig) under höger körfält.

Arbetena inom Gullbergsmotet föreslås att utföras med trafiken via förbiledning norr om väg E45. Skälet till detta är bland annat en bättre arbetsmiljö.

Ramp E6N – E45Ö

Sektion 0/000-0/050, Här föreslås vägen vara oförstärkt då inga profiljusteringar görs.

Sektion 0/050-0/105, Här föreslås vägen förstärkas med lättklinker. Rampen har vid anslutningen i km 0/105 1,5 m befintlig lättklinker. Underkant lättklinker i denna sektion ligger på ca nivå +2. Då vägens nivå lyfts (1,4 m) till ca +5,2 och överbyggnaden är 1 m tjock föreslås tjockleken på ny lättklinker bli ca 2,2 m. Detta innebär att underkant ny lättklinker också hamnar på nivån ca +2. Lättklinkern tunnans ut till ca 1 m tjocklek i km 0/050.

Sektion 0/105-0/120, Beroende på vägutformning (skevning vänster eller höger) så kommer vägnivån att höjas en dryg meter. Här finns 1,5 m tjock befintlig lättklinker. Denna väghöjning bör utföras med ny lättklinker ovan den befintliga.

Sammanfattning och utvärdering av resultat

Under genomförandefasen har en fördjupad bild av områdets geologiska- och belastningshistoria erhållits. Historien förklarar de pågående sättningsutvecklingarna som konstaterats inom olika delar av objektet. Relationshandlingar och tidigare utredningar har också gett en detaljerad bild över vilka grundförstärkningar som finns inom området och då framförallt inom Gullbergsmotet som förenklat kan sägas var projekterat/dimensionerat i brottgränsstadiet. Hänsyn till bruksgränsstadiet har tagits genom att byggnadsverken grundlagts för att "följa" med sättningsutvecklingen. Inventeringsarbete av omgivande byggnaders grundläggningar har gjorts. Dessa är sammanställda och redovisning återfinns i bilaga 1.

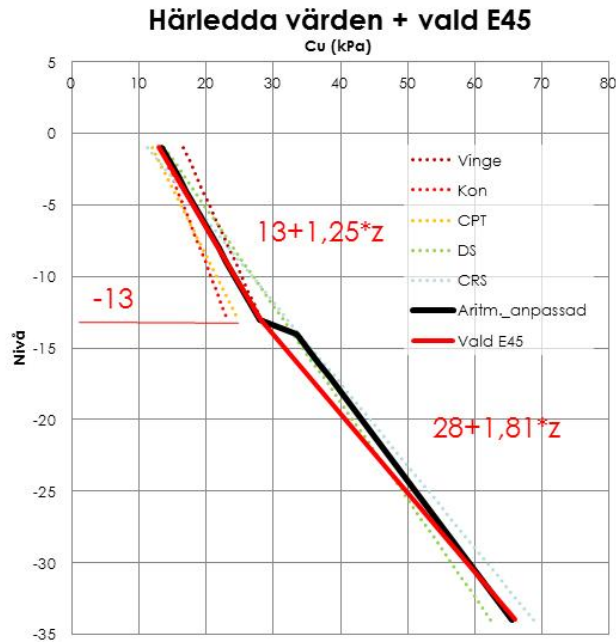
Generellt kring stabilitetsförhållanden för befintliga förhållanden gäller att det för området kring Nedsänkningen föreligger tillfredsställande säkerhet mot stabilitetsbrott på grund av de tämligen jämna topografiska förutsättningarna. Inom Gullbergsmotet återfinns förhållandevis stora nivåskillnader, vilka ger förutsättningar för låga säkerheter mot stabilitetsbrott. Stabiliteten är ej tillfredsställande för befintliga förhållanden kring bron över Sæveån. Berört område ligger dock utanför aktuella vägplan.

Inom området vid Nedsänkningen pågår sättningar med 1 till 2 mm/år, både konsoliderings- och sekundärsättningar. Konsolideringssättningarna pågår i övre delen av jordprofilen medan sekundärsättningarna, krypning, pågår genom hela jordprofilen på grund av utfyllningen utförd under 1800- och 1900-talet. Leran inom området är sättningsbenägen. På grund av de mäktiga lerlagren kommer sättning utvecklas och pågå under lång tid.

I Gullbergsmotet har sättningsmätningar utförts sedan mitten av 1960-talet och så stora sättningar som upp till 1,5 – 2 meter har uppmätts för vägbanan mellan broar. Vägbanan har justerat åtskilliga gånger under årens lopp. Då stora sättningar utbildas invid broarna kan dessa orsaka skadliga påhängslaster på grundläggningkonstruktionerna. För att minska sättningarna i vägbanan och vid brostöd utfördes under 1980- och 1990-talet förstärkningsåtgärder i form av lättfyllning i vägbanan och bakom brostöden för rampbron. Lättfyllningen har, vid rampbron, kompletterats med skyddspålning för konstruktionspålar samt kompletterande pålar i bankslänten.

För hållfasthetsegenskaper har utvärdering av c_u utförts efter vad vi kallar "strikt Eurocode". Utvärdering av c_u bygger på ett någorlunda "strikt" medelvärde enligt Eurocode och IEG:s Tillämpningsdokument. Utvärderingen avser att beskriva parametern c_u för uppsättning stabilitet, stödkonstruktioner och pålar.

E45 – Parameterutvärdering



Figur 44. Parameterutvärdering av cu enligt "strikt Eurocode".

Inom uppdraget har också utförts geostatistiska utvärderingar inklusive tillämpning av multivariabelanalys som visar att det ger betydande besparingar avseende de geotekniska förstärkningsåtgärdernas omfattning. Dessa besparingsmöjligheter har inte tillämpats i detta skedet utan redovisas för att ligga till underlag för en värdering i kommande bygghandlingsskede.

Föreslagen metod för förstärkning med pålad stödmur och bakomliggande cellplast arbetades fram under skissfasen, vilket har analyserats vidare i genomförandefasen.

Stödmurarna för Nedsänkningen föreslås att kohesionspålas. Höjden på stödmurar varierar beroende på av- och påfarter samt höjd för E45, men uppgår som mest till ca 6 m. Stödmurar för ramper etc. upp till ca 2,5 m höjd föreslås grundläggas utan pålar. Cellplastens utbredning bakom stödmur varierar på grund av trafikutformning etc.

Vidare föreslås parkområden, lokalgator, parkeringsytor mm. ovan stödmurarna längs stora delar av Nedsänkningen. Skydd för högsta högvattnet, HHW +2,8, utgörs av skyddsvall (jordvall) alternativt skyddsmur i anslutning till parkområdet eller av en skyddsvall längre bort från E45. Broarna över Nedsänkningen vid Kämpegatan och Falutorget samt mittramperna i Falutorget föreslås att grundläggas med kohesionspålar.

Den nya rampbron i Gullbergsmotet föreslås byggas som en pålgrundlagd platsgjuten plattrambo. Brons fria öppning blir ca 12 m och längden ca 38 m.

För att ta upp höjdskillanden mellan E45 och rampvägen måste man sydväst om bron bygga en kohesionspålad stödmur som sträcker sig ca 100 m väster ut mot bron över E6:an. Stödmuren kommer att vara ca 6 m hög närmast rampbron och successivt minska mot "noll" i väster där rampvägen går ihop med väg E45.

Rekommendationer

Vid stabilitetsberäkningar med långa glidytor tillgodoräknas 25%, av en pålad konstruktions egenvikt inkl egenvikten för fyllningsmaterial som belastar konstruktionen, på den mothållande sidan. Antagandet regleras ej av TK Geo utan är ett projektspecifikt antagande. I bygghandlingskedet rekommenderas att antagandet ånyå provas och att en förnyad värdering görs avseende graden av tillgodoräknande.

Utförd studie kring geostatistiska utvärderingar inklusive tillämpning av multivariabelanalys visar att det ger betydande besparingar avseende de geotekniska förstärkningsåtgärdernas omfattning att utvärdera projektspecifika η -faktorer för odränerad skjuvhållfasthet. I bygghandlingskedet föreslås att analys utförs för ett antal beräkningsfall (typfall) och att det utses en referensgrupp för att verifiera tillämpningen av metodiken i projektet.

I bygghandlingskedet är det fortsatt viktigt att säkerställa en samordning av grundläggningar och geotekniska förstärkningsåtgärder i gränssnitten till Götatunneln. Utförda geotekniska undersökningar vid Falutorget visar att djupet till underkant lera är cirka 50 meter. Med hänsyn till att broar och stödmurar i Falutorget föreslås att utföras med kohesionspålar rekommenderas att kompletterande undersökningar utförs för att säkerställa geometrin för underkant lera.

Referenser

TK Geo 11 Publikation 2011:047

Projektinterna referenser

Trafikverket (2013a) . Underlagsrapport Geoteknik, Projektnummer: FS85438030/ AP109654, 2013-05-31

Trafikverket (2014a) . Markteknisk undersökningsrapport / Geoteknik, Hydrogeologi (MUR /Geo, Hydro), Projektnummer: FS85438030/ AP109654, 2014-01-20

Trafikverket (2014b). PM Geofysik (Bilaga 4.5 till Projekterings-PM), Projektnummer: FS85438030/ AP109654, 2014-01-20

Trafikverket (2014c). Utredning Geostatistik. Multivariabelanalys och projektspecifika eta-faktorer (Bilaga 4.1 till Projekterings-PM), Projektnummer: FS85438030/ AP109654, 2014-01-20



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 405 33 Göteborg
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010- 123 50 00

www.trafikverket.se