



Projekterings-PM/Geoteknik

PM/Geo

Brålanda reningsverk

Brålanda, Vänersborgs kommun
Detaljplan

Detta PM/Geo ersätter helt tidigare PM/Geo daterat 2024-09-06 och PM/Geo daterat 2025-01-30

Uppdragsnr: 24064

Bohusgeo AB 2025-11-07

Rev 2026-03-13

Beställare

Kund: Vänersborgs kommun
Kontaktperson: Marie Karlsson

Bohusgeo AB

Uppdragsnummer: 24064
Uppdragsledare: David Palmquist
Handläggare: David Palmquist
Granskning: Henrik Lundström och Daniel Lindberg

Bastionsgatan 26
451 50 Uddevalla
Org.nr. 556601-5243
Tel. vxl. 0522-946 50
bohusgeo.se

Innehållsförteckning

1.	Uppdrag och syfte	2
2.	Underlag	2
3.	Styrande dokument	2
4.	Områdesbeskrivning	3
5.	Planerad byggnation	3
6.	Befintliga förhållanden	3
6.1.	Mark, vegetation och topografi	3
6.2.	Geotekniska förhållanden	3
6.3.	Geohydrologiska förhållanden	4
7.	Släntstabilitet	4
7.1.	Allmänt	4
7.2.	Valda parametrar	5
7.3.	Beräkningar befintliga förhållanden	6
7.4.	Beräkningar, känslighetsanalys förhöjt portryck	6
7.5.	Resultat	7
7.6.	Erosion	9
8.	Grundläggning och sättningar	9
9.	Schaktning	9
10.	Infiltration	9
11.	Bergas och blocknedfall	10
12.	Markradon	10

Bilagor

Bilaga 1:1	Kartutdrag, detaljplaneområde
Bilaga 2:1	Beräkningssektioner
Bilaga 3:1-3:5	Skjuvhållfasthetssammanställning
Bilaga 4:1-4:3	Konsolideringsförhållanden
Bilaga 5:1-5:4	Portrycksprofiler
Bilaga 6:1-6:3	Gynnsamma och ogynnsamma förhållanden
Bilaga 7:1-7:6	Släntstabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden + last
Bilaga 8:1	Släntstabilitetsberäkningar, känslighetsanalys
Bilaga 9:1	Plan, belastningsbegränsningar
Bilaga 10:1-10:4	Foton, fältbesök

Rev

1. Uppdrag och syfte

Bohusgeo AB har på uppdrag av Vänersborgs kommun utfört en geoteknisk undersökning inom fastigheten Esslingetorp 1:4 m.fl. i Brålanda, Vänersborgs kommun.

Uppdragets syfte är att undersöka de geotekniska förhållandena och att utreda förutsättningarna för detaljplan med avseende på släntstabilitet och översiktliga grundläggningsförhållanden.

Under vår/sommar 2024 utfördes geotekniska undersökningar inom aktuellt uppdrag för detaljplanen. Efterföljande utredning visade att släntstabiliteten med dåvarande undersökningsnivå inte uppnådde kraven för tillfredsställande stabilitet mot Frändeforsån. Kompletterande undersökningar har därför utförts under hösten 2024 och sommaren 2025 för att uppnå fördjupad utredningsnivå och utreda lerans anisotropi. Detta PM ersätter helt tidigare redovisade PM daterade 2024-09-06 samt 2025-01-30.

Rev

Revideringen innefattar förtydliganden och kompletterande analyser avseende synpunkter i yttrande från Statens geotekniska institut (SGI).

2. Underlag

Underlag för de i detta PM redovisade utvärderingarna utgörs av:

- Rev
- Fält- och laboratoriearbeten utförda av Bohusgeo AB för projektet. Resultaten finns redovisade i en MUR daterad 2025-10-10, uppdragsnummer 24064.
 - Kartutdrag med markering av detaljplaneområde, erhållen av Vänersborgs kommun 2024-10-07.
 - Översiktlig stabilitetskartering i Vänersborgs kommun, GF Konsult AB, uppdragsnummer 739 001 04, daterad 2000-09-15, rev 2001-05-04
 - Lastplan ARV, byggnadslaster, preliminärhandling, upprättad av PE, daterad 2025-03-31
 - Yttrande över samrådshandling, Detaljplan för Esslingetorp 9:2 m.fl., upprättat av SGI, daterat 2026-01-14, diariennr 4.3.1-2512-1770

3. Styrande dokument

Utredningen har utförts i enlighet med tillämpliga delar i dokument förtecknade i Tabell 1.

Tabell 1. Styrdokument.

Typ av utredning	Styrande dokument
Alla utredningar	SS-EN 1997-1, SS-EN 1997-2 IEG Rapport 2:2008, rev 3 IEG Rapport 4:2008, rev 1
Släntstabilitet	SGI Vägledning 8 IEG Rapport 4:2010 TRVINFRA-00229 TRVINFRA-00230
Slänter och bankar	IEG Rapport 6:2008, rev 1

4. Områdesbeskrivning

Undersökningsområdet ligger vid Frändeforsån i Brålanda, se bilaga 1. Området innefattar befintligt reningsverk med tillhörande obebyggda områden norr och söder om reningsverket. Totalt är området ca 120 x 280 m (Frändeforsån ej medräknad).

5. Planerad byggnation

Inom delområdet söder om befintligt reningsverk planeras en ny byggnad vid undersökningspunkt 101 och 201-205.

6. Befintliga förhållanden

6.1. Mark, vegetation och topografi

Det undersökta området utgörs, förutom av befintlig anläggning, i huvudsak av ängsmark som i norr och syd gränsar mot åkermark. Träd och buskar förekommer, särskilt i anslutning till vattendraget. Markytans nivå varierar mellan ca +57 och ca +63. Lokalt förekommer högar med fyllningsmassor och upplag av ris med högre nivå. Bottennivån i Frändeforsån är som djupast ca +54. Vid slänterna mot vattendraget är markytans lutning upp till ca 1:1,5. Lokalt kan brantare slänter förekomma. Inom övriga delar av området är markytan generellt flack, men slänter förekommer bland annat vid massupplag och liknande.

6.2. Geotekniska förhållanden

Det totala sonderingsdjupet varierar mellan ca 7 och 24 m. Generellt ökar jorddjupet mot öst. Jordlagren bedöms från markytan räknat i huvudsak utgöras av:

- fast ytlager
- lera
- friktionsjord vilande på berg

Det fasta ytlagret utgörs av **friktionsjord** och **siltig torrskorpelera**. Tjockleken varierar i huvudsak mellan ca 3 och 5 m. Friktingsjorden är bitvis humushaltig och består i huvudsak av silt, torrskorpesilt och sand som överlagrar torrskorpeleran. Delvis bedöms friktionsjorden utgöras av fyllning och bland annat tegelrester har påträffats. Bitvis saknas friktionsjorden.

Torrskorpeleran övergår gradvis till lösare lera mot djupet. Vattenkvoten har i friktionsjorden uppmätts till mellan ca 15 och 35 % och i torrskorpeleran till mellan ca 15 och 50 %. I ett enstaka prov på 3 m djup i punkt 108 påträffas silt med en vattenkvot på ca 70 %. Provet innehåller växtdeklar som bedöms påverka vattenkvoten kraftigt. Silten är mycket tjällyftande och starkt flytbenägen.

Lera finns till mellan ca 7 och 23 m djup under markytan. Mäktigheten ökar generellt mot öst. Leran är i regel siltig. Vattenkvoten har i huvudsak uppmätts till mellan ca 40 och 70 %. Konflytgränsen har uppmätts till mellan ca 30 och 65 %.

Skjuvhållfastheten har i fält bestämts genom vingförsök och CPT-sonderingar och på laboratorium genom konförsök och skjuvförsök. Dessutom har en empirisk utvärdering med ledning av utförda CRS-försök utförts. En sammanställning av skjuvhållfastheterna redovisas i bilaga 3. Skjuvhållfastheten, som korrigerats med konflytgräns och överkonsolideringsgrad (OCR), varierar generellt mellan ca 20 och 30 kPa närmast under det fasta ytlagret och ökar med ca 1 kPa/m mot djupet. I punkt 108 har markant lägre skjuvhållfasthet erhållits, där härlett värde varierar mellan ca 5 och ca 15 kPa.

I punkt 207 har lerans anisotropa hållfasthetsegenskaper undersökts med aktiva odränerade triaxial-försök. Resultatet från försöken finns redovisade tillsammans med

undersökningspunktens övriga skjuvhållfastheter i bilaga 3:5. Empiriskt utvärderad aktiv, passiv och direkt skjuvhållfasthet från utförda CRS-försök ligger något lägre än erhållna värden från triaxial-försök och skjuvförsök. Vid val av skjuvhållfasthet har störst vikt lagts vid värden från de utförda försöken. Vid jämförelse mellan utförda triaxial-försök och vald direkt skjuvhållfasthet påvisas en anisotropifaktor på ca 1,6.

Sensitiviteten varierar i regel mellan ca 15 och 450. Leran bedöms i huvudsak vara högsensitiv. I undersökningspunkt 103 och 207 vid Frändeforsån är leran kvick och extrem kvicklera påträffas på djup >8 m.

För att undersöka lerans konsolideringsegenskaper har kompressionsförsök typ CRS utförts i undersökningspunkt 101, 103, 108 samt 207. I bilaga 4 redovisas lerans konsolideringsförhållanden i punkterna. Leran bedöms generellt vara överkonsoliderad för uppmätta portrycksnivåer och bedöms kunna belastas med viss ytterligare last utan risk för långtidssättningar, förutom i det norra delområdet, där förhållandena i punkt 108 visar att leran är normalkonsoliderad. I punkt 101 förekommer ett svagt skikt med lågt förkonsolideringstryck på ca 7 m djup. Se ytterligare bedömningar under kapitel 8.

Friktionsjorden under leran har inte undersökts närmare. Sonderingarna har trängt ner upp till ca 1 m i friktionsjorden innan stopp mot sten, block eller berg erhållits.

Bergnivån har undersökts med jord-bergsonderingar inom planerat byggnadsläge och berget påträffas där på mellan ca 13 och ca 17 m djup under markytan.

6.3. Geohydrologiska förhållanden

Portryckssituationen i leran har uppmätts i fyra av undersökningspunkterna: 101, 103, 108 samt 207. I varje punkt har mätning utförts på 1-3 nivåer. Mätvärden har registrerats med logger var fjärde timme under perioden maj till augusti 2024 för punkt 103 och under perioden november 2024 till januari 2025 för samtliga tre punkter 101, 103 och 108. I punkt 207 har mätningar pågått under perioden juni till september 2025. De uppmätta trycknivåerna redovisas i MUR 2025-10-10. I bilaga 5 redovisas portrycksprofiler för respektive punkt.

Den övre grundvattennivån (0-portrycksnivån) bedöms under mätperioderna ha varit belägen mellan ca 1 och ca 3,5 m under markytan. Portrycket har i stort sett en hydrostatisk fördelning mot djupet inom undersökningsområdet, förutom i punkt 207, där trycknivån i lerans underkant motsvarar en fri vattenyta ca 1,7 m över den övre grundvattennivån. För ytor med låga marknivåer längs ån bedöms vattentrycket i underkant lera vara artesiskt.

Djup till torrskorpelerans underkant indikerar att grundvattenytan under torrperioder kan sjunka till mellan ca 3 och ca 5 m djup under markytan.

7. Släntstabilitet

7.1. Allmänt

Släntstabiliteten har beräknats i 5 sektioner, se placering i bilaga 2.

Stabilitetsberäkningarna har utförts med datorprogrammet Geosuite Stability. Beräkningarna har utförts med cirkulärcylindriska glidytor med odränerad (c) och kombinerad analys (komb). Beräkningarna är utförda med totalsäkerhetsanalys. Den utförda undersökningen bedöms uppfylla fördjupad nivå enligt IEG R4:2010.

Erforderliga säkerhetsfaktorer enligt IEG R4:2010 framgår av Tabell 2.

Tabell 2. Erforderliga säkerhetsfaktorer enligt IEG R4:2010

Utredningsnivå	F_c	F_{komb}
Fördjupad utredning, befintlig bebyggelse	$\geq 1,4 - 1,3$	$\geq 1,3 - 1,2$
Fördjupad utredning, nyexploatering	$\geq 1,5 - 1,4$	$\geq 1,4 - 1,3$

För att välja erforderliga säkerhetsfaktorer har en värdering gjorts utifrån en sammanställning av gynnsamma och ogynnsamma förhållanden enligt tabell 4.1a-4.1i IEG Rapport 4:2010. Sammanställningen redovisas i bilaga 6. Eftersom kvicklera påträffats väljs erforderlig säkerhetsfaktor i den övre delen av intervallet. Valda erforderliga säkerhetsfaktorer redovisas i Tabell 3. Eftersom ny detaljplan ska gälla för hela området, så bedöms kraven för nyexploatering behöva uppfyllas för samtliga sektioner.

Tabell 3. Valda erforderliga säkerhetsfaktorer

Utredningsnivå	F_c	F_{komb}
Fördjupad utredning, befintlig bebyggelse	$> 1,35$	$> 1,25$
Fördjupad utredning, nyexploatering	$> 1,45$	$> 1,35$

Rev

7.2. Valda parametrar

7.2.1. Skjuvhållfasthet

Valda skjuvhållfastheter redovisas i bilaga 3. Eftersom skjuvhållfastheten varierar över området har olika val gjorts inom olika delar.

För att kunna ta hänsyn till att hållfastheten i leran är riktningsberoende så har triaxial-försök utförts i punkt 207, se bilaga 3:5. Anisotropifaktorn för aktiv skjuvning har valts till ca 1,6 och faktorn för passiv skjuvning har valts till 0,8. Lerans anisotropa egenskaper har bedömts gälla för hela undersökningsområdet.

Friktionsvinkeln har med ledning av erfarenhetsvärden valts till 32 grader i friktionsjorden och 30 grader i leran.

7.2.2. Portryck och ytvatten

Vid beräkningarna har högsta uppmätta portryck ansatts, förutom i sektion E, där en högre övre grundvattennivå valts. Mätningarna i punkt 103, i sektion A, har pågått under lång period och högsta uppmätta värden ligger nära markytan, även vid släntröten mot ån. Mätningar i punkt 101 och 108 har utförts under höst/vinter när portrycken bedöms vara som högst under året. I punkt 207 i sektion E har mätningen utförts under sommartid, då grundvattnet förväntas stå lägre än på hösten/vintern. För beräkningarna i sektion E har därför den övre grundvattenytan lagts ca 1 m högre än högsta uppmätta värden. Även en känslighetsanalys av förhöjda portryck i lerans underkant har utförts i sektion A för att bedöma släntens känslighet mot ökade portryck.

Karaktäristiska värden på flöde och vattennivåer i Frändeforsån är inte kända. Vid inmätning av sektioner utfördes även en inmätning av vattennivån. Vid mättillfället var nivån +57,24. I beräkningsmodellen har vattenytan valts 1 m under uppmätt nivå, dvs +56,24.

Kombinationen av högsta uppmätta värden på portrycket och låga vattennivåer i ån bedöms vara ett val på säker sida.

7.2.3. Laster

Under nuvarande förhållanden är markytorna generellt obelastade runt släntröten förutom vid befintlig bebyggelse. Beräkningarna har utförts med tillkommande utbredda laster på markytan på 20 och 50 kPa. Lasterna är placerade så att tillfredsställande stabilitet ska uppnås.

I sektion E påverkas beräkningarna av byggnadslasten från befintligt reningsverk. Byggnadslastens storlek har översiktligt utretts av PE för projektet. Lasterna bedöms variera mellan ca 20 och ca 60 kPa inom byggnaden. Grundläggningsdjupet varierar mellan ca 0,5 och 3 meter under markytan och när hänsyn tas till den kompensation som bortschaktat material ger, så bedöms nettolasten från byggnaden variera mellan ca 10 och 13 kPa. Kompensationseffekten har räknats konservativt för att hantera viss osäkerhet i de antaganden som gjorts.

Vid den del där reningsverket ligger närmast ån, är schaktmassor upplagda mot byggnaden. Höjdskillnaden på schaktmassorna jämfört med omkringliggande ytor är upp till ca 1 m. I beräkningen har en last på 20 kPa medräknats för lasten från schaktmassorna. Enligt uppgift från beställaren planeras schaktmassorna att tas bort, vilket skulle förbättra släntstabiliteten.

7.3. Beräkningar befintliga förhållanden

Beräknade säkerhetsfaktorer för befintliga förhållanden redovisas i Tabell 4. Beräkningssektionerna redovisas i bilaga 7.

Tabell 4. Beräknade säkerhetsfaktorer, befintliga förhållanden

Sektion\Analys	F_c	F_{komb}
Sektion A, lokal glidyta vid ån	2,06	1,37
Sektion A, stor glidyta, last 50 kPa	1,46	1,42
Sektion B, lokal glidyta vid ån	1,89	1,36
Sektion B, stor glidyta, last 50 kPa	1,48	1,43
Sektion C, lokal glidyta vid kulvert	2,00	1,59
Sektion C, stor glidyta, last 20/50 kPa	1,50	1,41
Sektion D, lokal glidyta vid slänt, last 20/50 kPa	1,72	1,43
Sektion D, stor glidyta, last 20/50 kPa	1,57	1,48
Sektion E, 10/13/20 kPa last för befintlig byggnad/befintliga schaktmassor	1,58	1,40
Sektion E, last utanför byggnad 20/50 kPa	1,48	1,38

7.4. Beräkningar, känslighetsanalys förhöjt portryck

En känslighetsanalys av förhöjda portryck har utförts i sektion A, där portrycket i lerans underkant har ökats med 20 kPa. Ökningen är ca 3-4 gånger större än uppmätt variationsbredd i lerans nedre del, vilket innebär att känslighetsanalysen utförts med betydligt högre portryck än vad som kan förväntas utifrån utförda mätningar. Resultatet från känslighetsanalysen ska därför inte bedömas på samma sätt som övriga släntstabilitetsberäkningar, utan enbart tolkas som ett allmänt test av hur känslig slänten är för portrycksförändringar. I Tabell 5 redovisas beräkningsresultatet tillsammans med jämförelsevärdena från ordinarie beräkning. Beräkningssektionen redovisas i bilaga 8.

Tabell 5. Beräknade säkerhetsfaktorer, känslighetsanalys förhöjt portryck. Jämförelsevärden från den ordinarie beräkningen inom parentes.

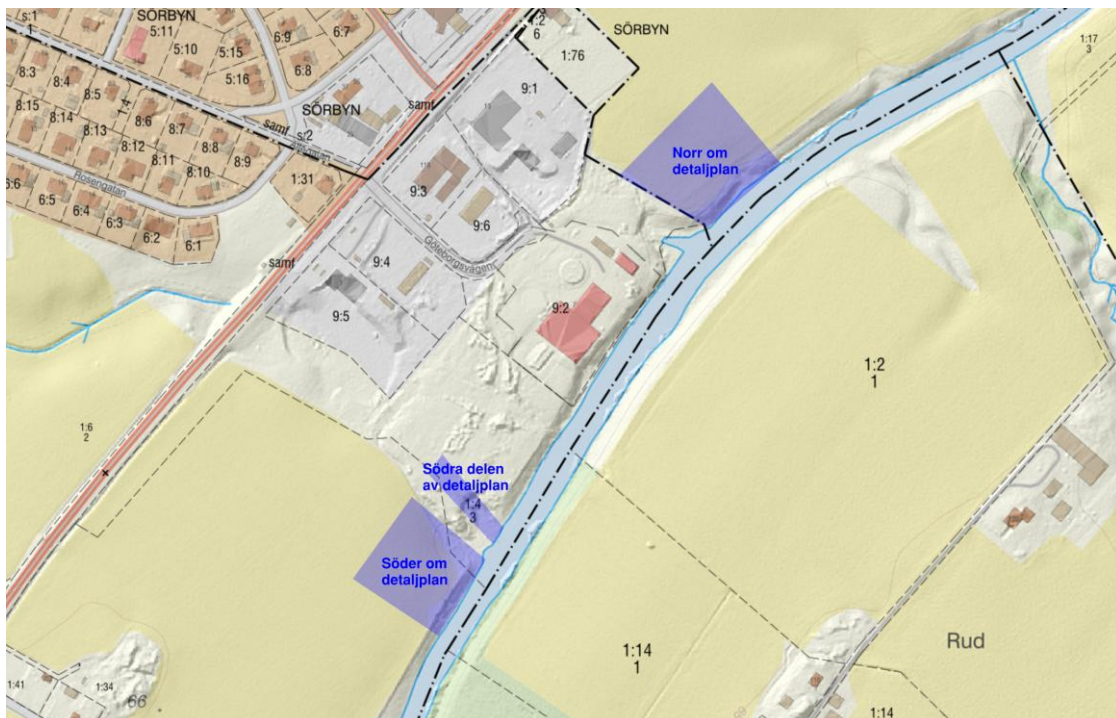
Sektion\Analys	F_c	F_{komb}
Sektion A, lokal glidyta vid ån	2,06 (2,06)	1,33 (1,37)
Sektion A, stor glidyta, last 30/50 kPa	1,46 (1,46)	1,39 (1,42)

7.5. Resultat

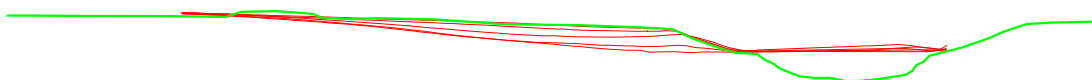
Släntstabiliteten bedöms under nuvarande förhållanden vara tillfredsställande i samtliga beräkningssektioner. Beräkningarna visar dock att slänterna är känsliga för tillkommande last på markytan vid släntkrön. I bilaga 9 redovisas en plan med de belastningsbegränsningar som krävs för att släntstabiliteten ska kunna anses vara tillfredsställande.

Eftersom beräknade säkerhetsfaktorer uppnår kraven för tillfredsställande stabilitet, bedöms det inte finnas risk för bakåtgripande skred även om de kritiska glidytorerna når lerlager som utgörs av kvicklera med hög sensitivitet. För att bedöma om slänter utanför detaljplaneområdet skulle kunna orsaka bakåtgripande skred som påverkar detaljplaneområdet, så har en analys av släntgeometrier utförts söder och norr om detaljplanen, se Figur 1, Figur 2 och Figur 3. Slänternas geometrier har hämtats från lantmäteriets laserskanning och sektioner har genererats med 10 m intervall. Analysen visar att geometrierna söder och norr om detaljplaneområdet generellt är mer gynnsamma eller likvärdiga släntgeometrin i beräknade sektioner. Det bedöms därför under nuvarande förhållanden inte finnas risk för bakåtgripande skred utanför detaljplanen som skulle kunna påverka planområdet.

Rev

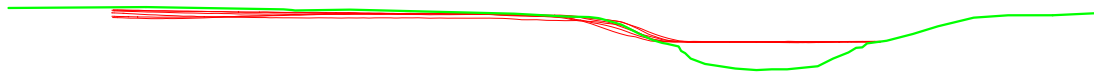


Figur 1, Kartutdrag med markering av områden som analyserats med hänsyn till släntgeometri.



Figur 2, Släntgeometrier söder om detaljplaneområdet (röda linjer) jämfört med geometrin för sektion A (grön linje). Observera att laserdata inte innehåller mätpunkter för bottengeometrin i ån.

Rev



Figur 3, Släntgeometrier norr om detaljplaneområdet (röda linjer) jämfört med geometrin för sektion E (grön linje). Observera att laserdatan inte innehåller mätpunkter för bottengeometrin i ån.

I detaljplaneområdets södra del avviker släntens geometri mot beräknade sektioner, se markerat område i Figur 1. Huvuddelen av slänten ligger längre från Frändeforsån jämfört med beräkningssektionerna, med ett flackt parti i anslutning till ån. I slänten släpps vatten ut från en trumma, se Figur 5. Geometrin för slänten bedöms släntstabilitetsmässigt vara mer gynnsam än geometrin i beräknade sektioner, se exempel på slänternas geometrier i Figur 4.



Figur 4, Exempel på släntgeometri för södra delen av detaljplaneområdet (röd linje) jämfört med geometrin för sektion A (grön linje).



Figur 5, Trumma vid släntfot i detaljplaneområdets södra del

Känslighetsanalysen visar att en kraftig höjning av portryck i lerans underkant enbart har mycket begränsad påverkan på släntstabiliteten. Beräknade säkerhetsfaktorer för den lokala glidyten vid ån hamnar dock i kombinerad analys precis under gränsen för tillfredsställande stabilitet vid nyexploatering. Eftersom den valda portrycksökningen på 20 kPa är betydligt högre än förväntade portrycksvariationer, så påverkar resultatet inte ovanstående bedömning; att

Rev

släntstabiliteten bedöms vara tillfredsställande i samtliga beräkningssektioner under nuvarande förhållanden.

7.6. Erosion

Vid fältbesök noterades kraftig vegetation runt Frändeforsån, se foton i bilaga 10. Undervattensslänten har inte kunnat inspekteras, men på grund av den kraftiga växtligheten längs å-fåran, bedöms erosionen i ån vara starkt begränsad. Ytterligare erosionsskyddande åtgärder bedöms inte krävas.

Under fältbesöket noterades dock erosionsskador vid det sydöstra hörnet av befintligt reningsverk, se figur 6 i bilaga 10. Skadorna beror på utsläpp från takavvattningen. Erosionsskadorna behöver åtgärdas så att inte erosionen fortsätter och över tid försämrar stabiliteten i slänten nedanför.

8. Grundläggning och sättningar

För detaljplanen ges inga detaljerade grundläggningsrekommendationer. Med ledning av resultaten från undersökningarna kan grundläggningen av nya byggnader inom detaljplanen komma att behöva utföras med kompensation eller pålning. Lämplig grundläggning får studeras mer i detalj i samband med projekteringen av enskilda byggnader.

Lerans konsolideringsförhållanden har undersökts i undersökningspunkt 101, 103, 108 och 207, se bilaga 4. Generellt visar konsolideringsdiagrammen är leran vid befintlig anläggning och vid det södra delområdet är överkonsoliderad för uppmätta portryck, vilket innebär att leran bedöms klara viss ytterligare belastning utan risk för långtidssättningar. I det norra delområdet vid sektion C är leran normalkonsoliderad enligt undersökningarna i punkt 108, vilket innebär att leran inte kan belastas ytterligare utan risk för sättningar. Troligtvis är det norra delområdet delvis utfyllt och det kan inte uteslutas att det kan pågå sättningar för befintlig last inom utfyllda partier.

Observera att belastningsbegränsningar för släntstabiliteten inte medger tillkommande belastningar på befintlig markyta vid släntröner, se bilaga 9.

9. Schaktning

För temporära schakter som står öppna 1-2 dygn, bedöms släntlutning 2:1 erfordras vid ett max schaktdjup på 2 m. För schakter som står öppna en längre tid bedöms en släntlutning på 1:1 erfordras vid ett max schaktdjup på 1,7 m. Vid djupare schakter får en bedömning göras från fall till fall.

Vid schakt under grundvattennivån, i samband med nederbörd eller vid riklig vattentillrinning kan flackare släntlutning och/eller erosionsskydd erfordras.

Vid schaktningsarbeten bör speciellt beaktas att jorden delvis är mycket flytbenägen. Om arbetena utförs vid kall väderlek bör schaktbotten tjälskyddas.

10. Infiltration

För att inte minska grundvattenbildningen, erhålla viss rening av dagvattnet, inte påverka omkringliggande vegetation m.m., bör infiltration övervägas. Förutsättningarna för en effektiv infiltration bedöms som relativt goda eftersom friktionsjord påträffats i de ytliga jordlagren.

11. Bergras och blocknedfall

Berg har inte påträffats inom detaljplanen och risk för bergras eller blocknedfall som kan påverka detaljplaneområdet bedöms därför inte föreligga.

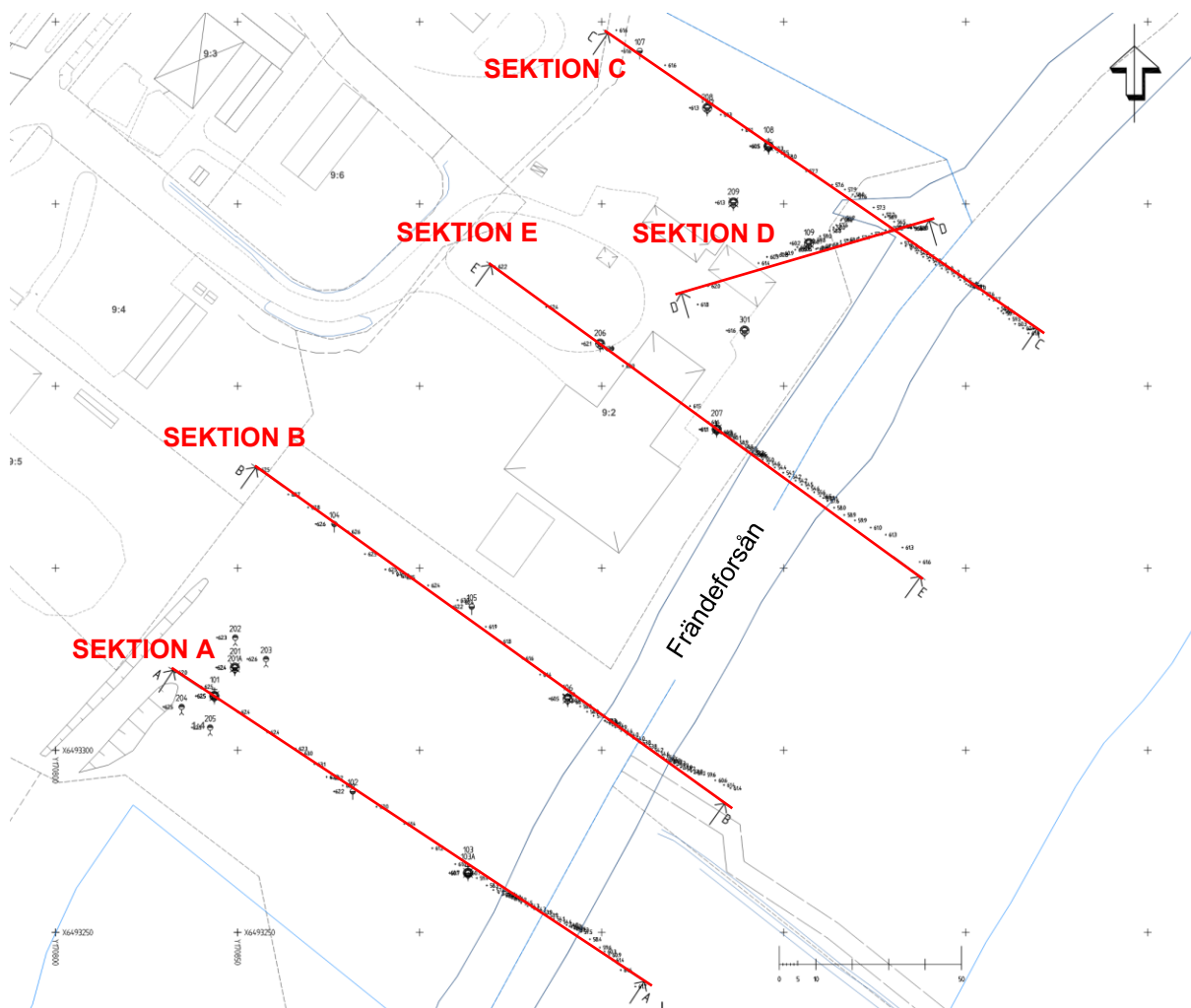
12. Markradon

Radonmätningar har inte utförts inom detta uppdrag. Flygmätningar av gammastrålning indikerar att låg- till normalradonmark kan förväntas. Mätningar rekommenderas inför byggnation.

Observera att exempelvis bergkross eller grus som tillförs området kan påverka bedömningen av risk för markradon, vilket kan leda till förändrade krav på radonskydd.



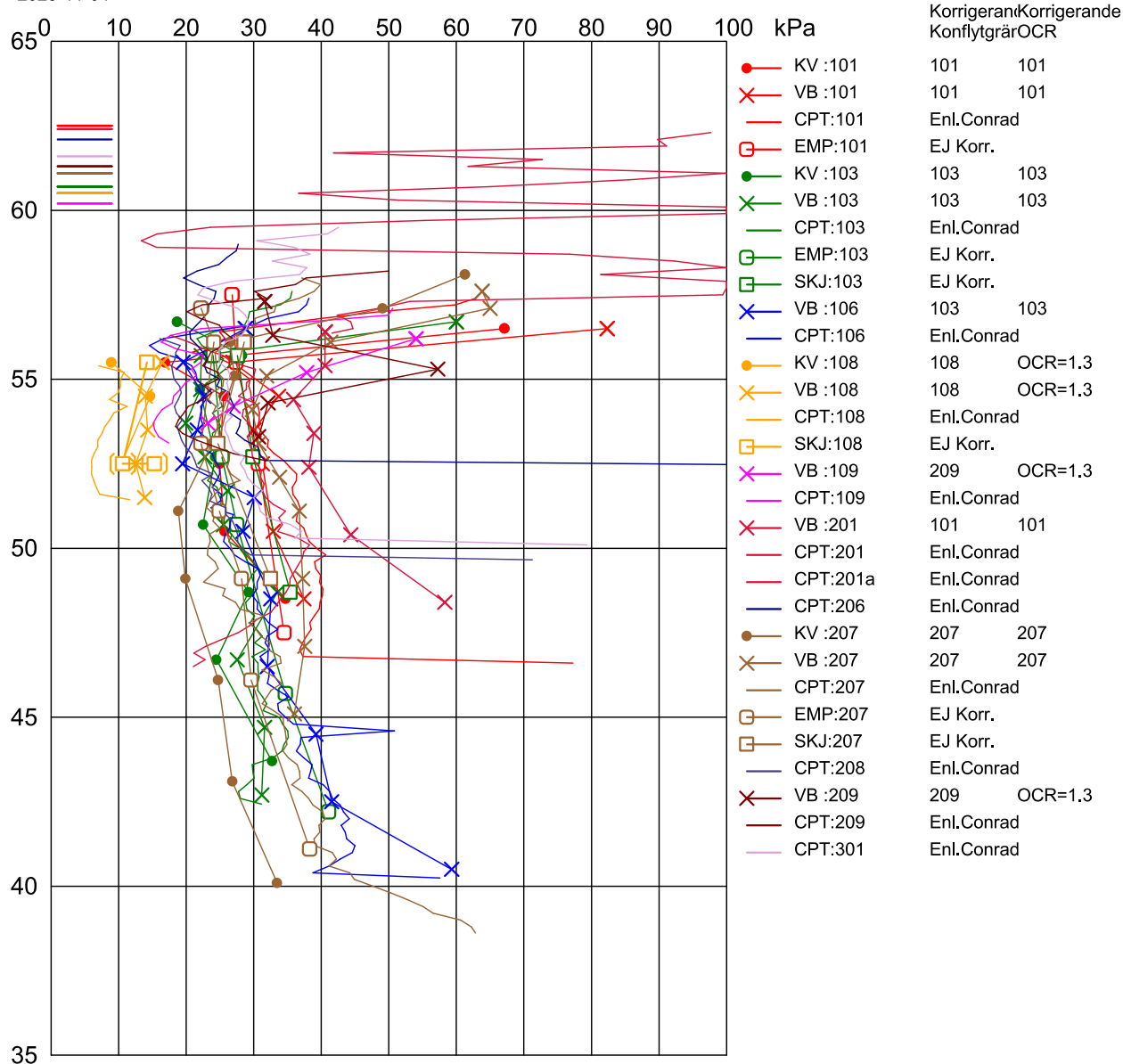
Figur 1, Kartutdrag med planerad detaljplanegräns



Figur 1, Plan med beräkningssektioner, ej i skala

Brålanda reningsverk
24064
Korrigerat för WL
Korrigerat för OCR

Utvärderat av David Palmquist
2025-11-04

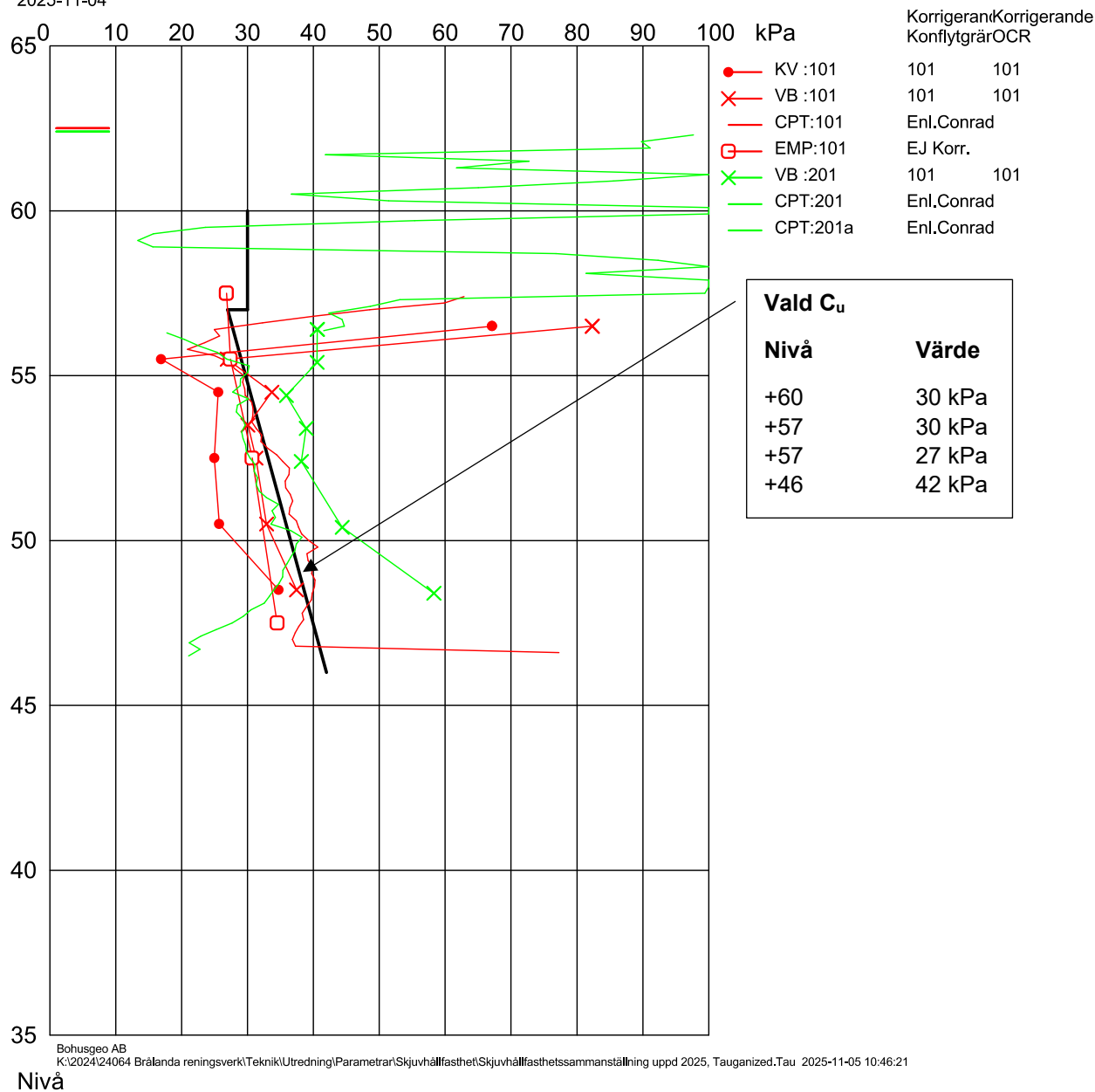


Bohusgeo AB
K:\2024\24064 Brålanda reningsverk\Teknik\Utredning\Parametrar\Skjuvhållfasthet\Skjuvhållfasthetssammanställning uppd 2025, Tauganized.Tau 2025-11-04 13:34:19
Nivå

Figur 1, Skjuvhållfasthetssammanställning, samtliga undersökningspunkter

Brålanda reningsverk
24064
Korrigerat för WL
Korrigerat för OCR

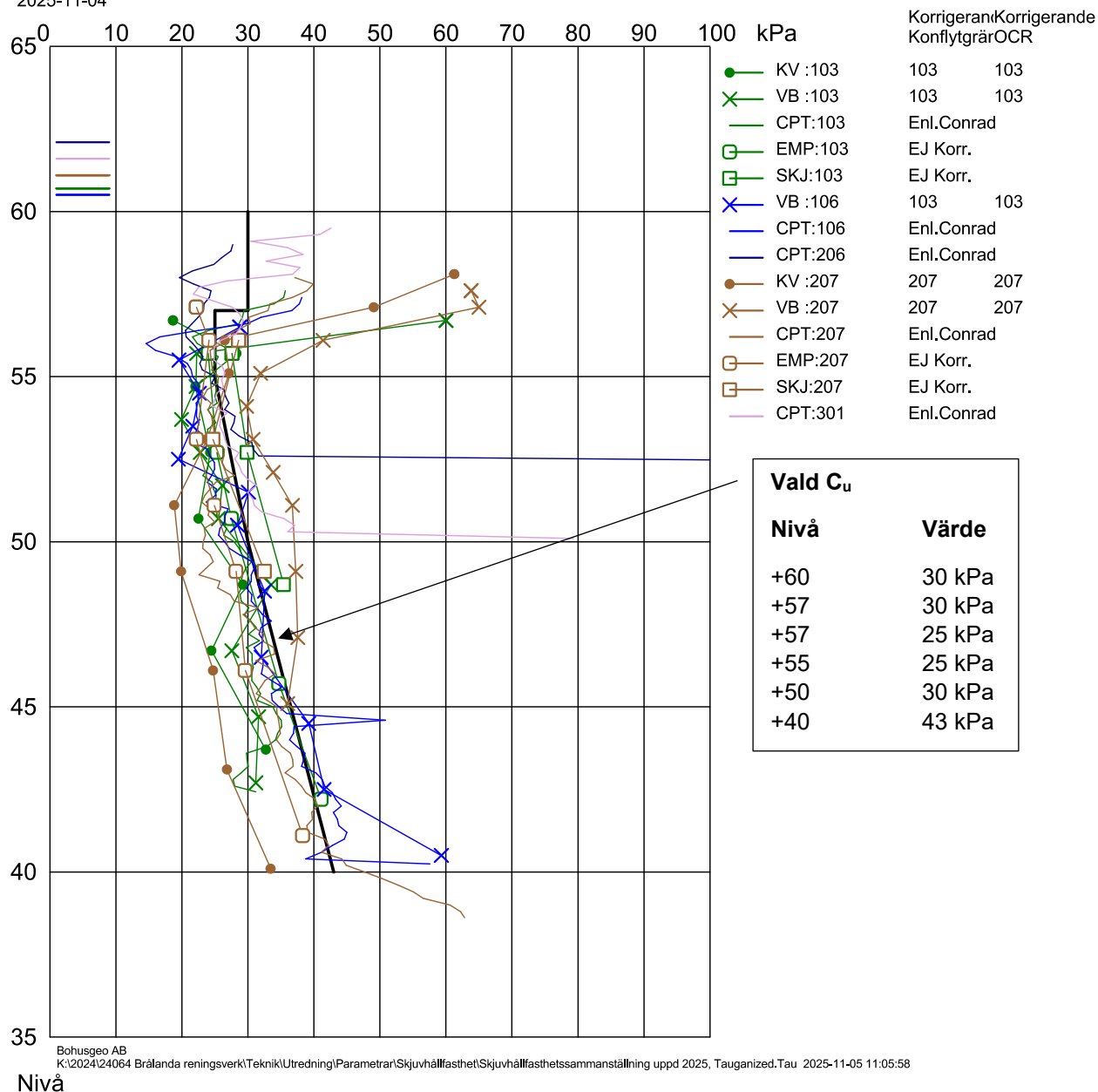
Utvärderat av David Palmquist
2025-11-04



Figur 2, Sjuvhållfasthetssammanställning med valda värden, västra delen av sektion A och B

Brålanda reningsverk
24064
Korrigerat för WL
Korrigerat för OCR

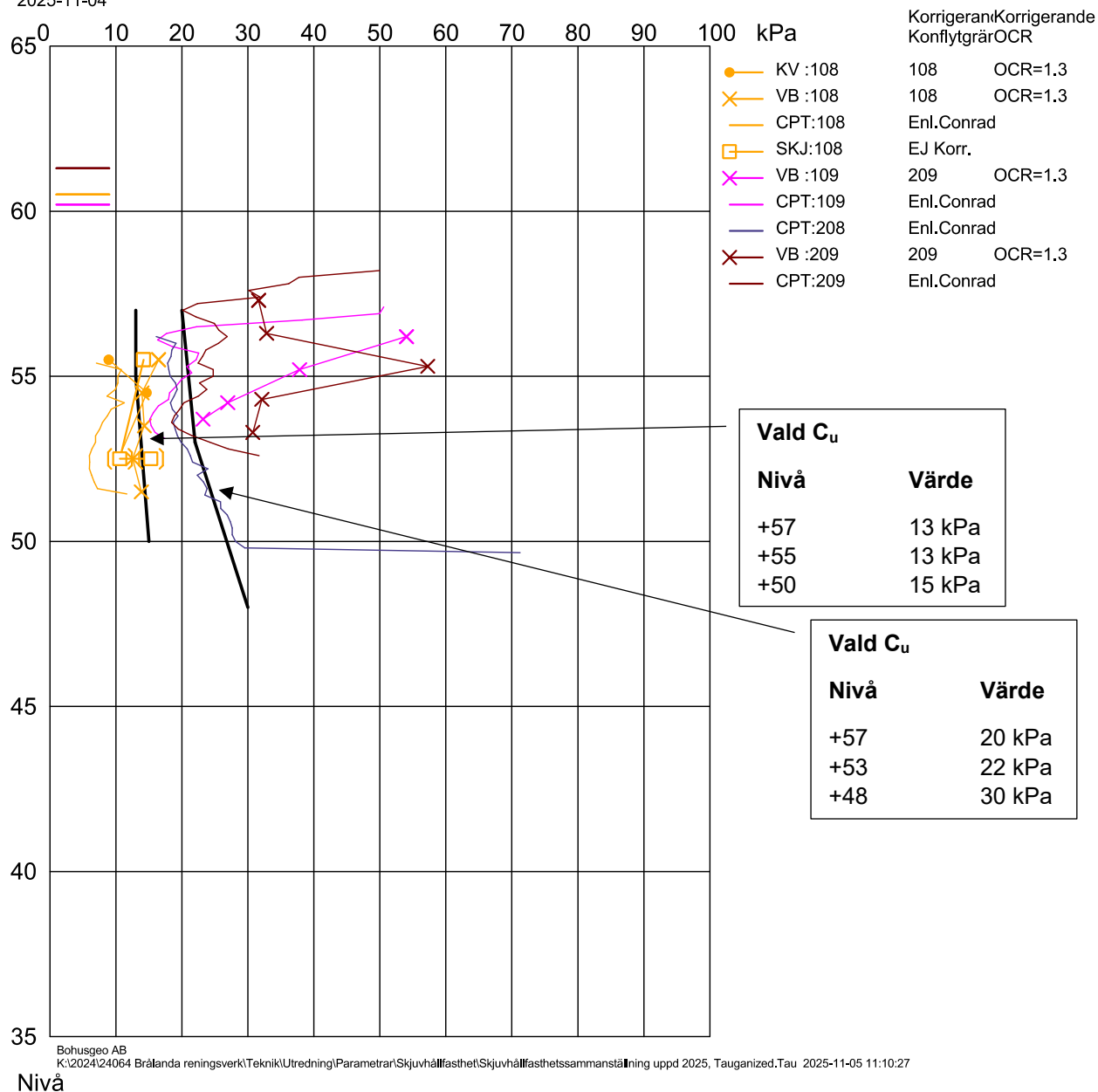
Utvärderat av David Palmquist
2025-11-04



Figur 3, Skjuvhållfasthetssammanställning med valda värden, östra delen vid ån i sektion A, B samt E

Brålanda reningsverk
24064
Korrigerat för WL
Korrigerat för OCR

Utvärderat av David Palmquist
2025-11-04



Figur 4, Skjuvhållfasthetssammanställning med valda värden, sektion C och D

Brålanda reningsverk

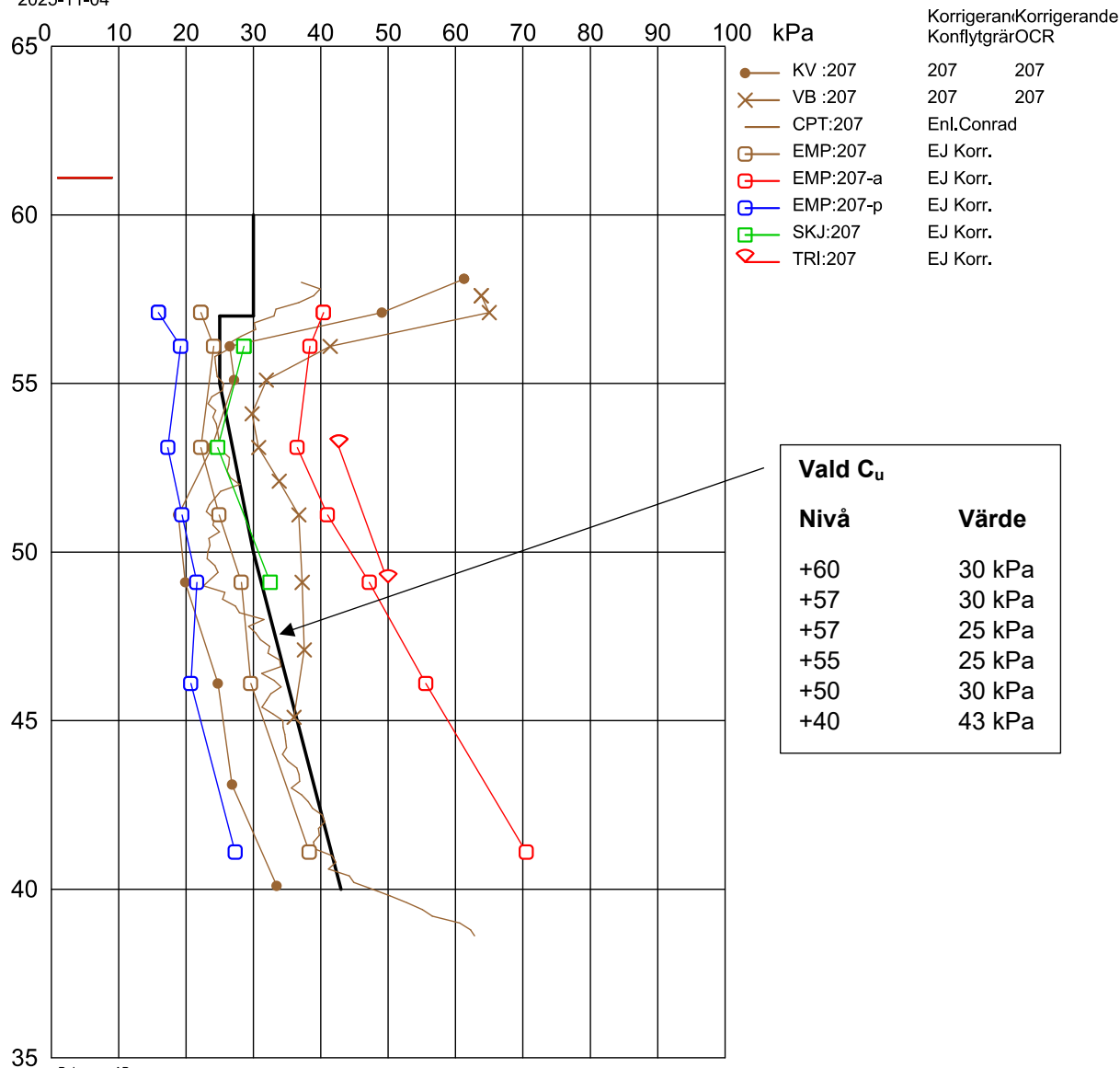
24064

Korrigerat för WL

Korrigerat för OCR

Utvärderat av David Palmquist

2025-11-04



Nivå

Figur 5, Skjuvhållfasthetssammanställning för aktiv, passiv och direkt skjuvning med val för punkt 207

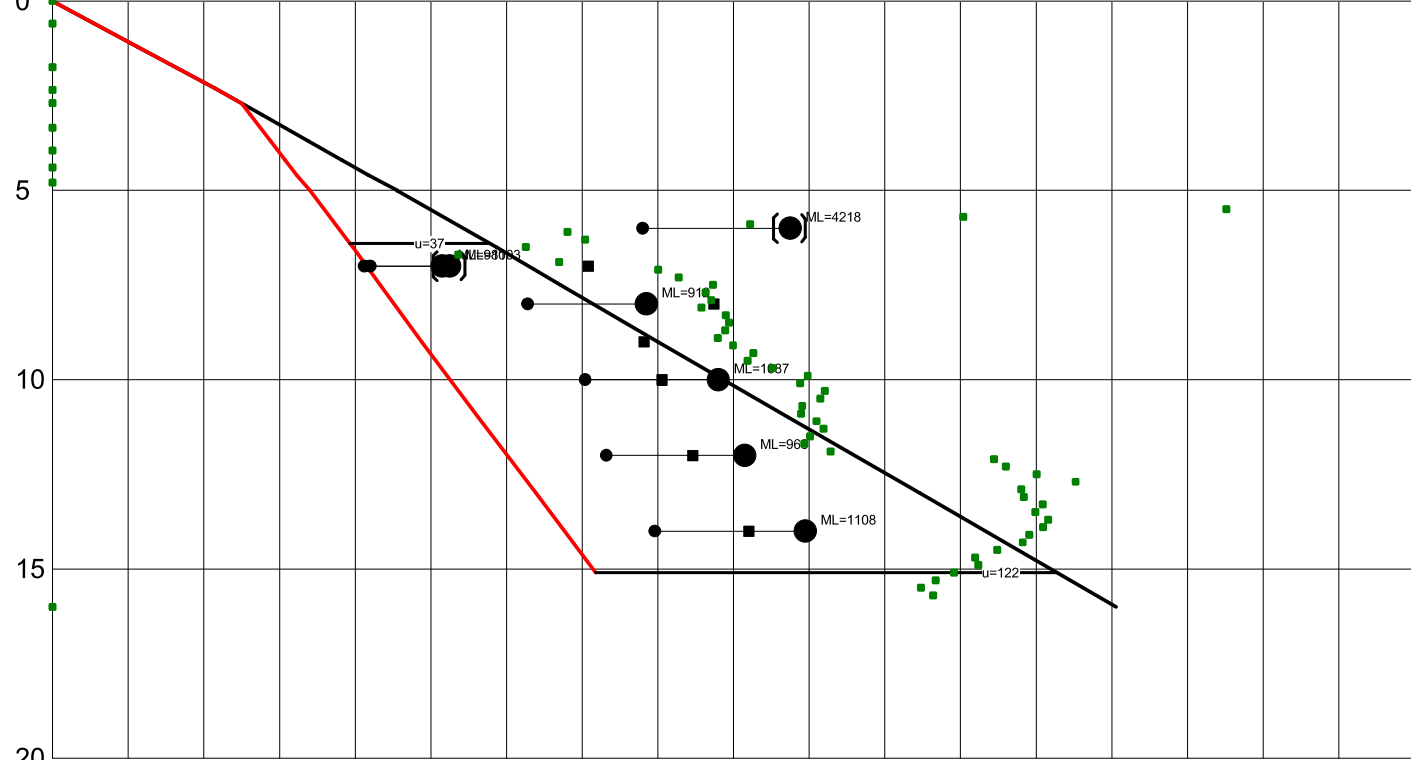
101, MY= 62.5

Uppdragsnumm

Porvattnets densitet är 1.015 t/m³

Empiri: SGI, Information 3. direkt sk

0 0 20 40 60 80



K:\2024\24064 Brålanda reningsverk\Teknik\Utredning\Parametrar\Konsolidering\Punkt 101.Dia 2025-01-24 18:10:17

Djup (m)

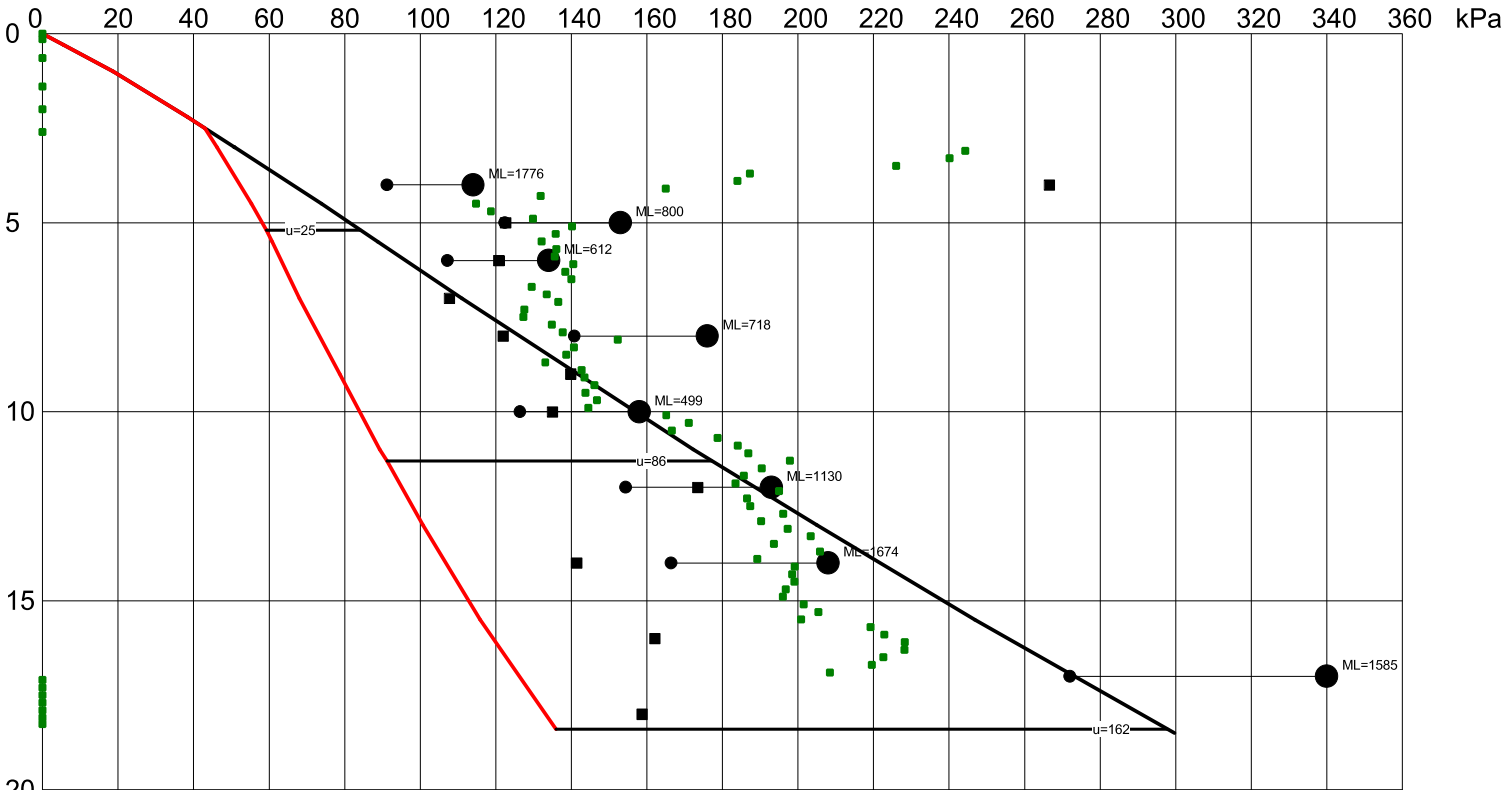
Figur 1, Konsolideringsförhållanden i undersökningsspunkt 101

Förklaring

- Totalspänning
- Effektivspänning, uppmätt porttrycksfördelning
- Effektivspänning, hydrostatisk porttrycksfördelning
- Förkonsolideringstryck (σ'_c) enligt CRS
- 80 % av σ'_c enligt CRS ("krypgräns")
- Förkonsolideringstryck (σ'_c) empiri, CPT-sondering
- Förkonsolideringstryck (σ'_c) empiri, vingförsök

Brålanda reningsverk
103, MY= 60.7
Uppdragsnummer: 24064
Porvattnets densitet är 1.015 t/m3

Vid beräkning av spänningarna har hänsyn tagits till YTLASTER
Empiri: SGI, Information 3, direkt skjuvning

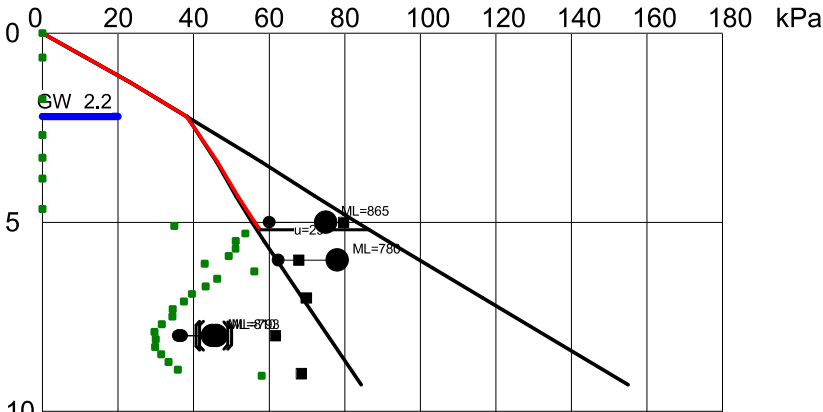


Djup (m)

Figur 2, Konsolideringsförhållanden i undersökningspunkt 103

Brålanda reningsverk
108, MY= 60.5
Uppdragsnummer: 24064
Porvattnets densitet är 1.015 t/m3

Vid beräkning av spänningarna har hänsyn tagits till YTLASTER
Empiri: SGI, Information 3, direkt skjuvning

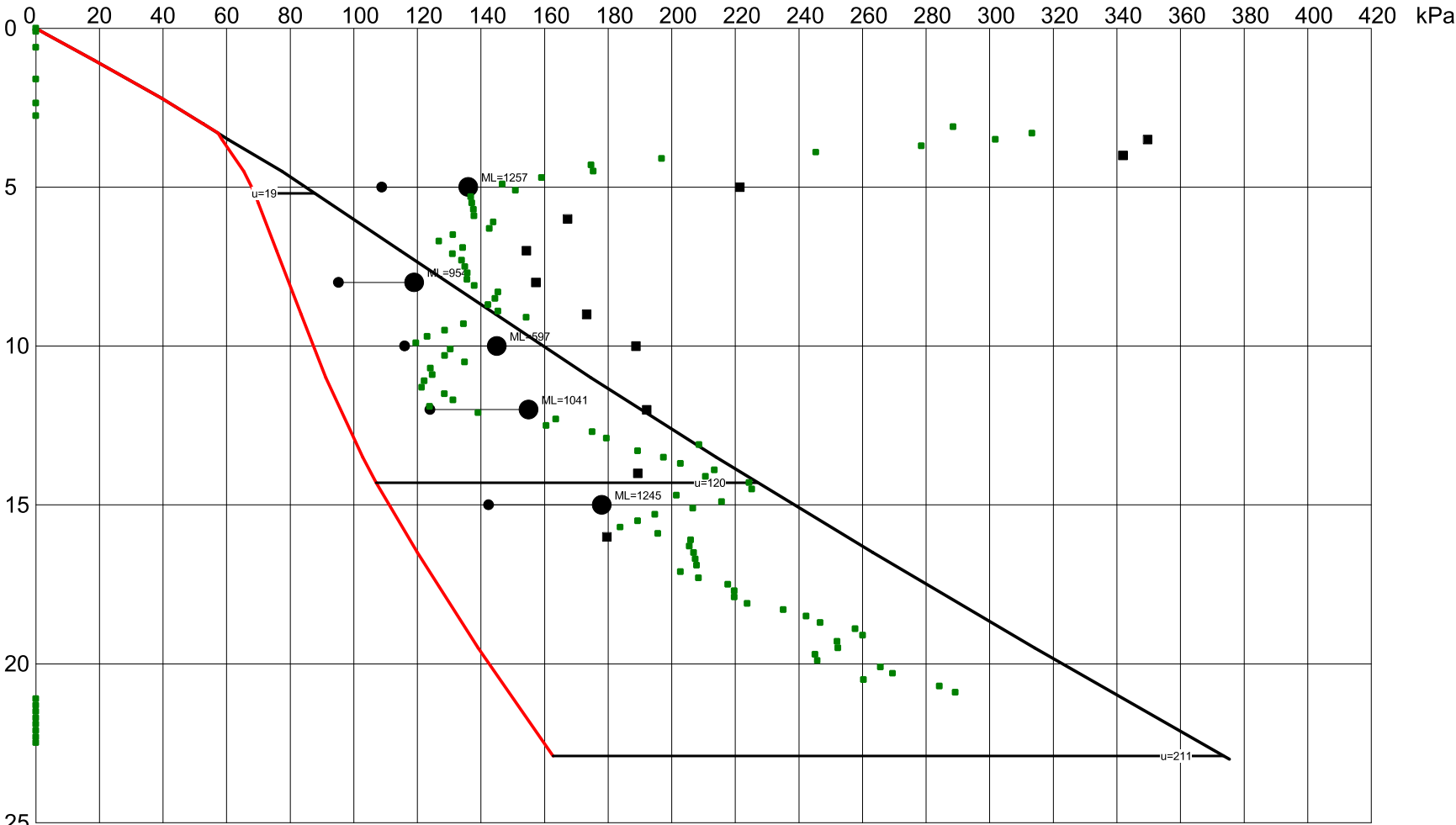


Djup (m)

Figur 3, Konsolideringsförhållanden i undersökningspunkt 108

Brålanda reningsverk
207, MY= 61.1
Uppdragsnummer: 24064
Porvattnets densitet är 1.015 t/m3

Vid beräkning av spänningarna har hänsyn tagits till YTLASTER
Empiri: SGI, Information 3, direkt skjuvning



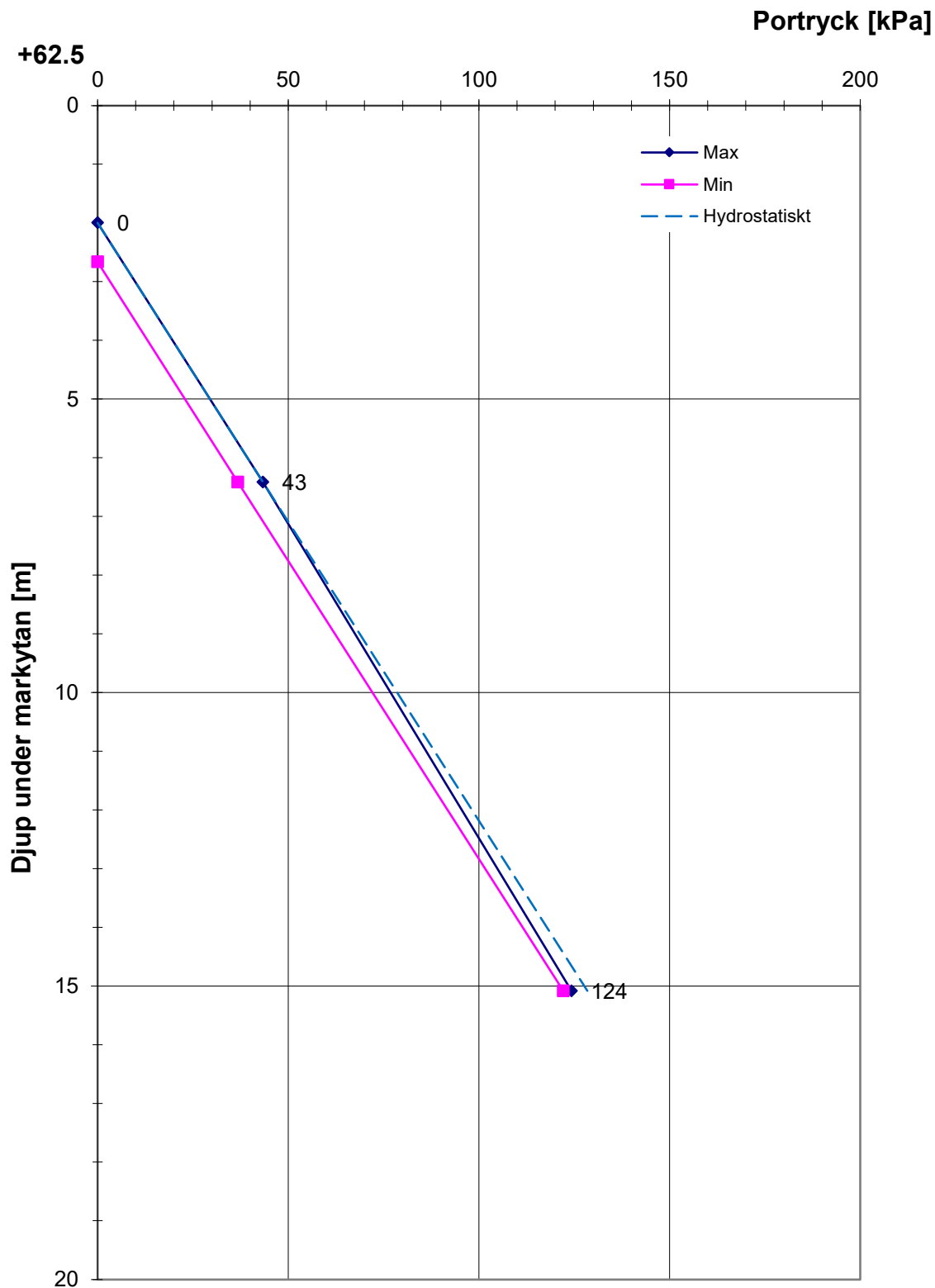
Bohusgeo AB, David Palmquist, KonsDia, ver 5.0
K:\2024\24064 Brålanda reningsverk\Teknik\Utredning\Parametrar\Konsolidering\Punkt 207.Dia 2025-11-04 13:39:20

Djup (m)

Figur 4, Konsolideringsförhållanden i undersökningspunkt 207

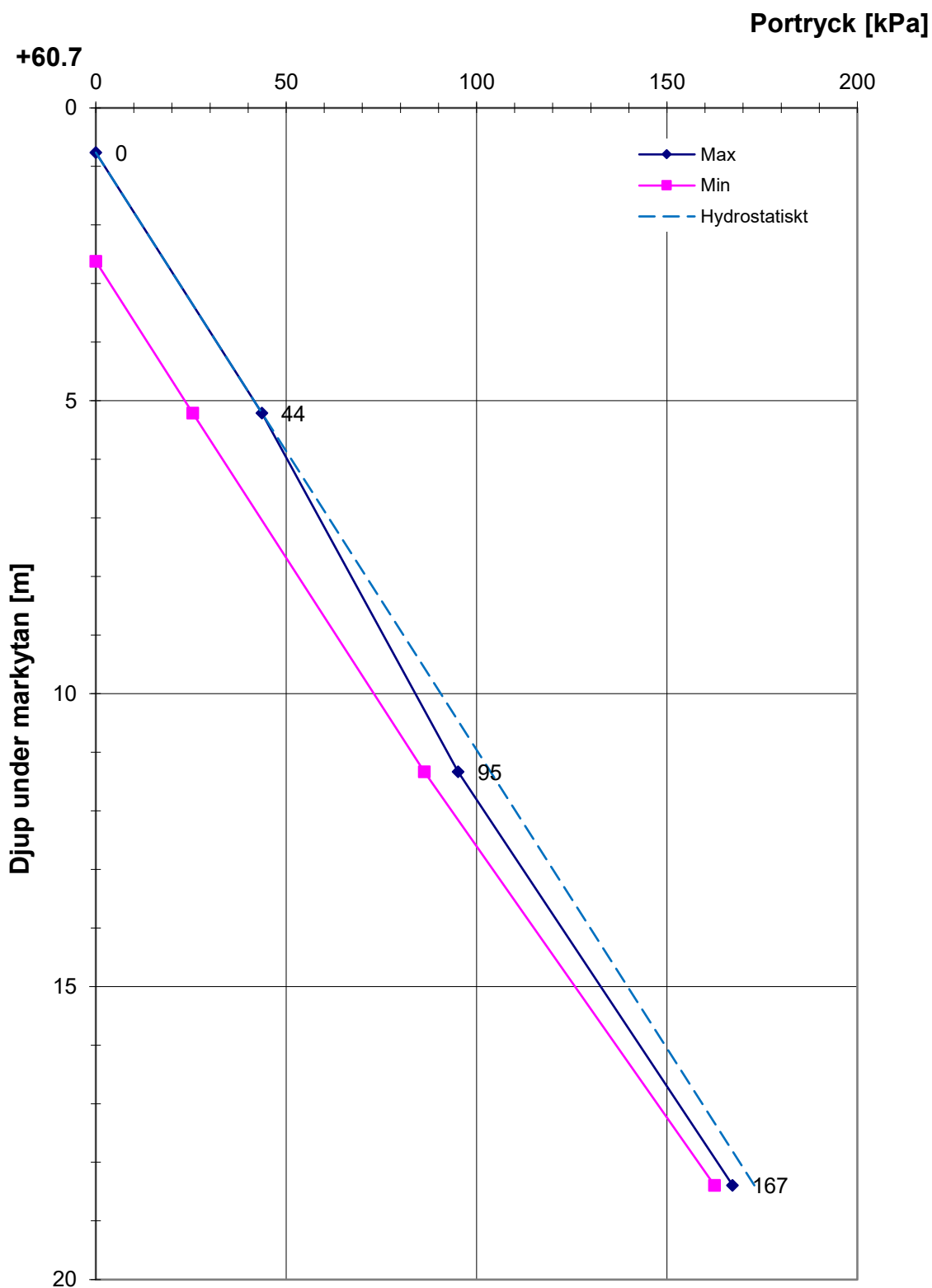
Uppmätta portryck

101



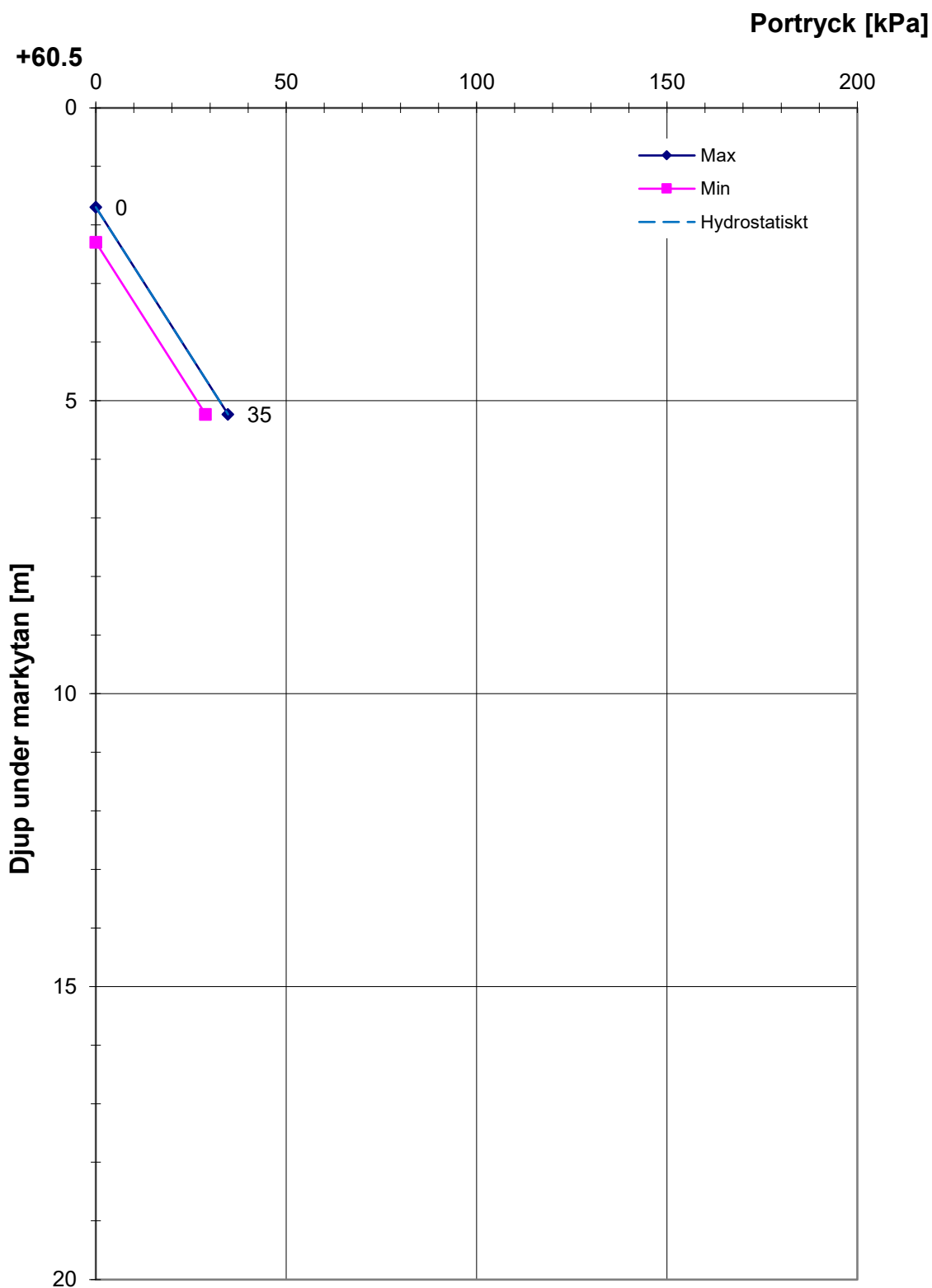
Uppmätta portryck

103

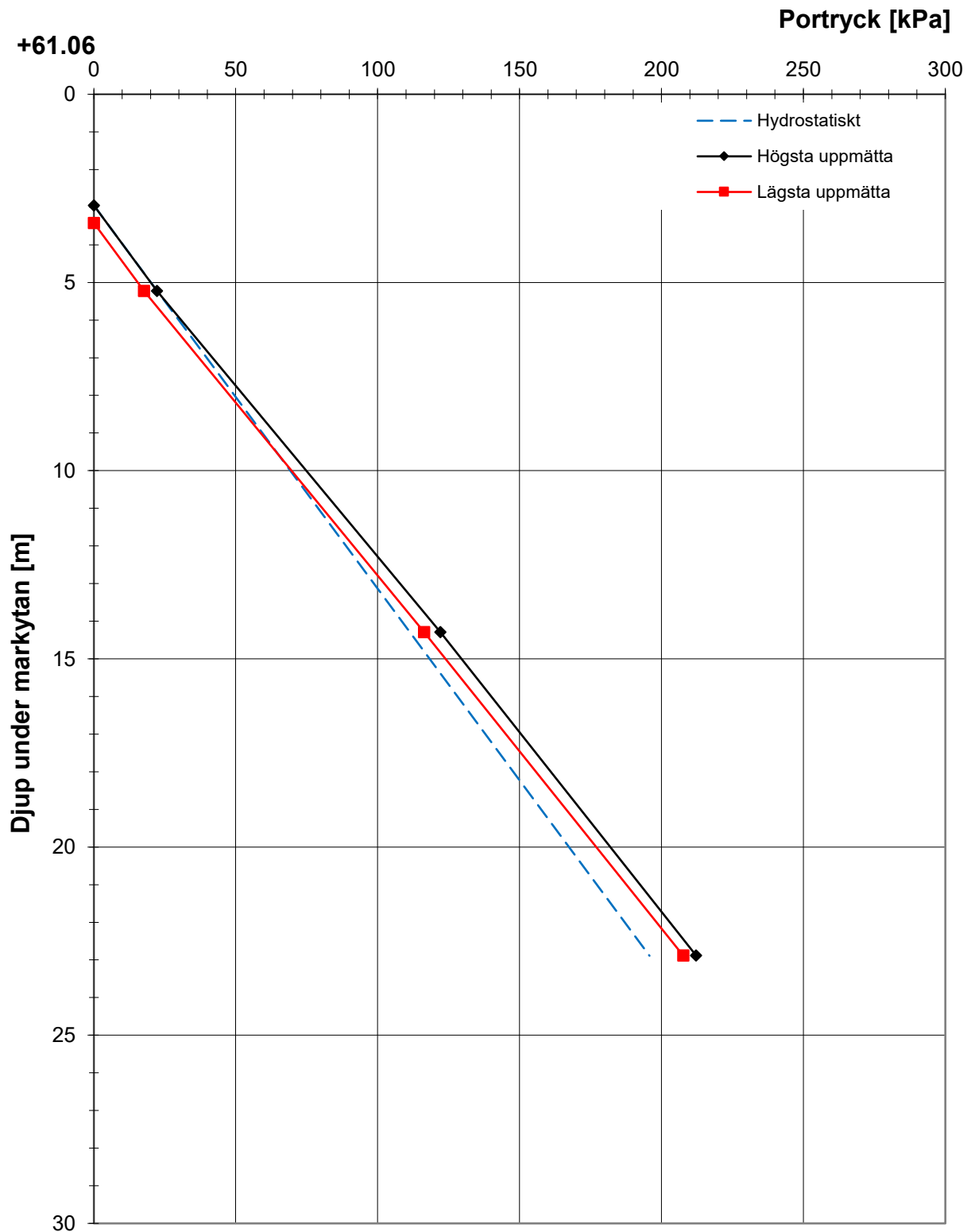


Uppmätta portryck

108



Portrycksprofiler 207



Gynnsamma förhållanden	1/0	Vikt	Ogynnsamma förhållanden	1/0	Vikt
Konsekvenser av skred					
Ingen risk för människoliv och skada			Risk för människoliv eller stor ekonomisk skada	1	1
Begränsad utbredning av skred			Risk för bakåtgripande skred	1	1
Ingen risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan			Risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan	1	1
Ej kvicklera			Kvickleraområde enligt kap 4.4.3	1	2
Släntens beständighet					
Inga tecken på rörelser i slänten	1	1	Observerade rörelser i slänten, sprickbildning mm		
Ingen risk för ytvatten- och/eller yterrosion	0.5	0.5	Risk för erosion/pågående ytvatten- och/eller yterrosion	0.5	0.5
Intakt gräs-, busk-, eller trädvegetation	1	1	Vegetationsfria eller avverkade områden alt. Lutande och/eller nedfallna träd		
Tidigare förändringar i slänten					
Utlagda fungerande erosionsskydd			Pågående erosion	1	1
Utförda stabilitetsförbättrande åtgärder			Ingrepp som försämrat stabiliteten	1	1
Belastningsminskningar			Belastningsökningar	1	1
Gynnsam reglering av vattendrag			Ogynnsam reglering av vattendrag		
Jordens egenskaper					
Friktionsjordar			Kohesionsjordar	1	1
Låg sensitivitet			Hög sensitivitet	1	2
Liten spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	1	2	Stor spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper		
Homogen jord	1	2	Skiktade jordar		
Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet					
Stort antal beräknade glidytor	1	0.9	Litet antal beräknade glidytor		
Känslighetsanalys utförd på valda parametrar	1	0.9	Ingen känslighetsanalys utförd på valda parametrar		
Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last, portryck och vattenstånd. Ringa sannolikhet för att vald kombination inträffas samtidigt	0.5	0.45	Vald kombination för last, portryck och vattenstånd motsvarar normaltillståndet för slänten	0.5	0.45
Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger endast ringa förändring på beräkningsresultatet	1	0.9	Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger betydelsefull förändring av beräkningsresultat		
Kritiska glidyten omfattar mycket stor jordvolym med ett stort antal hållfasthetsbestämningar och mindre glidytor har god beräkningsmässig säkerhet.	0.5	0.45	Kritiska glidyten omfattar mindre jordvolym med ett fåtal hållfasthetsbestämningar.	0.5	0.45
Förhållandena är enkla med små variationer i yta, jordlagerföljd eller hållfasthet	1	0.9	Förhållandena är komplicerade med stora variationer yta, jordlagerföljd eller hållfasthet.		
Glidytons läge i plan vald i farligaste delen ur stabilitetssynpunkt	1	0.9	Glidytons läge i plan representerar släntens genomsnittliga geometri		
2-dimensionell analys (som regel något på säkra sidan)	1	0.9	3-dimensionell analys (begränsad erfarenhet för stora slänter)		

Uppdragsnr: 24064

Datum: 2025-11-07

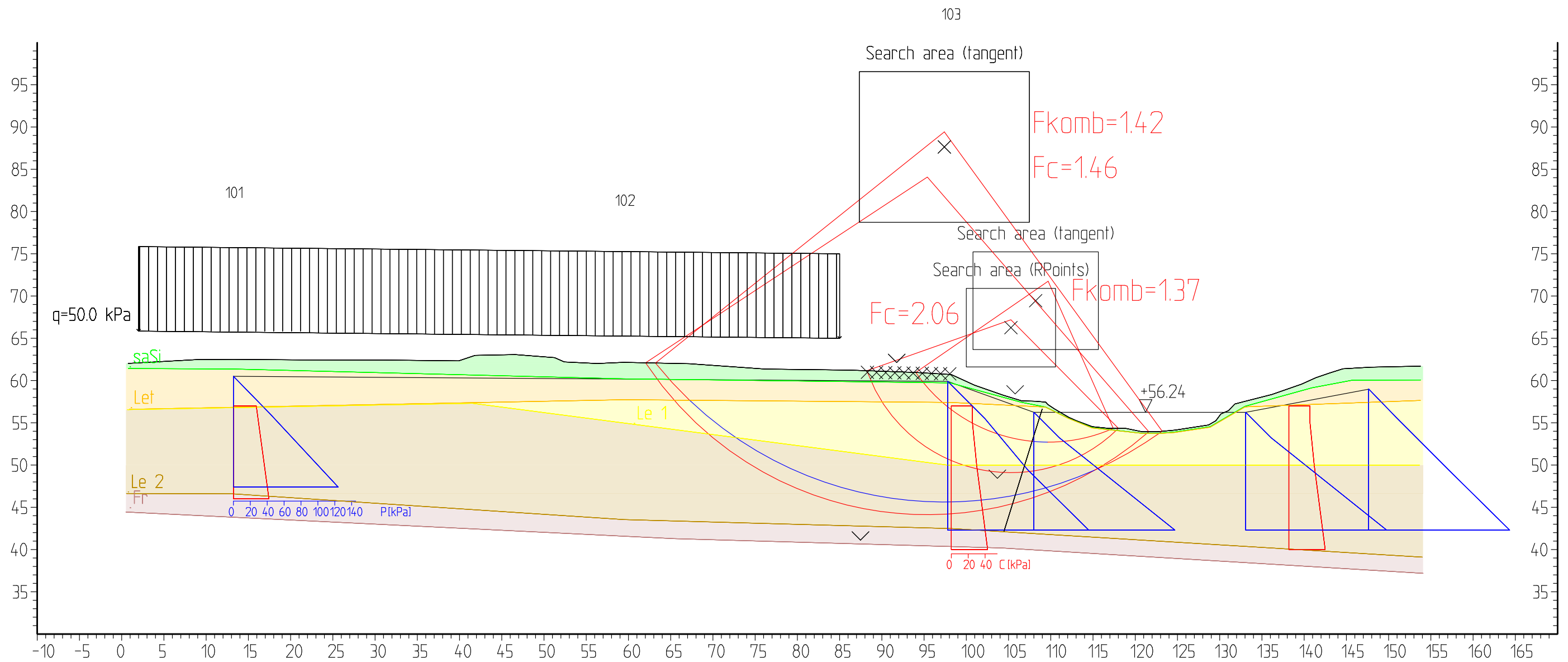
Fält- och laboratorieundersökningens innehåll och omfattning					
Tätt undersökt, dvs undersökningarna ger bra geotekniskt underlag av hela utredningsområdet	1	1	Glest undersökt vilket kräver antaganden som påverkar stabilitetsberäkningen		
CPT-sonderingar är utförda	1	1	Endast sonderingar typ Tr, Vim är utförda		
Stort antal undersökta prover i lab	1	1	Litet antal undersökta prover i lab		
Kompressionsförsök utförda	1	1	Kompressionsförsök saknas		
Direkta skjuvförsök är utförda	1	1	Direkta skjuvförsök saknas		
Triaxialförsök är utförda	1	1	Triaxialförsök saknas		
In situ-provning är utförda med vingförsök och/eller dilatometerförsök	1	1	Ingen eller ringa provning i fält		
Släntens geometri					
Välkänd geometri (bra grundkarta, utförda avvägningar, lodningar, etc)	1	1	Glest avvägt och/eller lodat		
Flack slänt			Brant slänt	1	1
Lokala branta partier finns ej i slänten			Lokala branta slänter finns i slänten	1	1
Grundvatten- och portrycksförhållanden					
Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena utförd	1	0.9	Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena ej utförd		
Långtidsobservationer finns	1	0.9	Långtidsobservationer saknas		
Begränsade förväntade tryckvariationer	1	0.9	Risk för stora tryckvariationer		
God kännedom om portrycksfördelning såväl med djupet som i slänten som helhet	1	0.9	Ringa kännedom om portrycksfördelningen i slänten		
Ytvattenförhållanden					
Karakteristiska vattenstånd är kända			Karakteristiska vattenstånd är okända	1	0.8
Små vattenståndsvariationer			Stora vattenståndsvariationer	1	0.8
Långsam förändring i vattenstånd			Hastiga förändringar i vattenstånd	1	0.8
Väldränerat och dikat område	1	0.8	Stor risk för lokala vattenansamlingar		
"Poäng"		25.2			16.8
Fördelning		60%			40%

Odränerad analys

Intervall för säkerhetsfaktor detaljerad utredning, bef. Bebygg	1.5	1.7
Viktad säkerhetsfaktor	1.58	
Intervall för säkerhetsfaktor fördjupad utredning, bef. Bebygg	1.3	1.4
Viktad säkerhetsfaktor	1.34	
Intervall för säkerhetsfaktor detaljerad utredning, nyexploatering	1.5	1.7
Viktad säkerhetsfaktor	1.58	
Intervall för säkerhetsfaktor fördjupad utredning, nyexploatering	1.4	1.5
Viktad säkerhetsfaktor	1.44	

Kombinerad analys

Intervall för säkerhetsfaktor detaljerad utredning, bef. Bebygg	1.3	1.5
Viktad säkerhetsfaktor	1.38	
Intervall för säkerhetsfaktor fördjupad utredning, bef. Bebygg	1.2	1.3
Viktad säkerhetsfaktor	1.24	
Intervall för säkerhetsfaktor detaljerad utredning, nyexploatering	1.4	1.5
Viktad säkerhetsfaktor	1.44	
Intervall för säkerhetsfaktor fördjupad utredning, nyexploatering	1.3	1.4
Viktad säkerhetsfaktor	1.34	



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
saSi	19.00	11.00	32.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00
Le1	18.00	8.00	30.0	3.0	30.0	1.60	1.00	0.80
Le 2	16.30	6.30	30.0	10% C-prof	1.60	1.00	0.80	
Fr	17.30	7.30	30.0	10% C-prof	1.60	1.00	0.80	
Fr	19.00	11.00	34.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00

k:\2024\24064 brålanda reningsverk\cad\autograf-geosuite\stabgraf.rit\sektion a 2025 - aniso.dwg

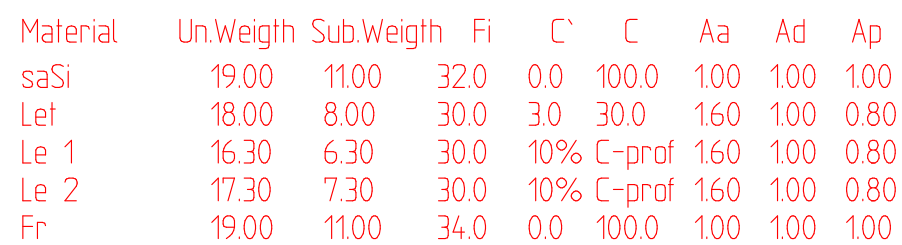
Brålanda reningsverk

Sektion A, Befintliga förhållanden
Totalsäkerhetsanalys

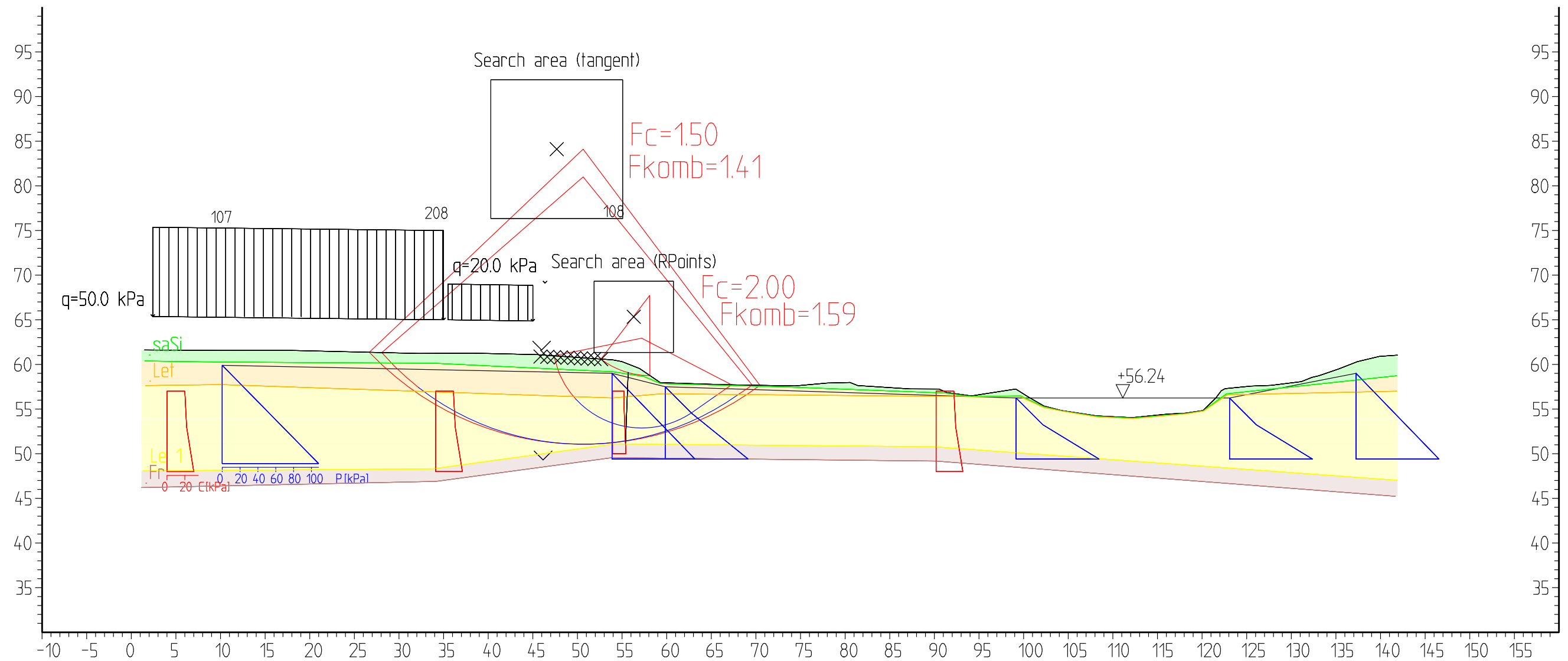
2025-11-04

DP

Uppdragsnr: 24064
Datum: 2025-11-07 rev 2026-03-13



k:\2024\24064 brålanda reningsverk\cad\autograf-geosuite\stabgraf.nit\sektion b 2025 - aniso.dwg



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
saSi	19.00	11.00	32.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00
Let	18.00	8.00	30.0	3.0	30.0	1.60	1.00	0.80
Le 1	17.30	7.30	30.0	10% C-prof		1.60	1.00	0.80
Fr	19.00	11.00	34.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00

k:\2024\24064 brålanda reningsverk\cad\autograf-geosuite\stabgraf.rit\sektion c 2025 - aniso.dwg

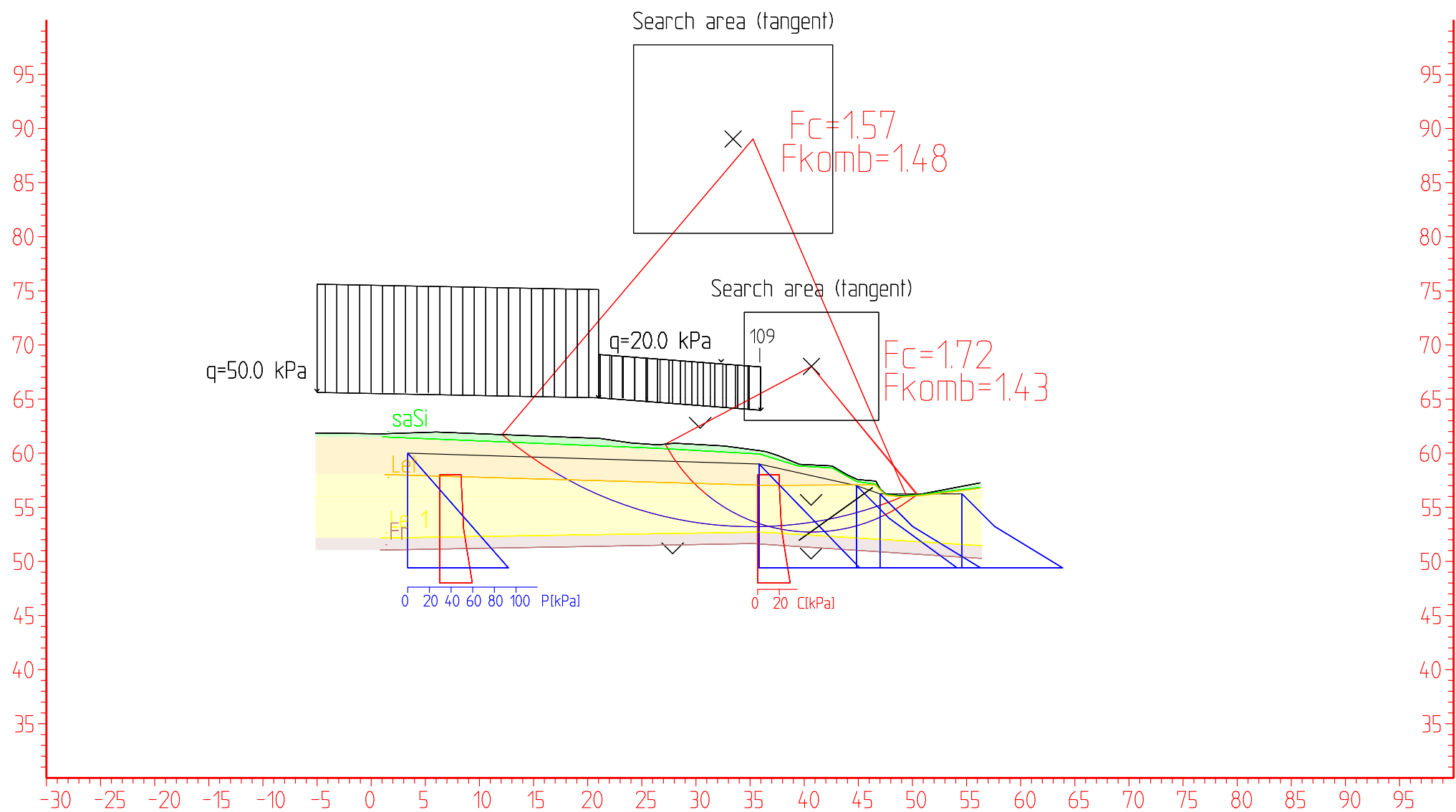
Brålanda reningsverk

Sektion C, Befintliga förhållanden
Totalsäkerhetsanalys

2025-11-04

DP

Uppdragsnr: 24064
Datum: 2025-11-07 rev 2026-03-13



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
saSi	19.00	11.00	32.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00
Le1	18.00	8.00	30.0	3.0	30.0	1.60	1.00	0.80
Le 1	17.30	7.30	30.0	10%	C-prof	1.60	1.00	0.80
Fr	19.00	11.00	34.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00

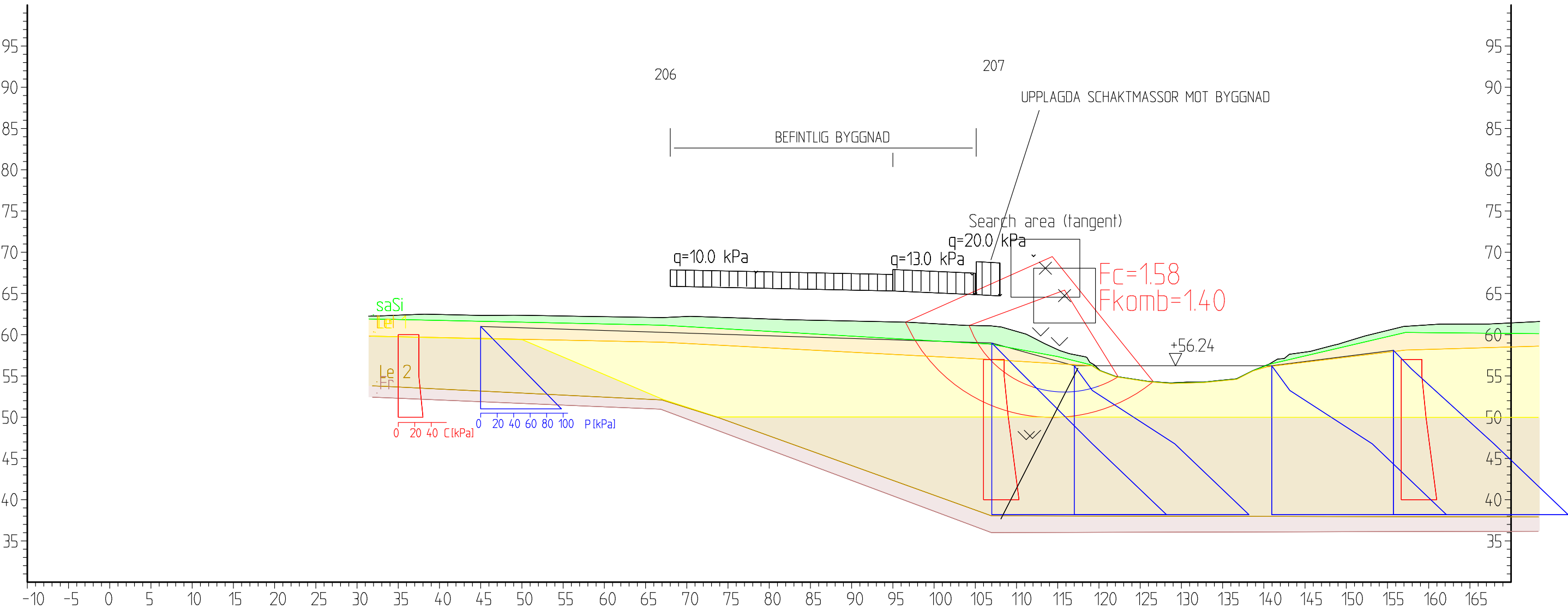
Brålanda reningsverk

Sektion D, Befintliga förhållanden
Totalsäkerhetsanalys

2026-03-09

DP

Uppdragsnr: 24064
Datum: 2025-11-07 rev 2026-03-13



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
saSi	19.00	11.00	32.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00
Le 1	16.30	6.30	30.0	10%	C-prof	1.60	1.00	0.80
Le 2	17.30	7.30	30.0	10%	C-prof	1.60	1.00	0.80
Fr	19.00	11.00	34.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00

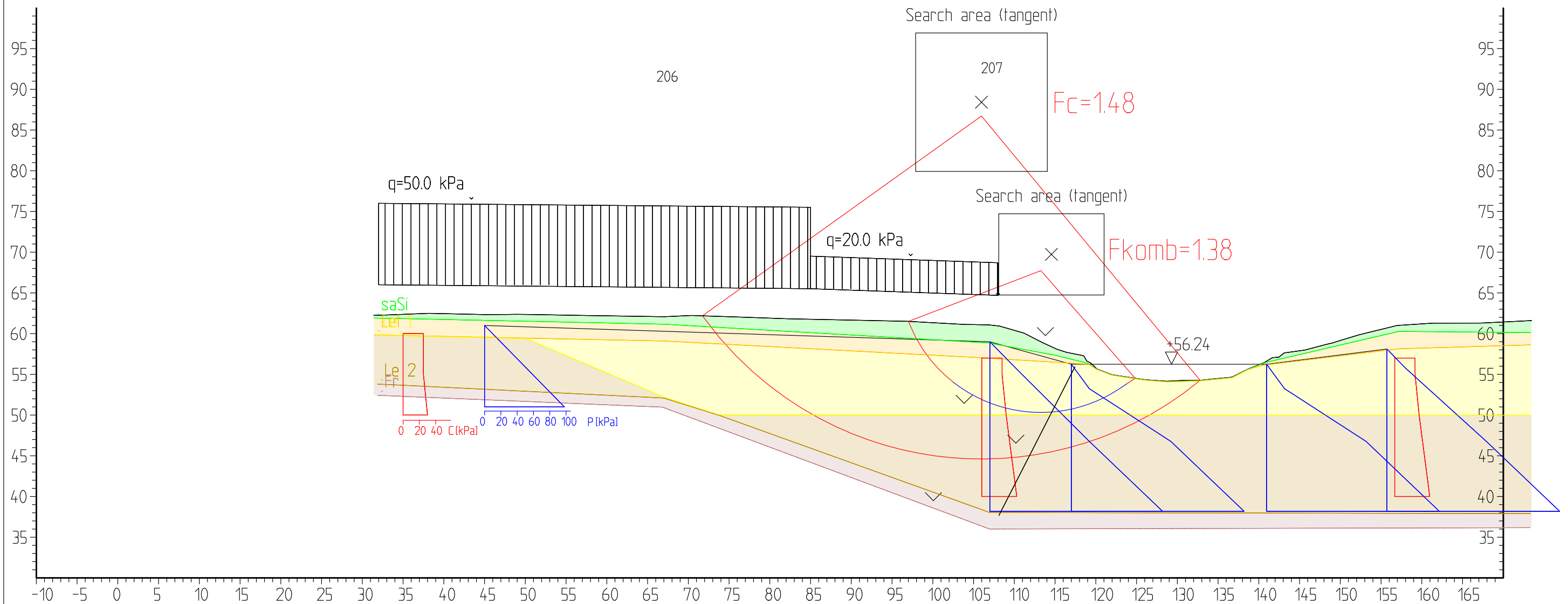
Brålanda reningsverk

Sektion E, Befintliga förhållanden
Totalsäkerhetsanalys

2025-11-04

DP

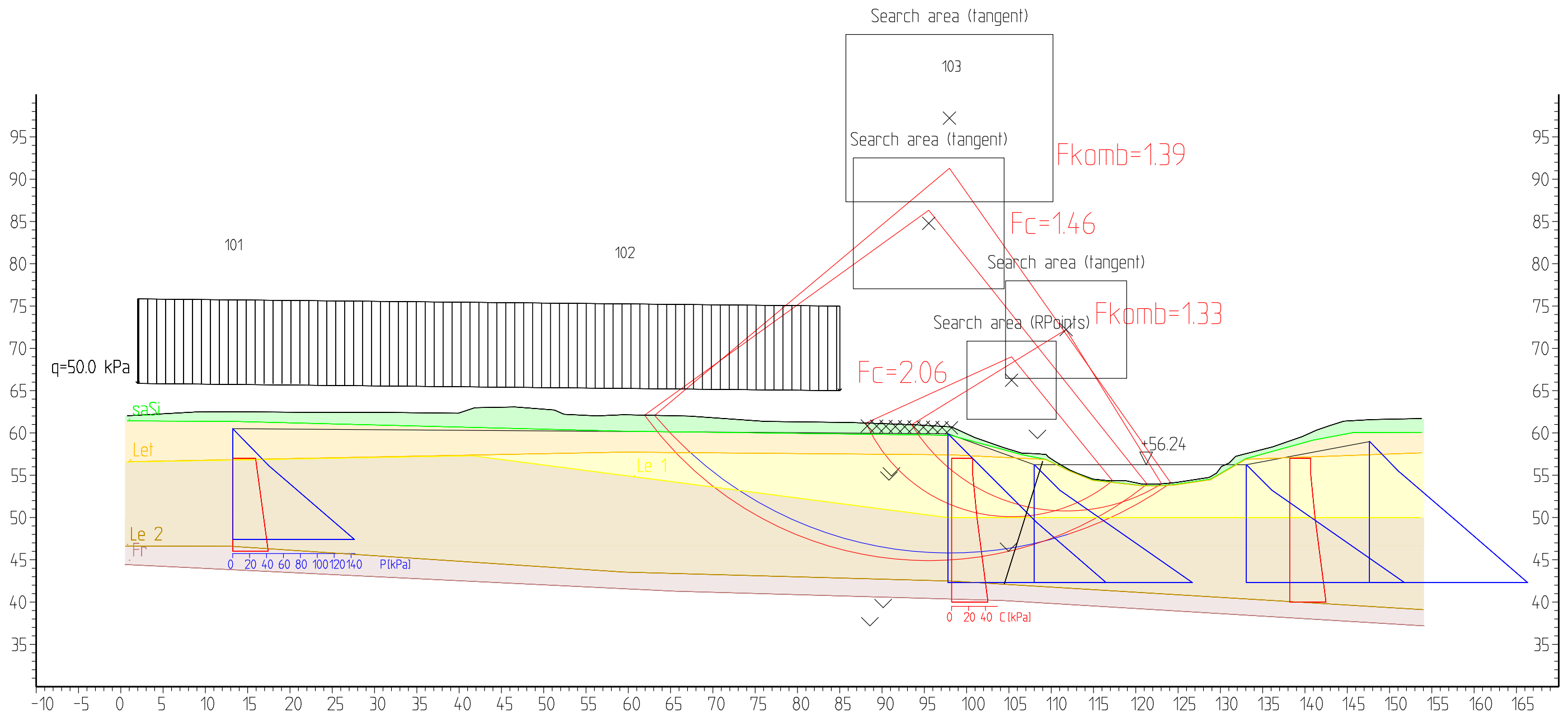
Uppdragsnr: 24064
Datum: 2025-11-07 rev 2026-03-13



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
saSi	19.00	11.00	32.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00
Let	18.00	8.00	30.0	3.0	30.0	1.60	1.00	0.80
Le 1	16.30	6.30	30.0	10%	C-prof	1.60	1.00	0.80
Le 2	17.30	7.30	30.0	10%	C-prof	1.60	1.00	0.80
Fr	19.00	11.00	34.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00

DP

Datum: 2025-11-07 rev 2026-03-13



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
saSi	19.00	11.00	32.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00
Le1	18.00	8.00	30.0	3.0	30.0	1.60	1.00	0.80
Le 1	16.30	6.30	30.0	10% C-prof	1.60	1.00	0.80	
Le 2	17.30	7.30	30.0	10% C-prof	1.60	1.00	0.80	
Fr	19.00	11.00	34.0	0.0	100.0	1.00	1.00	1.00

k:\2024\24064 brålanda reningsverk\cad\autograf-geosuite\stabgraf.rvt\sektion a 2025 - aniso.dwg

Brålanda reningsverk

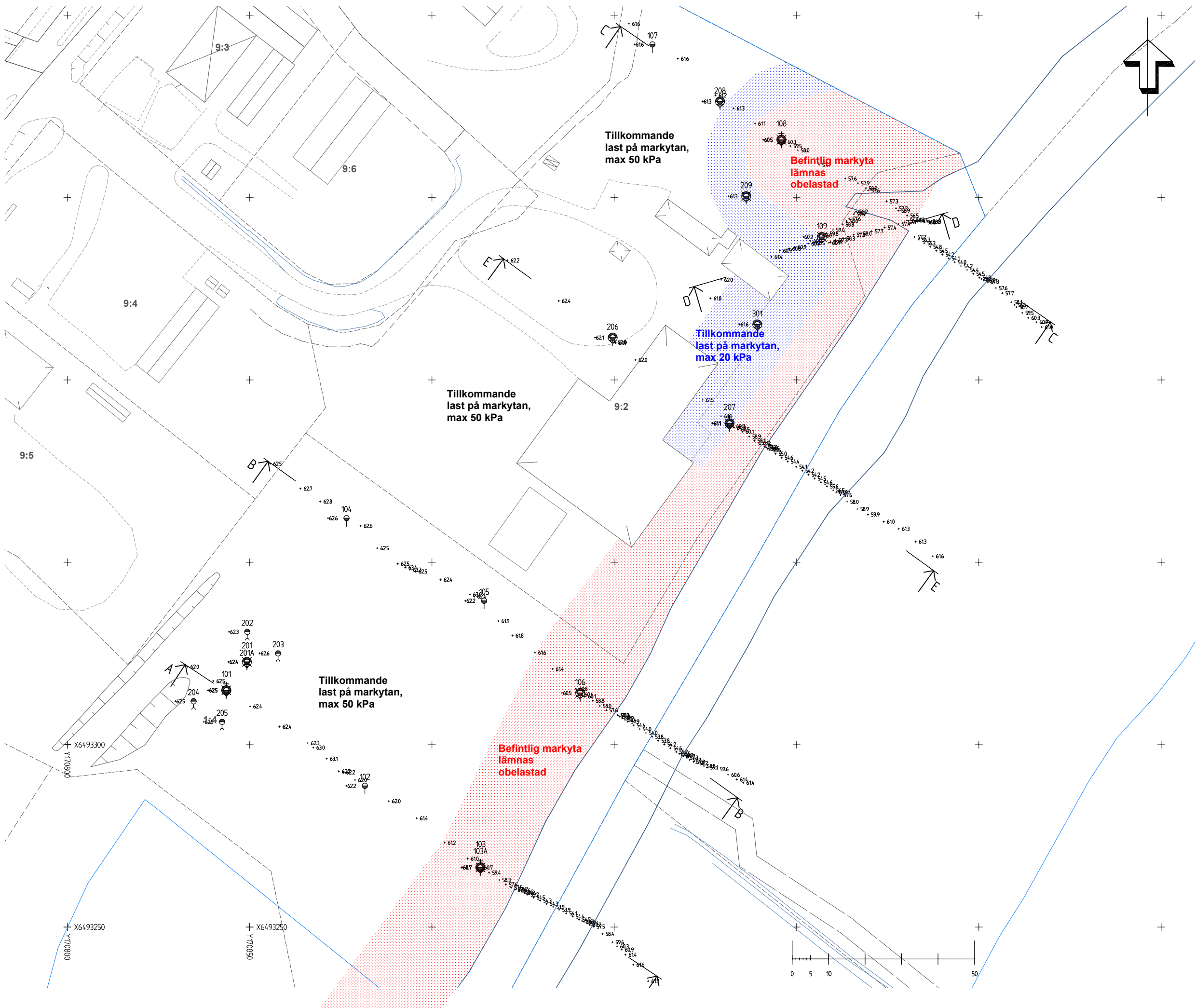
Sektion A, Känslighetsanalys portrycksökning 20 kPa
Totalsäkerhetsanalys

2025-11-04

DP

Uppdragsnr: 24064

Datum: 2025-11-07



Plan,
belastningsbegränsningar



Figur 1, Frändeforsån. Foto taget i närheten av sektion A mot syd.



Figur 2, Frändeforsån. Foto taget i närheten av sektion A mot nordost.



Figur 3, Vattensamling i anslutning till Frändeforsån. Foto taget vid sektion C och D mot ost.



Figur 4, Frändeforsån. Foto taget i närheten av sektion C mot nordost.



Figur 5, Frändeforsån. Foto taget i närheten av sektion C mot syd.



Figur 6, Erosionsskador på grund av utsläpp från takavvattning vid det sydöstra hörnet av befintligt reningsverk