



Uppdragsnamn SFR Utbyggnad	Ärendenr	Uppdragsnr 23U0999
Författare (Namn) Maria Kaneteg	Sekretess C1 - Öppen	Filnamn 6-OJ-111-G-PM-0002
Revision B	Status Informationshandling	Dokumenttyp Rapport
Granskad Ibrahim Al-Zubaidi	Godkänd av Ibrahim Al-Zubaidi	Datum 2025-09-26

PM Geoteknik Tillståndsprövning Piren

Revisionsförteckning

Rev	Beskrivning	Granskad	Godkänd
A	Kompletterad med beräkningsbilaga samt ytterligare underlag	IAZ	IAZ 2026-03-04
B	Kompletterande fältundersökning 2026	IAZ	IAZ 2026-09-03



Innehåll

1	Objekt	3
2	Syfte.....	3
3	Underlag för undersökningen	3
3.1	Geotekniska undersökningar	3
3.2	Övriga underlag.....	3
4	Styrande dokument.....	4
4.1	Författningar	4
4.2	Styrande dokument, råd och anvisningar	4
5	Geoteknisk kategori och säkerhetsklass.....	4
5.1	Geoteknisk kategori	4
5.2	Säkerhetsklass.....	5
6	Planerade konstruktioner.....	5
7	Topografi-, mark- och geotekniska förhållanden	6
7.1	Topografi och ytbeskaffenhet.....	6
7.2	Geotekniska förhållanden	6
7.2.1	Område norr om piren	6
7.2.2	Område söder om piren	6
8	Materialegenskaper	7
8.1	Härledda egenskaper	7
8.2	Valda materialparametrar	7
8.2.1	Område norr om piren	7
8.2.2	Område söder om piren	7
8.3	Omräkningsfaktorer.....	8
9	Stabilitetsförhållanden	8
9.1	Förutsättningar	10
9.2	Resultat	10
10	Rekommendationer.....	11
10.1	Massutskiftning genom nedpressning	11
10.2	Grundläggning.....	11
10.3	Bergupplag	11
10.4	Ballasthantering	12
10.5	Kompletterande undersökningar.....	12
11	Referenser	12
12	Bilagor.....	12

1 Objekt

Bjerking AB har på uppdrag av SKB utfört en geoteknisk undersökning på del av fastigheten Östhammar Forsmark 6:8 som underlag för kommande utbyggnader. Det undersökta området ligger i Forsmark, Östhammar.



Figur 1-1: Undersökt område ungefärligt markerat med streckad gränslinje. Forsmark kärnkraftverk sydväst i bild.

2 Syfte

Syftet med uppdraget har varit att utreda de geotekniska förutsättningarna för utfyllnad av befintlig pir. Observera, sekretessbelagd information redovisas ej i denna rapport.

3 Underlag för undersökningen

3.1 Geotekniska undersökningar

Resultaten från utförda undersökningar framgår av Markteknisk undersökningsrapport (MUR) SFR Utfyllnad med filnamn 6-OJ-100-G-RA-0001, revision A, upprättad av Bjerking AB. Även Markteknisk undersökningsrapport (MUR) SFR Havsvik Forsmark, daterad 2022-12-22, och PM Geoteknik SFR Havsvik Forsmark, daterad 2023-01-13, upprättade av Sigma Civil AB har utgjort geotekniskt underlag.

3.2 Övriga underlag

Följande handlingar har utgjort underlag för undersökningen:

- Arbetsmaterial över planerad utfyllnad daterat 2025-05-08, 2025-05-15 och 2026-07-06 från Structor
- Situationsplan erhållen 2024-04-08 och 2026-08-18
- Modell över bottenyta erhållen 2026-02-26

4 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997 med tillhörande nationell bilaga enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (Eurokoder), grundförfattningen BFS 2011:6 med senaste ändringsförfattningen för EKS BFS 2022:4.

4.1 Författningar

Tabell 4-1: Författningar.

Publikation	Publikationsnummer	Publicerad av
Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)	BFS 2011:10	Boverket
Projektering och byggarbetsmiljösamordning	AFS 2023:3	Arbetsmiljöverket
Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder	TSFS 2018:57	Transportstyrelsen

4.2 Styrande dokument, råd och anvisningar

Tabell 4-2: Styrande dokument, råd och anvisningar.

Publikation	Publikationsnummer	Publicerad av
Geokonstruktion, Administrativa regler	TRVINFRA-00229	Trafikverket
Geokonstruktion, Dimensionering och utformning	TRVINFRA-00230	Trafikverket
Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten (AMA)	AMA Anläggning	Svensk Byggtjänst
Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk	SS-EN 1990	Svensk Standard
Laster på bärverk	SS-EN 1991	Svensk Standard
Dimensionering av Geokonstruktioner	SS-EN 1997	Svensk Standard

5 Geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Val av geoteknisk kategori och säkerhetsklass skall analyseras och väljas för respektive anläggningsdel och konstruktion.

5.1 Geoteknisk kategori

Geokonstruktioner ska utifrån geoteknisk komplexitet och risk klassificeras i geoteknisk kategori enligt SS-EN 1997-1.

Med hänsyn till följande förutsättningar skall schakt och stödkonstruktion utföras och kontrolleras enligt minst Geoteknisk Kategori 2 (GK2):

- Undergrunden är av sådan beskaffenhet att den kan beskrivas med egenskaper och metoder enligt svensk praxis.
- Grundvattensituationen kan analyseras och hanteras med allmänt vedertagna metoder.
- Allmän praktisk erfarenhet föreligger av geokonstruktionen. Dimensionering och utförande görs med allmänt vedertagna metoder.

5.2 Säkerhetsklass

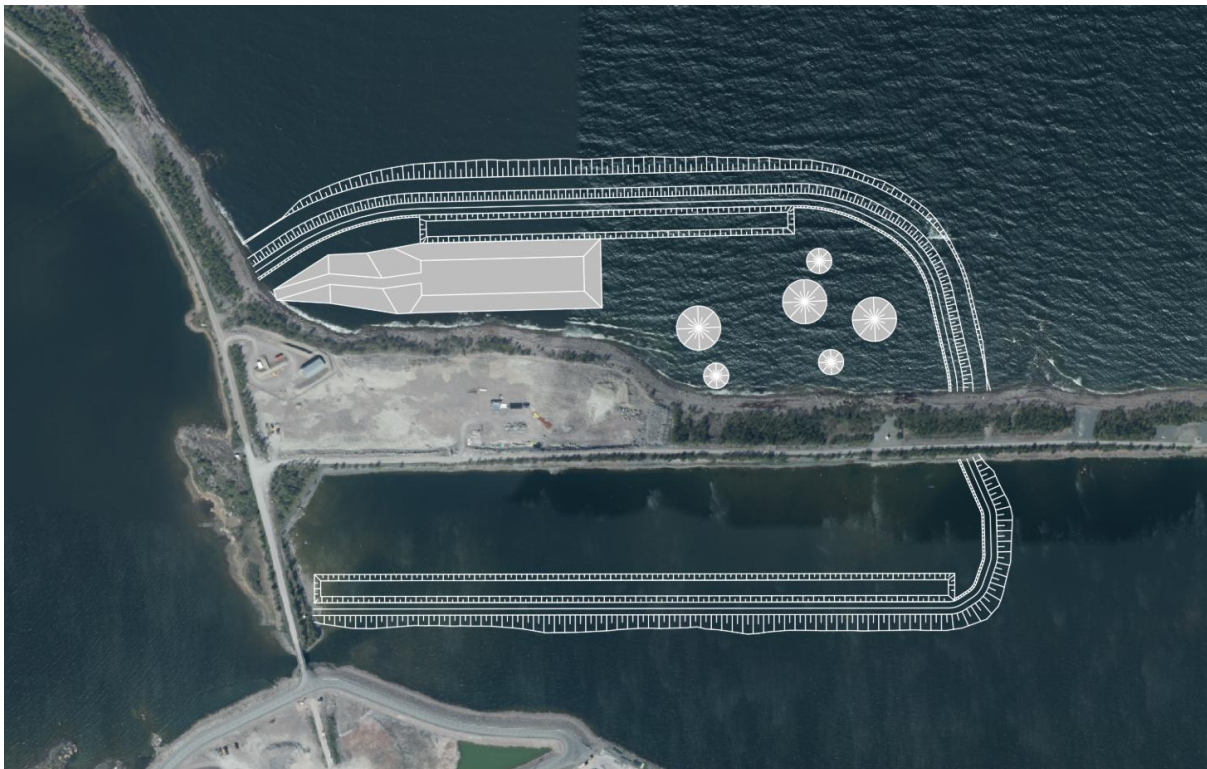
Indelning av byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser och säkerhetsindex ska göras i enlighet med "Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av Eurokoder" (TSFS 2018:57) Avdelning I, 2 kap.

Med hänsyn till omfattningen av de personskador som kan befaras vid brott i en byggnadsverksdel, skall samtliga byggnadsverksdelar i den nya geokonstruktionen hänföras till säkerhetsklass 2 (SK2) enligt följande förutsättningar:

- Byggnadsverket är så utformat och använt att personer vistas i, på, under eller invid det.
- Byggnadsverksdelen är av sådant slag att kollaps medför medelstor risk för personskador.

6 Planerade konstruktioner

För att erhålla ytterligare verksamhetsytor som behövs för det planerade Kärnbränsleförvaret och för utbyggnaden av Slutförvaret för kortlivat avfall (SFR) planeras utfyllnader vid befintlig pir. Utfyllnaden planeras att ske med sprängsten som uppstår av berguttaget för de underjordiska utrymmena. Inom området kommer bland annat att krossmassor lagras och hanteras, se figur 6-1.



Figur 6-1: Planerad utfyllnad.

7 Topografi-, mark- och geotekniska förhållanden

7.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Området som har undersökts ligger i en havsvik i Öregrundsgrepen och kring undersökt område finns utfyllda landtungor.

Geoteknisk undersökning är utförd från vattenytan.

7.2 Geotekniska förhållanden

7.2.1 Område norr om piren

Sjöbotten består ytligt av grusig sand med växtdelar och jordmaterialet utgörs sedan av lera på friktionsjord på berg. Förekomsten av lerjord har främst påträffats i sonderingar utförda i områdets mellersta och västra delar.

Leran är varvig med inslag av sandkorn och siltskikt. I områdets östra delar, punkt QFR067 och QFR068, har även gyttig lera påträffats. Lerans skrymdensitet har testats i laboratorium och bedöms variera mellan ca 1,6 – 2,0 t/m³. Vattenkvoten i leran varierar mellan 26 - 80% och konflytgränsen mellan 23-67%, leran anses därför variera mellan lågplastisk och högplastisk. Leran bedöms tillhöra materialtyp 4B och tjälfarlighetsklass 3. Lerans skjuvhållfasthet har uppmätts till, korrigerad med hänsyn till konflytgräns, 2-10 kPa och benämns extremt låg till mycket låg.

Friktionsjorden utgörs av sandig lermorän och bedöms tillhöra materialtyp 5A och tjälfarlighetsklass 4. Lermoränens skrymdensitet har testats i laboratorium och bedöms variera mellan 2,1-2,3 t/m³. Lermoränens skjuvhållfasthet har uppmätts till 10-85 kPa och benämns mycket låg till hög. Utförda hejarsonderingar i lermoränen påvisar en friktionsvinkel som varierar mellan ca 33° - 42° och en elasticitetsmodul som varierar mellan 5 MPa – 80 MPa. Lermoränens relativa fasthet anses variera mellan mycket låg och mycket hög. Block förekommer i friktionsjorden vilket har registrerats i 1 av 6 jordberg-sonderingar.

Av 6 utförda JB-sonderingar tyder 1 sondering på att borring i sprickigt berg har utförts.

7.2.2 Område söder om piren

Sjöbotten består ytligt av sandig grus med växtdelar och jordmaterialet utgörs sedan av friktionsjord på berg.

Friktionsjorden utgörs av grusig sandig lerig morän, som bedöms tillhöra materialtyp 4A och tjälfarlighetsklass 3, samt grusig sandig siltig lermorän som bedöms tillhöra materialtyp 5A och tjälfarlighetsklass 4. Friktionsjordens skrymdensitet har testats i laboratorium och bedöms variera mellan 2,1-2,3 t/m³. Friktionsjordens skjuvhållfasthet har uppmätts till 5-85 kPa och benämns mycket låg till hög. Utförda hejarsonderingar i lermoränen påvisar en friktionsvinkel som varierar mellan ca 32° - 42° och en elasticitetsmodul som varierar mellan 5 MPa – 80 MPa. Lermoränens relativa fasthet anses variera mellan mycket låg och mycket hög. Block förekommer i friktionsjorden vilket har registrerats i 4 av 14 jordberg-sonderingar.

Av 14 utförda JB-sonderingar tyder 2 sonderingar på att borring i sprickigt berg har utförts.

8 Materialegenskaper

8.1 Härledda egenskaper

Friktionsvinkel för friktionsjorden har härletts från hejarsondering. Lerans och lermoränens odränerade skjuvhållfasthet har utvärderats genom CPT-sondering och vingförsök.

8.2 Valda materialparametrar

Materialegenskaperna har ansatts enligt härledda värden samt enligt Bilaga A i TRVINFRA-00230.

8.2.1 Område norr om piren

Tabell 8-1: Valda materialparametrar för beräkning, område norr om piren.

Jordlager	Jordparameter	Valda värden
Grovkrossad sprängsten (avser upplag)	Tunghet, γ (γ') Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Effektiv kohesion, c'_k Friktionsvinkel, ϕ E-modul	20 kN/m ³ (13 kN/m ³) - - 42° 50 MPa
Ny fyllning (ovan VY)	Tunghet, γ (γ') Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Effektiv kohesion, c'_k Friktionsvinkel, ϕ E-modul	18 kN/m ³ (8 kN/m ³) - - 42° 50 MPa
Ny fyllning (under VY)	Tunghet, γ (γ') Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Effektiv kohesion, c'_k Friktionsvinkel, ϕ E-modul	21 kN/m ³ (11 kN/m ³) - - 40° 20 MPa
Gyttig lera	Tunghet, γ (γ') Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Effektiv kohesion, c'_k Friktionsvinkel, ϕ E-modul	15 kN/m ³ (5 kN/m ³) 2-6 kPa 0,1*c _u 30° -
Lerig morän / Lermorän	Tunghet, γ (γ') Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Effektiv kohesion, c'_k Friktionsvinkel, ϕ E-modul	20 kN/m ³ (10 kN/m ³) 6-70 kPa 0,1*c _u 30-33° 5-20 MPa

8.2.2 Område söder om piren

Tabell 8-2: Valda materialparametrar för beräkning, område söder om piren.

Jordlager	Jordparameter	Valda värden
Ny fyllning (ovan VY)	Tunghet, γ (γ') Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Effektiv kohesion, c'_k Friktionsvinkel, ϕ E-modul	18 kN/m ³ (8 kN/m ³) - - 42° 50 MPa
Ny fyllning (under VY)	Tunghet, γ (γ') Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Effektiv kohesion, c'_k	21 kN/m ³ (11 kN/m ³) - -

Jordlager	Jordparameter	Valda värden
	Friktionsvinkel, ϕ E-modul	40° 20 MPa
Lerig morän / Lermorän	Tunghet, γ (γ') Odränerad skjuvhållfasthet, c_u Effektiv kohesion, c'_k Friktionsvinkel, ϕ E-modul	22 kN/m ³ (12 kN/m ³) 5-30 kPa 0,1 * c_u 32-35° 5-20 MPa

8.3 Omräkningsfaktorer

Bestämning av omräkningsfaktorer i tabell 8-3 har utförts i enlighet med kapitel 3.4.2 IEG rapport 6:2008.

För materialegenskaper valda enligt Bilaga A i TRVINFRA-00230 har omräkningsfaktorn 1,0 ansatts då egenskaperna inte är bestämda mot bakgrund av sondering eller provtagning.

Tabell 8-3. Omräkningsfaktor för lera och lermorän. Avser stabilitetsberäkningar.

Delfaktor	Förklaring	Intervall	Skjuvhållfasthet	Friktionsvinkel
$\eta_{(1,2)}$	Beror av antal oberoende undersökningspunkter och den aktuella materialegenskapens naturliga variation.	0,9–1,0	1,0	1,0
η_3	Beaktar osäkerheter i bestämningen av jordens egenskaper.	0,9–1,0	1,0	0,95
$\eta_{(4,5,6,7)}$	Beaktar omfattningen av en potentiell brottyta.	0,9–1,0	1,0	1,0
η_8	För dimensionering av banker och slänter.	1,0	1,0	1,0
η	$\eta = \eta_{(1,2)} \cdot \eta_3 \cdot \eta_{(4,5,6,7)} \cdot \eta_8$		1,0	0,95

9 Stabilitetsförhållanden

Utförd kontroll har utvärderats enligt partialkoefficientmetoden med dimensionerande värden varpå erforderlig säkerhetsfaktor uppgår till minst 1,00 både vid odränerad analys och kombinerad analys.

PDF rendering: DokumentID 2140313, Version 1.0, Status Godkänt, Sekretessklass C1 - Öppen

9.1 Företsättningar

Geometrier för vägbank, våtmark, uppfyllnad samt upplag är uppritade utifrån arbetsmaterial angivet under kapitel 3.2. Våtmarken är endast schematiskt placerad i sektioner och är inte fyllda med jordmassor.

Beräkningar är utförda med lägsta vattenstånd (LVS) där vattennivån kommer från SMHI webpdata (inom perioden 2015-08 till 2025-07).

Trafiklaster består av en utbredd last om 15 kPa med en bredd om 5 meter. Lasten är placerad 1 meter från slänkrön på väg och utfylld mark. På upplaget är trafiklasten placerad 2 meter från slänkrön.

9.2 Resultat

Tabell 9-1 och tabell 9-2 redovisar erhållna säkerhetsfaktorer vid de olika analyserna.

Tabell 9-1: Resultat från stabilitetskontroll, sektioner norr om piren.

Sektion	Scenario	Erhållen säkerhetsfaktor odränerad analys / kombinerad analys		Kommentar
		Vänster slänt	Höger slänt	
A-A	Vägbank	1,52 / 1,53	1,02 / 1,02	
	Upplag +14	1,07 / 1,01	-	8 meter avstånd från våtmark Nedpressning 1 meter
B-B	Vägbank	2,09 / 2,06	1,42 / 1,42	Nedpressning 0,5 meter
	Uppfyllnad	1,00 / 1,03	-	
C-C	Upplag +19	0,96 / 0,91	-	
	Upplag +16 (1)	1,03 / 1,04	-	3 meter lägre
	Upplag +16 (2)	1,07 / 1,05	-	Flyttad mot havet för kontroll av placering
H-H	Vägbank	1,53 / 1,55	1,22 / 1,23	
	Upplag	2,06 / 2,06	-	

Tabell 9-2: Resultat från stabilitetskontroll, sektioner söder om piren.

Sektion	Scenario	Erhållen säkerhetsfaktor odränerad analys / kombinerad analys		Kommentar
		Vänster slänt	Höger slänt	
D-D	Vägbank	1,32 / 1,27	1,37 / 1,34	
	Uppfyllnad	1,03 / 1,02	-	
E-E	Vägbank	1,19 / 1,15	1,37 / 1,38	
	Uppfyllnad	1,05 / 1,06	-	Nedpressning 0,5 meter
F-F	Vägbank	1,34 / 1,30	1,44 / 1,40	
	Uppfyllnad	1,04 / 1,02	-	
G-G	Vägbank	1,20 / 1,20	1,21 / 1,23	Nedpressning 0,5 meter
	Uppfyllnad	1,01 / 1,01	-	Nedpressning 0,5 meter

10 Rekommendationer

Området är översiktligt undersökt och kompletterande geotekniska undersökningar rekommenderas. Följande rekommendationer är preliminära och bör verifieras med vidare undersökning under fortsatt projektering. Notera att utskiftning av material skall anpassas till den planerade verksamhetens behov och krav på planerade konstruktioner. Vid framtagande av bygghandlingar skall arbetsordningen för schakt- och uppfyllnadsarbeten beskrivas.

Innan etablering av en mobilkran, betongpumpbil eller andra tyngre arbetsfordon ska geotekniker kontaktas för att kontrollera att jorden har erforderlig bärförmåga.

För anläggande av planerad utfyllnad rekommenderas massutskiftning genom nedpressning för vidare analys och projektering.

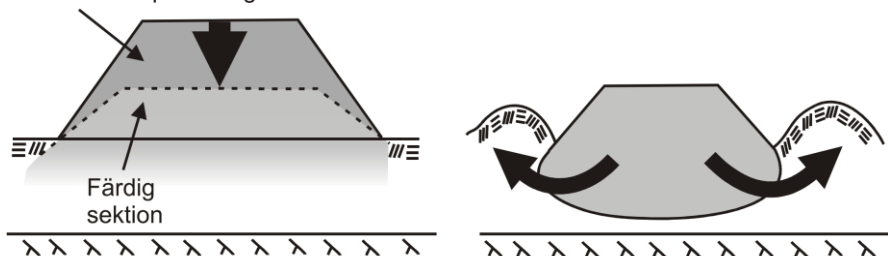
10.1 Massutskiftning genom nedpressning

Utfyllnad utförs genom överhöjning över den projekterade ytan där de befintliga lösa jordarna pressas undan succesivt genom kontrollerade skred och ersätts med fyllnadsmassor, se figur 10-1 för principskiss. För att verifiera stabilitet och sättningar under och efter anläggande krävs kontrollprogram.

Undanpressning kräver inte urgrävning och kan spara tid, särskilt vid successiv undanpressning. Metoden kan vara billigare än alternativa metoder, då schaktning i och vid vatten kan vara logistiskt svårt.

Observera att det är svårt att exakt styra skredens utbredning och djup, vilket kan leda till kvarvarande kompressibla jordlager. Undanpressning kan också orsaka hävning och sidoförskjutningar vilken kan påverka närliggande ledningar och marknivåer.

Bank innan undanpressning



Figur 10-1. Principsektion undanpressning (Trafikverket, 2025)

10.2 Grundläggning

Grundläggning kan utföras med platta på mark förutsatt att sättningarna som uppstår på grund av uppfyllanden har tagits ut. Sättningsuppföljningen ska granskas och godkännas av geotekniker innan grundläggningsarbeten kan påbörjas.

10.3 Bergupplag

Upplag av råberg begränsas till nivå +14,00 meter över havet (RH 2000). Upplaget kan placeras inom markerat område i figur 10-2 och släntfot upplag placeras 8 meter från släntröns våtmark.

10.4 Ballasthantering

Ballasthantering placeras inom område markerat i figur 10-2 där högarna begränsas till nivå +16,00 meter över havet (RH2000) och till 40 meter i diameter.



Figur 10-2. Avgränsning upplag och ballasthantering.

10.5 Kompletterande undersökningar

Nedan ges några förslag på kompletterande undersökningar som bör utföras vid fortsatt projektering:

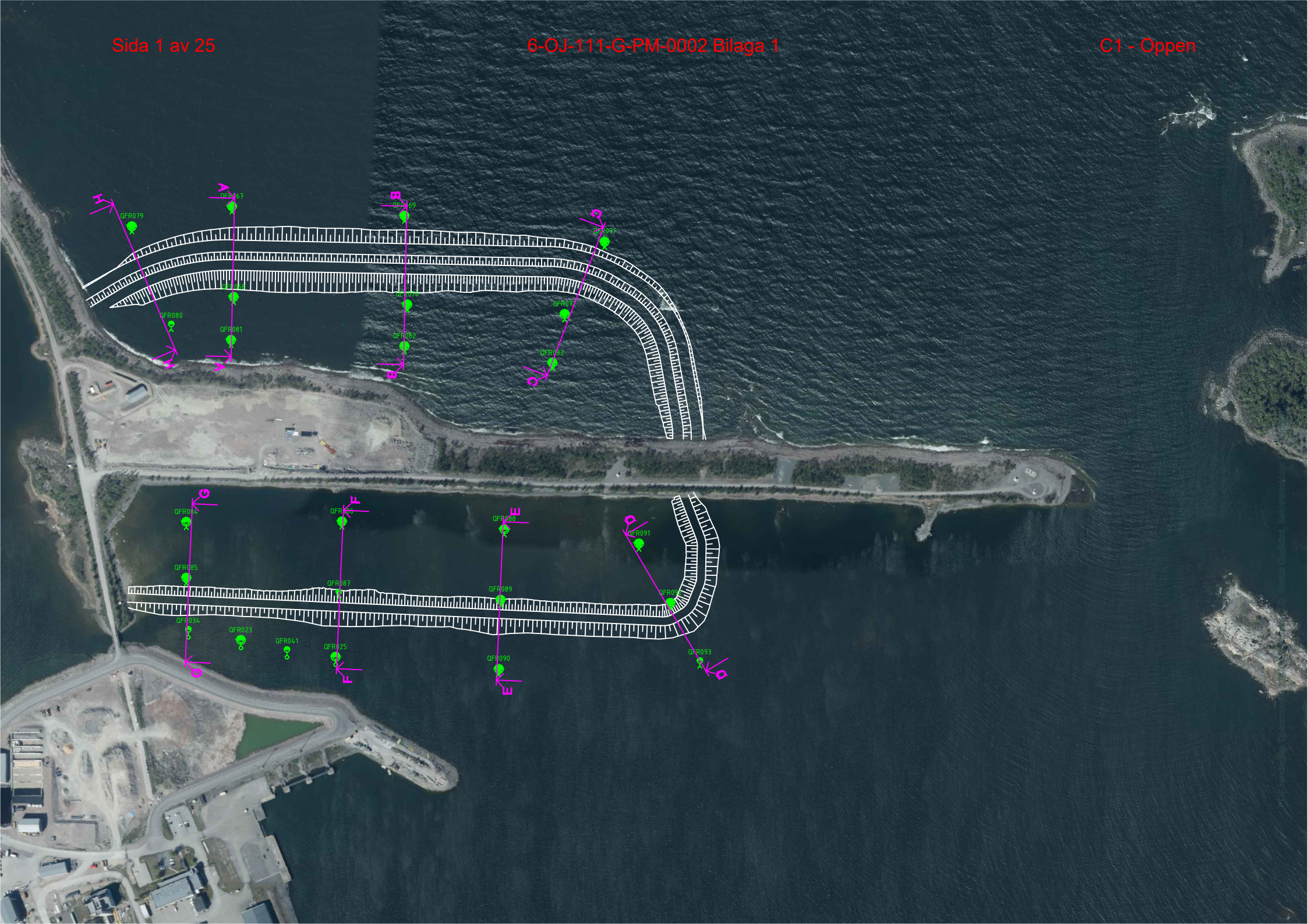
- Underliggande lermorän bör analyseras vidare i syfte att klargöra dess sättningsegenskaper vid påförande av planerad återfyllnad.
- I utförda undersökningar varierar avstånden mellan sonderingspunkterna från 60 till 180 meter. Vid vidare projektering bör avståndet mellan undersökningspunkter minskas för att reducera de geotekniska riskerna i projektet.

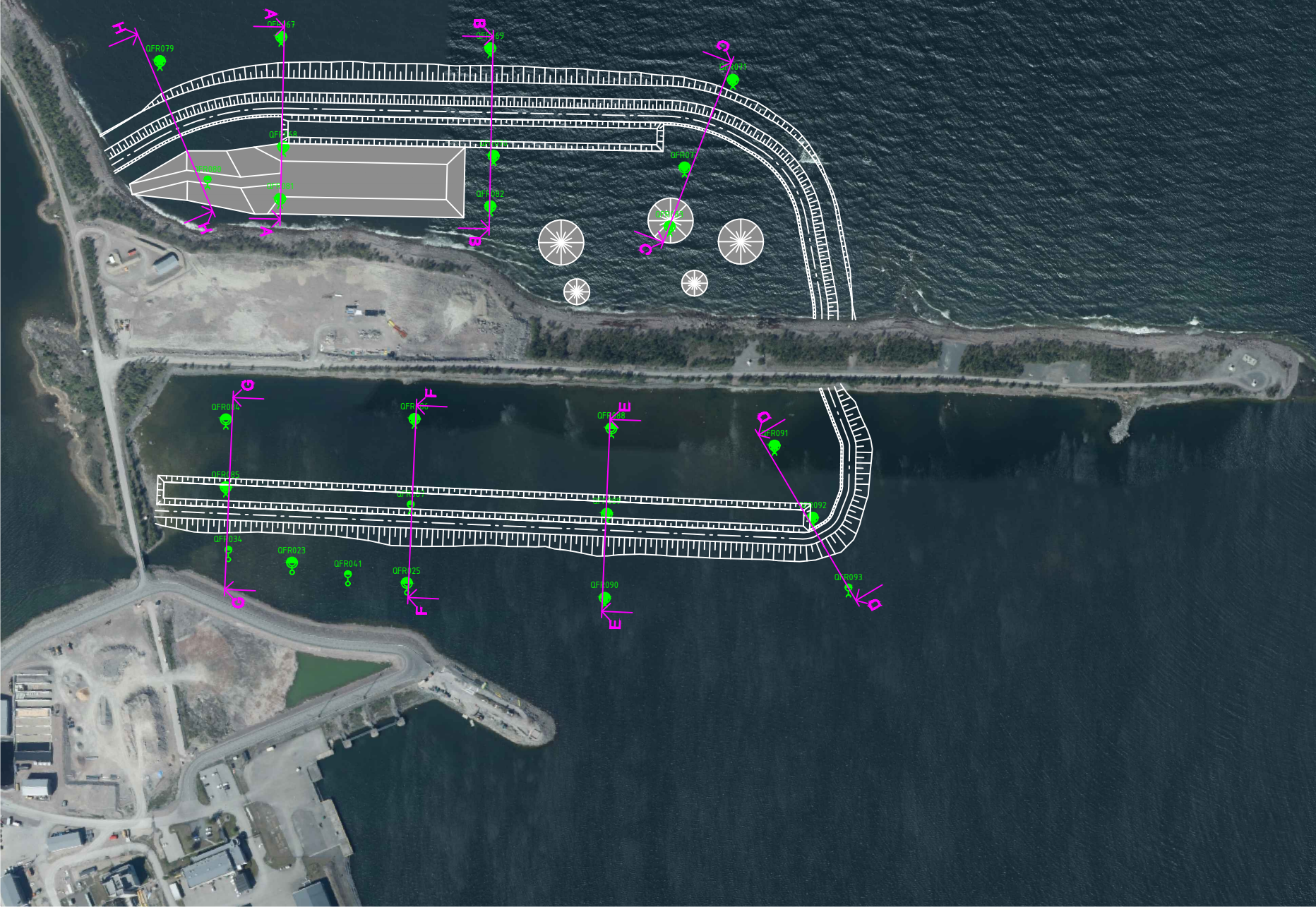
11 Referenser

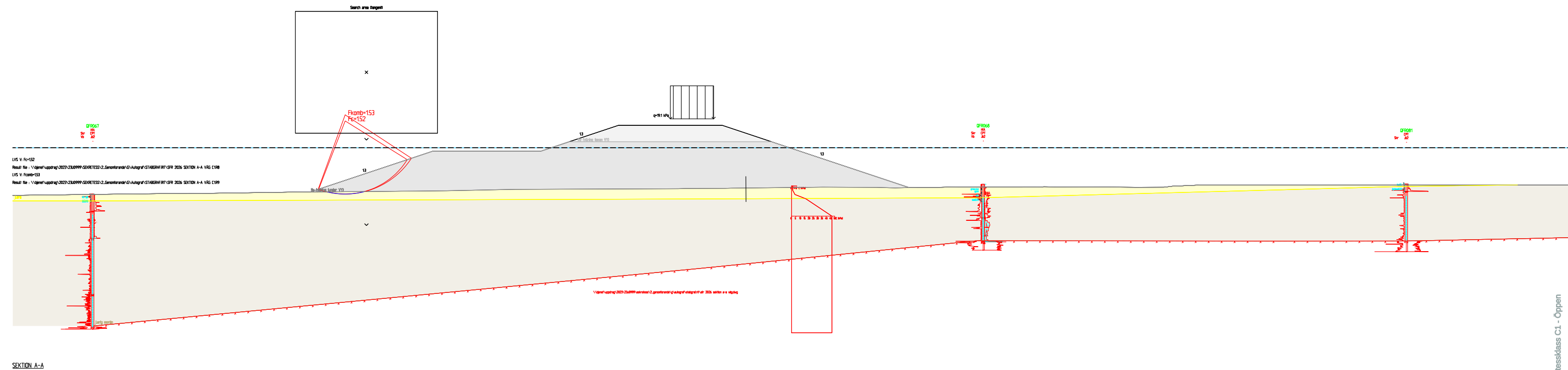
Trafikverket. (2025). TRVINFRA-00230. Borlänge: Trafikverket.

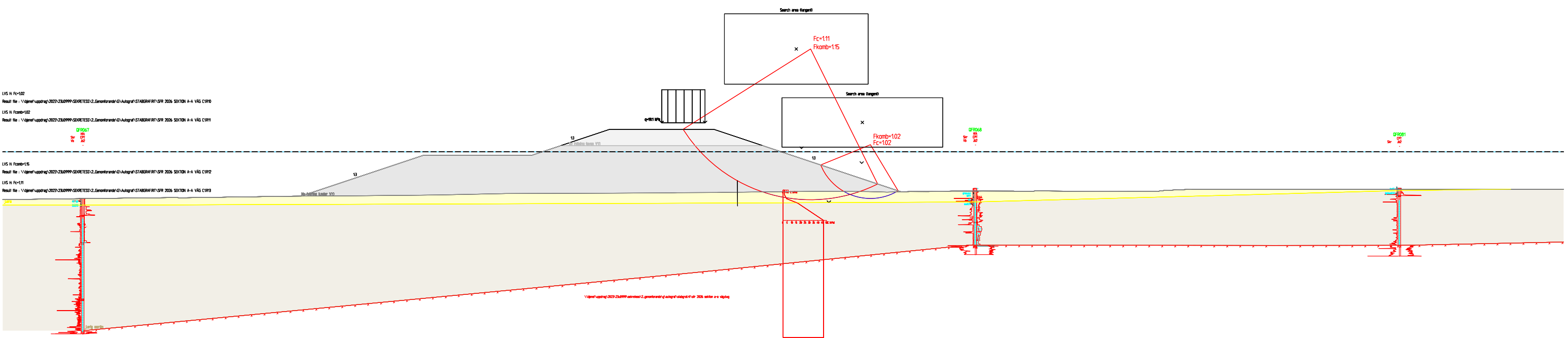
12 Bilagor

Bilaga 1 Stabilitetsanalys (25 sidor)

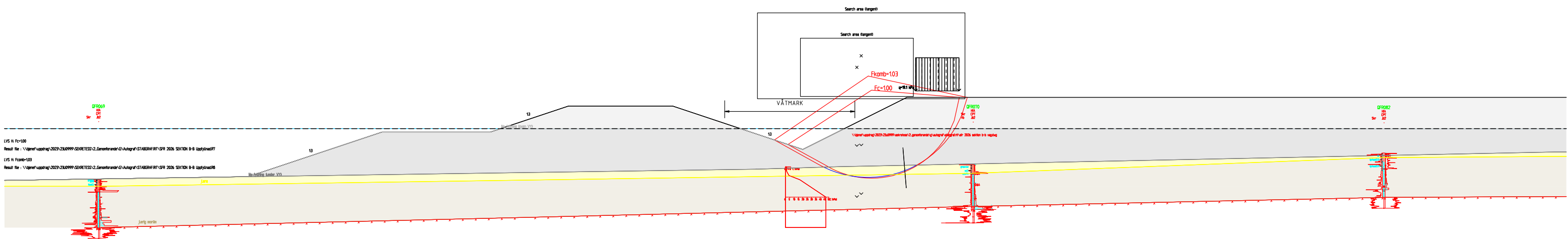




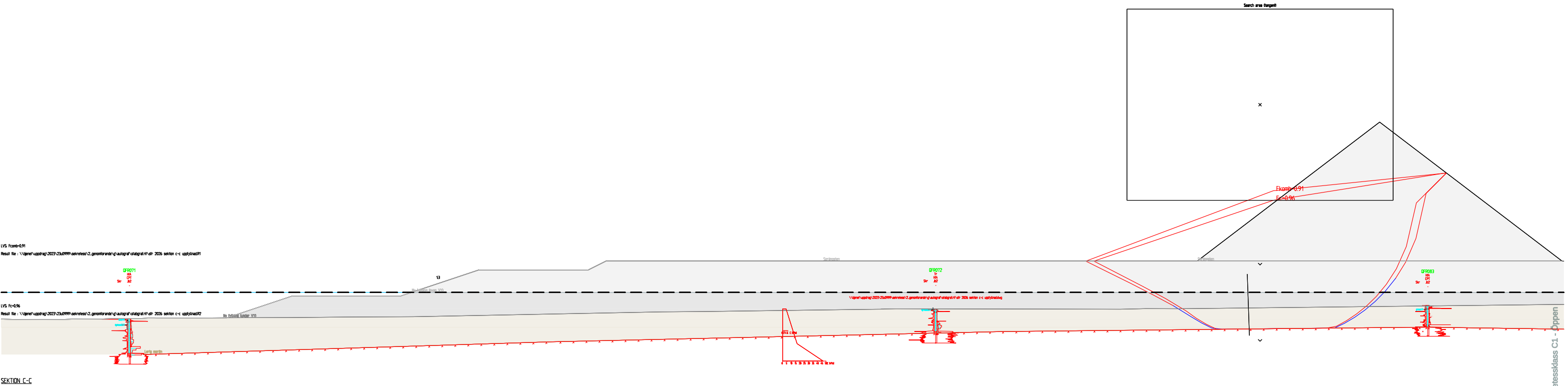


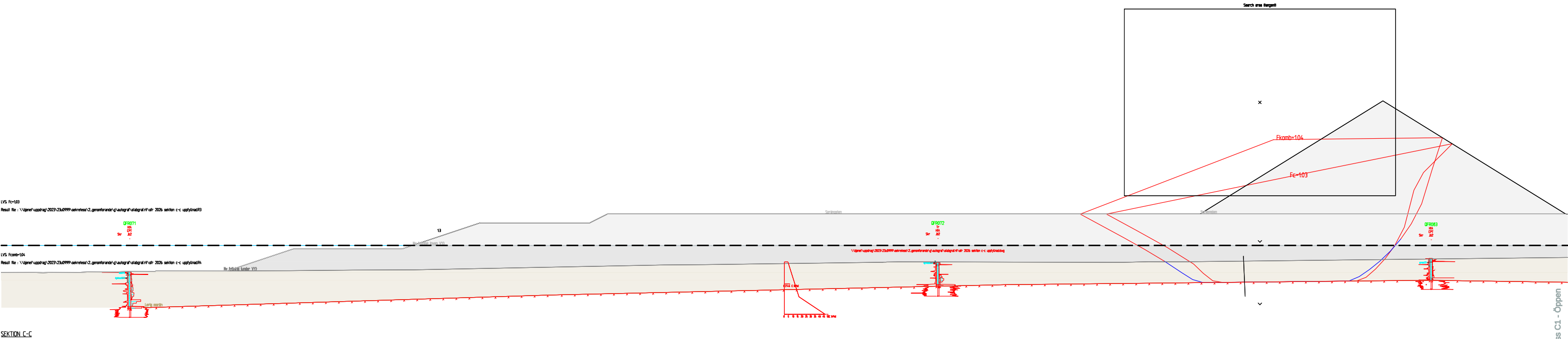


SEKTION A-A

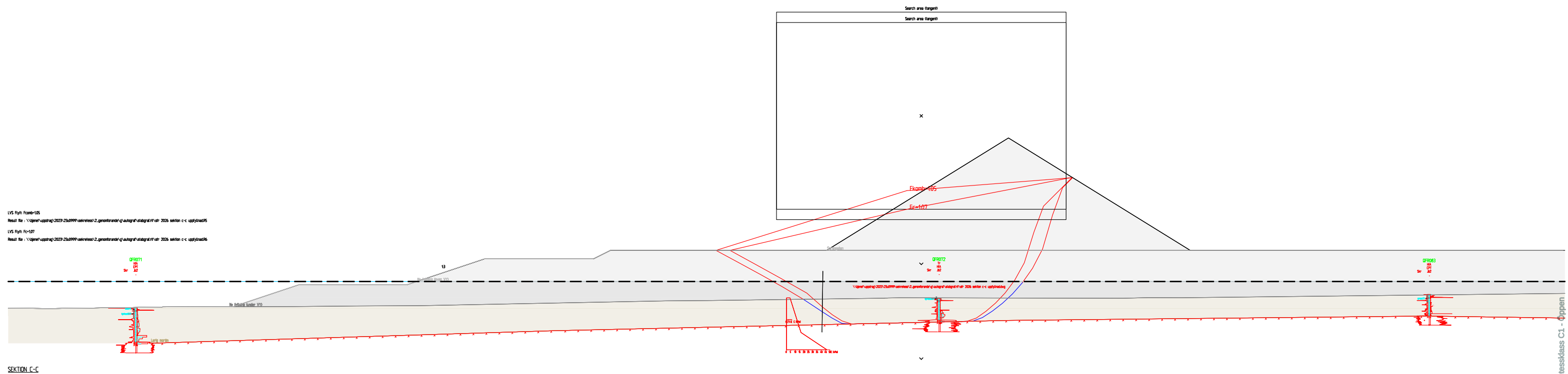


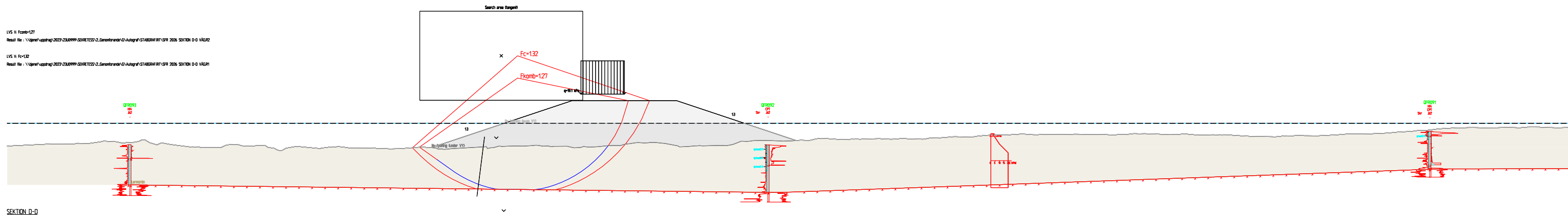
SEKTION B-B

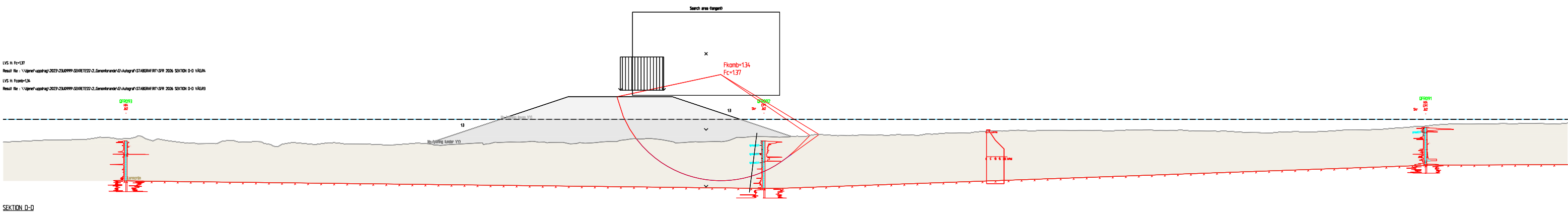




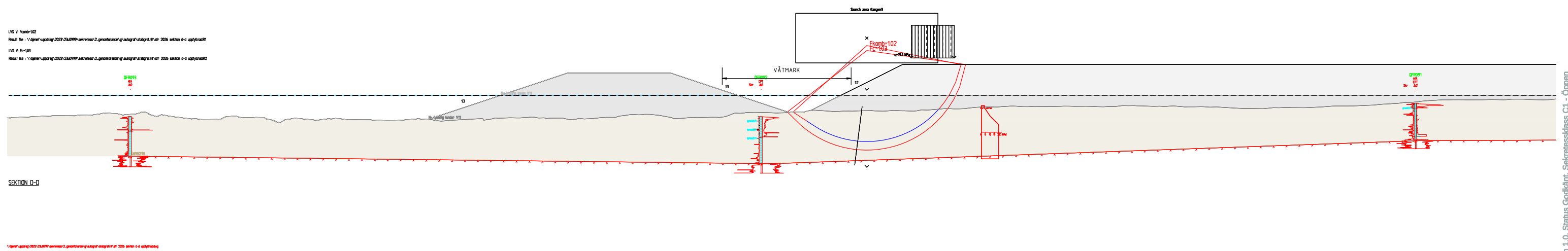
SEKSTION C-C

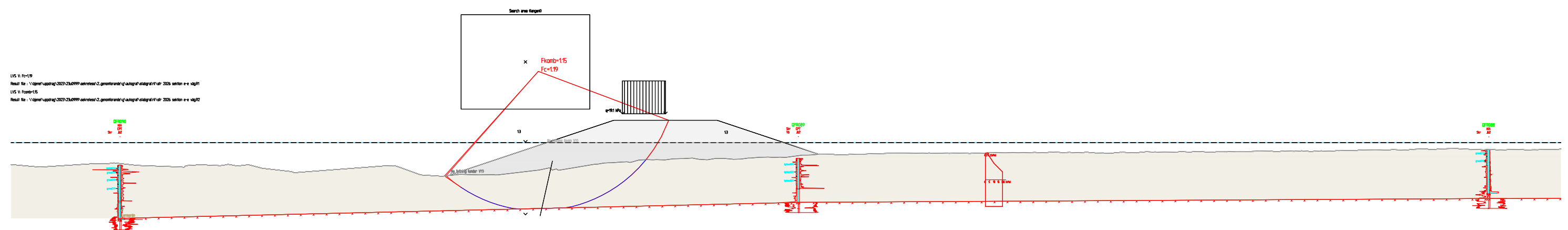






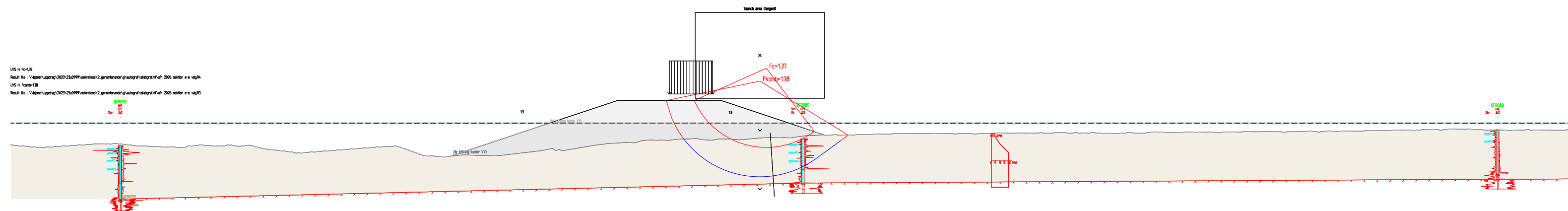
\\bjmr\uppgift\2023\2309999\SEKRETESS\2.6smörlande\G-Autograf\STABGRUPP\IT\SFR 2026 SECTION 0-0 VÄG.docx





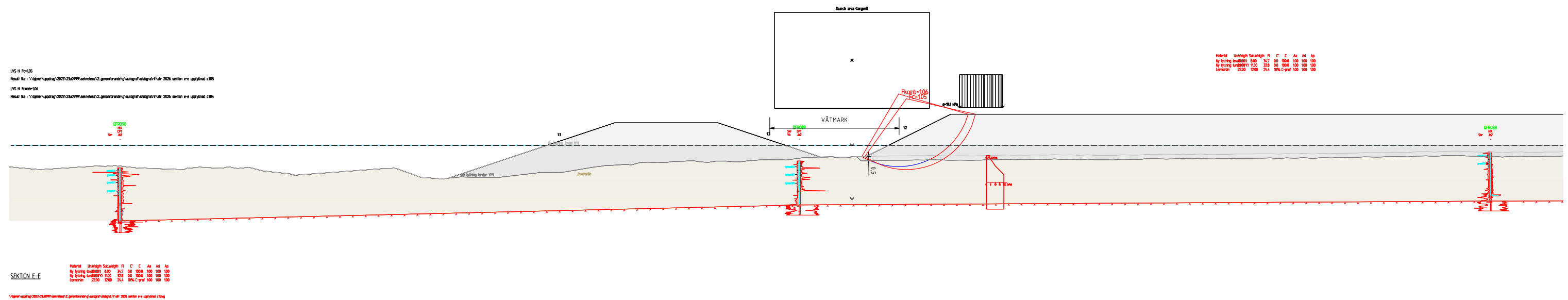
SEKTION E-E

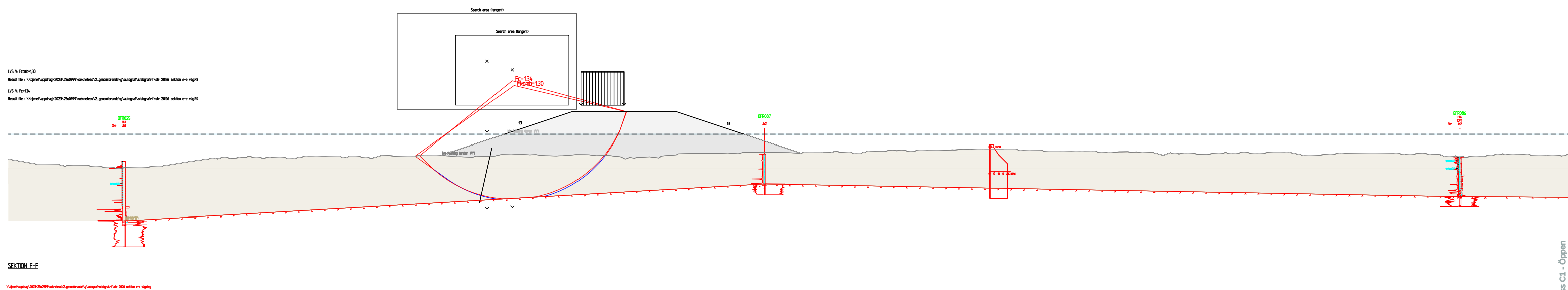
\\jnet\apps\2027\23\0999\air\res\2_goniorandr\g\air\g\air\g\air\2026\action-e-e\siglog

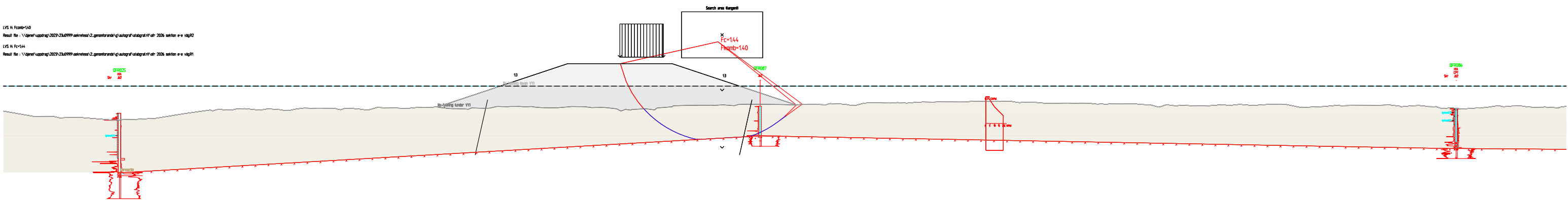


SEKTION E-E

\\bjnet\upprogr\2023\2309999\sekretess\2_gencisrande\g\autograf\stabgraf\ri\str-2026-sektion-e-e-wjcdwg

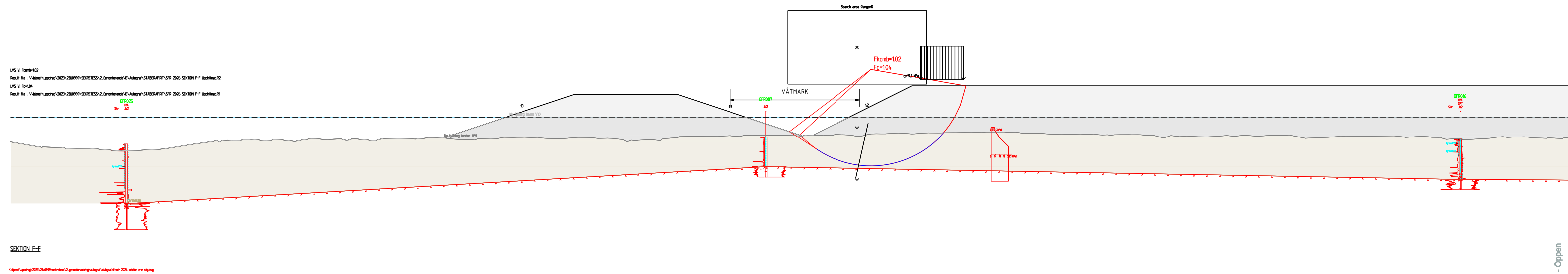


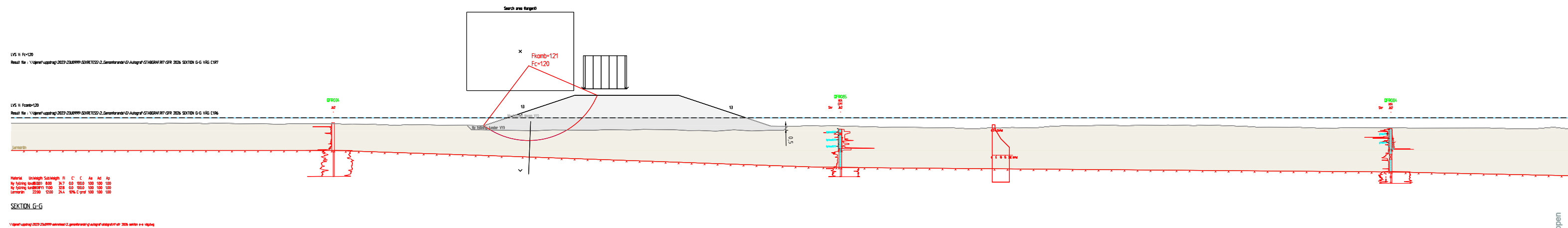




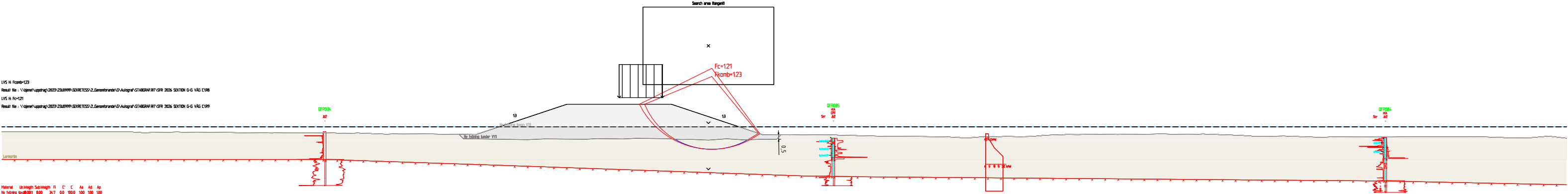
SEKTION F-F

\\bjnet\updrag\2025\230999\skrivelse\2_grensforbrott\g\afograt\afograt\rf\rf 2026 sidan 4-4 vgdvg





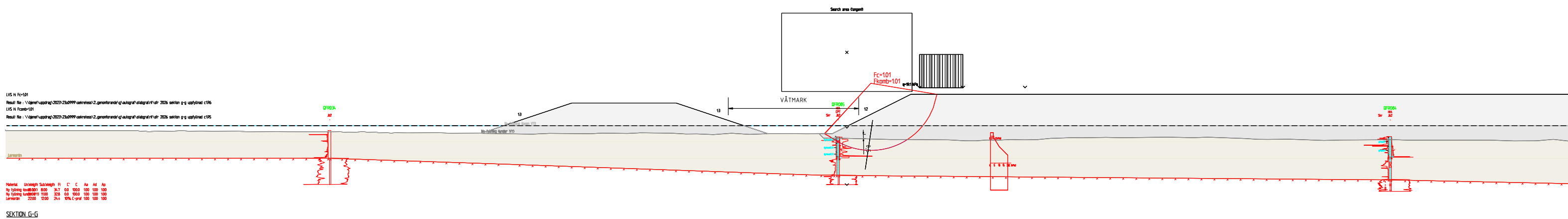
LVS H: Fcamb=123
Result file : \\lgnet\uppgif\2025\230099\SEKRETESS\2\genomrande\G-Autogra\STABERAF\T\SFR 2026\SEKTION G-G VAG C198
LVS H: Fc=121
Result file : \\lgnet\uppgif\2025\230099\SEKRETESS\2\genomrande\G-Autogra\STABERAF\T\SFR 2026\SEKTION G-G VAG C199

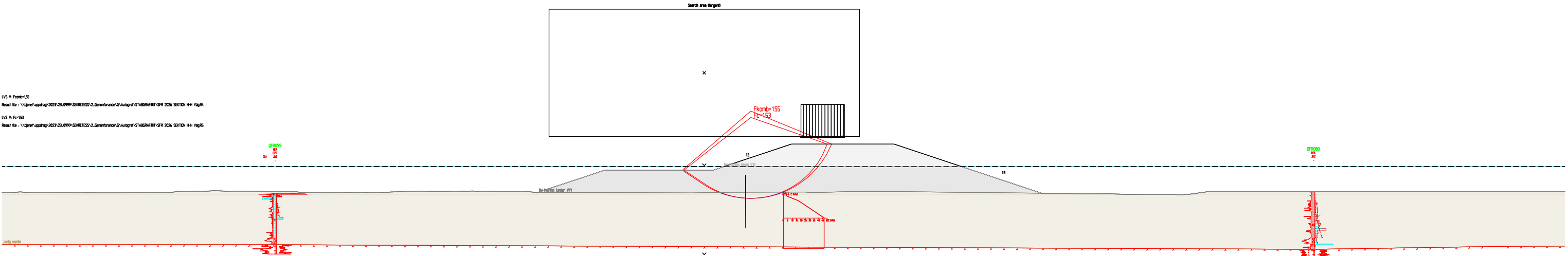


Material	Un	Veigh	Sub	Veigh	fi	C	C	C	Aa	Ad	Ap
Ny tyllning	60000	8.00	36.7	6.0	100.0	100	100	100	100	100	100
Ny tyllning	60000	10.00	32.0	6.0	100.0	100	100	100	100	100	100
Lamman	2200	1200	24.4	10%	C-graf	100	100	100	100	100	100

SEKTION G-G

\\lgnet\uppgif\2025\230099\sekretess\2\genomrande\G-Autogra\T\SFR 2026\sektion g-g.nvg





SEKTION H-H

