

HORTEN HAVNEVESEN KF

REGULERINGSPLAN FOR HORTEN HAVN GEOTEKNISKE STABILITETSVURDERINGER

Rapport nr. 5112866-1

2012-02-06 Oppdragsnr.: 5112866



| | | | | | |
|------|------------|------------------------|------------|-------------|----------|
| 1 | 2012-02-06 | Revisjon 1 | AS | AEn | SA |
| 0 | 2011-09-16 | Stabilitetsvurderinger | AS | AEn | SA |
| Rev. | Dato: | Beskrivelse | Utarbeidet | Fagkontroll | Godkjent |

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innhold

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Innledning | 5 |
| 2 | Grunnforhold | 6 |
| 3 | Avgrensning og klassifisering av faresone | 7 |
| 3.1 | Avgrensning av faresone | 7 |
| 3.2 | Klassifisering av sonen | 8 |
| 4 | Stabilitetsberegninger | 10 |
| 4.1 | Generelt | 10 |
| 4.2 | Beregningsmetoder | 10 |
| 4.3 | Geometri | 11 |
| 4.4 | Styrkeparametre | 13 |
| 4.5 | Terrenglaster og poretrykk | 14 |
| 4.6 | Resultater | 15 |
| 4.7 | Seismiske laster | 16 |
| 5 | Konklusjoner | 17 |
| 6 | Referanser | 18 |

VEDLEGG:

1. Stabilitetsberegning snitt 1, dagens situasjon
2. Stabilitetsberegning snitt 2, dagens situasjon
3. Stabilitetsberegning snitt 2, eksempel på tiltak
4. Stabilitetsberegning snitt 3, dagens situasjon
5. Stabilitetsberegning snitt 3, eksempel på tiltak
6. Stabilitetsberegning snitt 4, dagens situasjon
7. Stabilitetsberegning snitt 4, eksempel på tiltak
8. Stabilitetsberegning snitt 5, dagens situasjon
9. Stabilitetsberegning snitt 6, dagens situasjon
10. Stabilitetsberegning snitt 6, eksempel på tiltak
11. Kart med inntegnet faresone

Sammendrag

Det planlegges utbygging av områdene rundt gjestehavna i Horten. Norconsult AS har på oppdrag fra Horten Havnevesen KF vurdert stabilitetsforholdene for dagens situasjon.

Plan- og bygningsloven og byggeteknisk forskrift (TEK10) stiller krav om utredning av skredfare i utsatte områder. Tidligere utførte grunnundersøkelser viser at løsmassene i det aktuelle området defineres som sprøbruddmateriale iht. NVEs retningslinjer 2/2011 «Flaum og skredfare i arealplanar» [1] og vedlegg 1 «Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper» [2]. NVEs retningslinjer er lagt til grunn ved vurdering av stabilitetsforholdene i havna. Disse retningslinjene er en skjerpning av tidligere praksis i bransjen. Dette medfører at flere bebygde områder ikke vil ha det sikkerhetsnivået som kreves for nye utbygginger.

Det er konkludert med at gjeldende krav til sikkerhet kan oppfylles, forutsatt at det utføres stabilitetsforbedrende tiltak. Forslag til tiltak er beskrevet i kapittel 4, og innebærer blant annet oppfylling på sjøbunnen inne i gjestehavna. Detaljprosjektering av tiltakene må foretas når det foreligger bedre dokumentasjon av grunnforholdene og mer detaljerte planer for utbyggingen. Supplerende grunnundersøkelser vil høyst sannsynlig ikke medføre økt behov for stabilitetsforbedrende tiltak. Redusert omfang av tiltakene som følge av supplerende grunnundersøkelser anses imidlertid som mer sannsynlig.

Vedlegg 11 viser antatt maksimalt areal som kan bli berørt av en skredhendelse i det aktuelle området. I plandokumentene må dette arealet innarbeides som et aktsomhetsområde for kvikkleireskred. Alle tiltak som kan påvirke stabilitetsforholdene må vurderes spesielt, og sikkerhet skal dokumenteres iht. ref. [2].

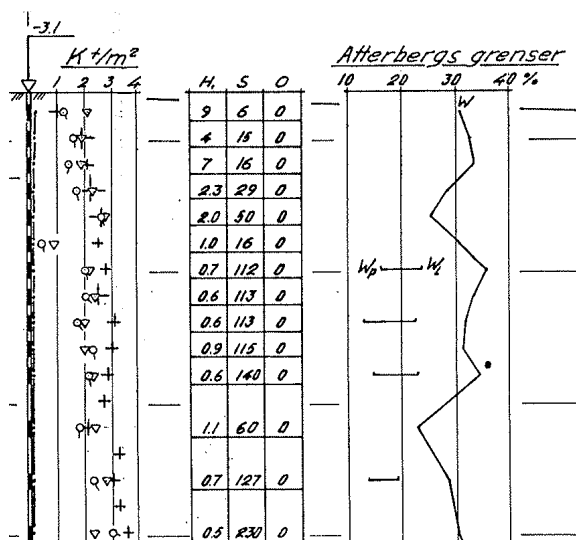
Setninger er ikke omtalt spesielt i denne rapporten, men det er tatt med noen generelle betraktninger omkring dette i kapittel 5. Det må forventes at enhver tilleggsbelastning på grunnen, for eksempel som følge av oppfylling, vil medføre tilleggssetninger. Med hensyn på setninger vil det derfor være ugunstig å heve terrengnivået. Heving av terrengnivået vil også kunne ha negativ påvirkning på stabilitetsforholdene. Det antas at større bygninger/konstruksjoner vil bli fundamentert på peler til berg/fast grunn, og at disse dermed vil bli tilnærmet setningsfrie. Det må forventes at det pågår noe terrengsetninger i området, men vi har ikke vurdert størrelsen/hastigheten av pågående setninger. Dette bør vurderes nærmere i forbindelse med detaljprosjekteringen, spesielt med tanke på å lage fleksible løsninger i overganger til pelefundamenterte konstruksjoner.

2 Grunnforhold

Det er tidligere utført en del grunnundersøkelser i området, blant annet i forbindelse med bygging av fergekaier, utfylling i sjøen og oppføring av bygg. Rapportnummer og tittel for undersøkelsene som er mest relevante for gjestehavna er listet opp under.

- Rapport nr. 25636 «Horten havn. Molo for gjestehavn. Utfylling ved havnefogdens kontor. Grunnundersøkelser – Geoteknisk vurdering», 25. september 1986, Noteby
- Rapport nr. 25636-2 «Horten havn. Moloer for gjestehavn», 15. januar 1988, Noteby
- Rapport nr. 117089-1 «Horten Havn – Gjestehavna», 26. november 2007, Multiconsult
- Rapport nr. 101888-1 «Geoteknisk datarapport. Grunnundersøkelser/Miljøteknisk sedimentundersøkelser», 18. juni 2001, Multiconsult/Noteby
- Rapport nr. 5054 «Nytt fergeleie ved Rustadbryggen. Grunnundersøkelser og geoteknisk utredning», 1. juli 1963, Noteby
- Rapport nr. 11390-1,-2,-3,-4,-5 og 6. «Ro/Ro kai», 1972-1979, Noteby

Grunnen i området består hovedsakelig av leire til store dyp. På land er det fyllmasser som antas å bestå hovedsakelig av grus og stein. Opptatte prøveserier viser at leira stedvis er meget sensitiv/kvikk. Dette innebærer at leira blir tilnærmet flytende ved omrøring, og at omfanget av en eventuell utglidning kan bli vesentlig større enn i mindre sensitive masser. Figur 2 viser en prøveserie og vinge-boring tatt ved Rustadbrygga syd for planområdet. Leira karakteriseres som meget sensitiv/kvikk fra ca. 3-4 m dybde.



Figur 2: Prøveserie og vinge-boring tatt ved Rustadbrygga

3 Avgrensning og klassifisering av faresone

3.1 AVGRENSNING AV FARESONE

En faresone angir antatt maksimalt areal som kan bli berørt av en skredhendelse. Avgrensning av sonen kan baseres på utbredelsen av sprøbruddmateriale og/eller topografiske kriterier. Foreliggende grunnundersøkelser indikerer at det er sprøbruddmateriale i store deler av havneområdet, men undersøkelsene er ikke tilstrekkelige til å bestemme utbredelsen av slike materialer. Det er derfor valgt å benytte topografiske kriterier for å bestemme utbredelsen av arealet som skal defineres som en faresone. Det er lagt til grunn at et skred vil maksimalt få en lengde fra skråningsfot tilsvarende 15 ganger skråningshøyden [3].

Kart med inntegnet faresone er vist i vedlegg 11. Dette arealet vil bli innarbeidet som en aktsomhetssone i plandokumentene.

Nordre del av planområdet

Terrenget er tilnærmet flatt på ca. kote +2,0. Mot syd ligger sjøbunnen på ca. kote -7,0 på det dypeste, dvs. skråningshøyde inntil ca. 9 m. Basert på dette er det antatt at et skred her maksimalt vil kunne få en lengde på ca. 135 m fra skråningsfot.

Vestre del av planområdet

Terrenget er tilnærmet flatt mellom sjøen og veien (Strandpromenaden). Avstanden fra veien til sjøen er ca. 80 m. Terrenghelningen på land varierer mellom ca. kote +2,0 og ca. kote +2,5. Sjøbunnen innerst i havna ligger på ca. kote -2,5, dvs. skråningshøyde inntil ca. 5 m. Basert på dette er det antatt at et skred her maksimalt vil kunne få en lengde på ca. 75 m fra skråningsfot.

Vest for Strandpromenaden stiger terrenget fra ca. kote +2,5 til ca. kote +11 i Langgata. Gjennomsnittlig helning er ca. 1:20. Basert på terrenghelningen har vi vurdert det slik at dette området ikke er å betrakte som en potensiell faresone mht. kvikkleireskred.

Søndre del av planområdet

Høyden på skråningen mot gjestehavna er ca. 9 m. Basert på dette er det antatt at et skred her maksimalt vil kunne få lengde på ca. 135 m fra skråningsfot.

Fra fergekaia og sydover er det registrert kvikkleire i en rekke borpunkter. Basert på foreliggende undersøkelser antas at det kan finnes sammenhengende lag av kvikkleire fra gjestehavna og flere hundre meter sydover. Avgrensningen av fareområdet mot syd er lagt i nordre ende av raset som skjedde i 2006. Rasområdet er stabilisert med en motfylling som strekker seg ca. 500 m sydover.

3.2 KLASSIFISERING AV SONEN

Kvalitativ vurdering av skadekonsekvens og faregradsklasse utføres iht. ref. [3].

Skadekonsekvens er inndelt i 3 klasser; Mindre alvorlig, alvorlig og meget alvorlig. Evaluering av skadekonsekvens utføres ved hjelp av tabellen i figur 3. Vi har kommet til en score på 31% av maks score før utbygging, og 58% etter utbygging. Det vil si at området vurderes å være i skadekonsekvensklasse 1 før utbygging og skadekonsekvensklasse 2 etter utbygging.

| Faktorer | Vekt-tall | Konsekvens, score | | | | |
|-------------------------|-----------|-------------------|------------|--------------|-------|-------|
| | | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| Boligheter, antall | 4 | Tett > 5 | Spredt > 5 | Spredt < 5 | Ingen | 0/12 |
| Næringsbygg, personer | 3 | > 50 | 10 – 50 | < 10 | Ingen | 9/9 |
| Annen bebyggelse, verdi | 1 | Stor | Betydelig | Begrenset | Ingen | 1/1 |
| Vei, ÅDT | 2 | >5000 | 1001-5000 | 100-1000 | <100 | 4/4 |
| Toglinje, baneprioritet | 2 | 1 – 2 | 3 – 4 | 5 | Ingen | 0 |
| Kraftnett | 1 | Sentral | Regional | Distribusjon | Lokal | 0 |
| Oppdemning/flom | 2 | Alvorlig | Middels | Liten | Ingen | 0 |
| Sum poeng | | 45 | 30 | 15 | 0 | 14/26 |
| % av maksimal poengsum | | 100 % | 67 % | 33 % | 0 % | 31/58 |

Figur 3: Evaluering av skadekonsekvens [3]

Faregrad er inndelt i 3 klasser; lav, middels og høy. Faregraden evalueres ved hjelp av tabellen i figur 4. Vi har anslått en score på ca. 37-45 % av maksimal score for tilstanden før utbygging. Dette tilsvarer faregradsklasse middels. Etter utbygging har vi anslått en score på ca. 14-22 %, dvs. faregradsklasse lav. Dette forutsetter at det utføres tiltak som medfører stor forbedring av stabilitetsforholdene.

Risiko er lik skadekonsekvens x faregrad. Tallverdien for risiko fremkommer ved å multiplisere %-tallet for skadekonsekvens med %-tallet for faregrad. Som vist i figur 5 er risiko inndelt i 5 klasser, hvor 1 er lavest og 5 er høyest. På grunnlag av vurderingene beskrevet over har vi kommet til at planområdet befinner seg i risikoklasse 3 både før og etter utbygging.

| Faktorer | Vekt tall | Faregrad, score | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------------|------------|-----------|--------------|-------------------------|
| | | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| Tidligere skredaktivitet | 1 | Høy | Noe | Lav | Ingen | 1-2/1-2 |
| Skråningshøyde, meter | 2 | >30 | 20 – 30 | 15 – 20 | <15 | 0/0 |
| Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR) | 2 | 1,0-1,2 | 1,2-1,5 | 1,5-2,0 | >2,0 | 6/6 |
| Poretrykk | 3 | > + 30 | 10 – 30 | 0 – 10 | Hydrostatisk | 0/0 |
| Overtrykk, kPa: | | | | | | |
| Underttrykk, kPa: | -3 | > - 50 | -(20 – 50) | -(0 – 20) | | |
| Kvikkleiremektighet | 2 | >H/2 | H/2-H/4 | <H/4 | Tynt lag | 6/6 |
| Sensitivitet | 1 | >100 | 30-100 | 20-30 | <20 | 3/3 |
| Erosjon | 3 | Aktiv/glidn. | Noe | Lite | Ingen | 3-6/0-3 (ikke kartlagt) |
| Inngrep: | 3 | Stor | Noe | Liten | | 0/9 |
| forverring | | | | | | |
| forbedring | -3 | Stor | Noe | Liten | Ingen | |
| Sum | | 51 | 34 | 16 | 0 | 19-23/7-11 |
| % av maksimal poengsum | | 100 % | 67 % | 33 % | 0 % | 37-45%/14-22% |

Figur 4: Evaluering av faregradsklasse [3]

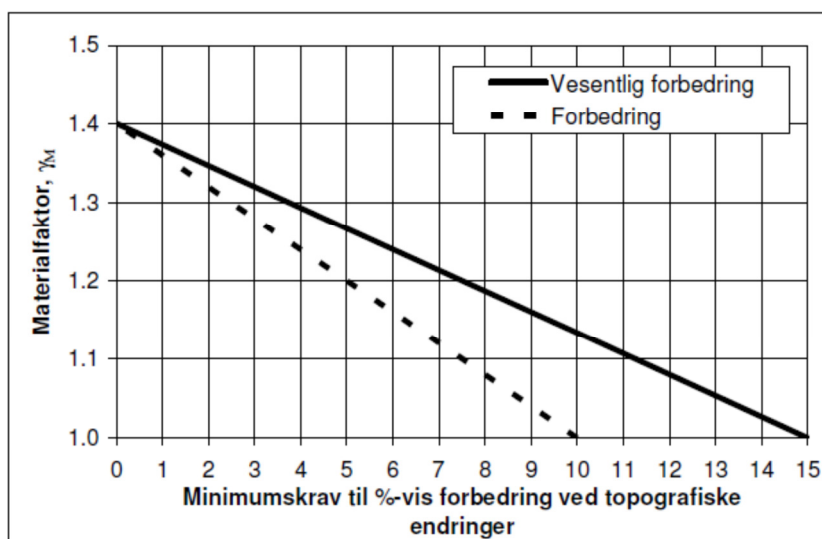
- Risikoklasse 1 omfatter alle soner med tallverdi fra 0 til 170
- Risikoklasse 2 omfatter alle soner med tallverdi fra 171 til 630
- Risikoklasse 3 omfatter alle soner med tallverdi fra 631 til 1 900
- Risikoklasse 4 omfatter alle soner med tallverdi fra 1 901 til 3 200
- Risikoklasse 5 omfatter alle soner med tallverdi fra 3 201 til 10 000

Figur 5: Risikoklasser [3]

4 Stabilitetsberegninger

4.1 GENERELT

Ref. [1] og [2] legges til grunn for stabilitetsberegningene. Krav til sikkerhet avhenger av tiltakskategori og faregradsklasse før utbygging. Som beskrevet i kapittel 3 har vi lagt til grunn faregradsklasse middels. Videre vurderes tiltaket å være tiltakskategori 3; «Tiltak som innebærer tilflytting av mennesker og tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner». Dette medfører at det må dokumenteres ved stabilitetsberegninger at materialfaktoren (forholdet mellom tilgjengelig og mobilisert skjærfasthet langs potensielle glideflater) er minimum 1,4. Alternativt kan det gjøres topografiske endringer som medfører vesentlig forbedring iht. figur 6. Eksempelvis vil en materialfaktor før tiltak på 1,1 medføre krav om forbedring på ca. 11 %.



Figur 6: Krav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer [2]

Prinsippet om prosentvis forbedring gjelder iht. ref. [2] kun for topografiske endringer. Vi har imidlertid fått opplyst fra NVE at det tidligere er gitt aksept for å benytte dette prinsippet i tilfeller der lette masser benyttes for å oppnå avlastning. Dersom lette masser benyttes for å oppnå redusert tilleggslast gjelder kravet om materialfaktor $\geq 1,4$.

4.2 BEREGNINGSMETODER

Iht. ref. [2] skal sikkerheten mot utglidning bestemmes både for dagens situasjon med drenert jordoppførsel, og for hendelser som kan medføre udrenert jordoppførsel. For å tilfredsstille dette utføres stabilitetsberegninger både med effektive styrkeparametre (friksjonsvinkel og attraksjon) og udrenert skjærfasthet s_u . Beregningene er utført i programmet Geosuite stabilitet.

4.3 GEOMETRI

Som beskrevet tidligere er det små høydeforskjeller innenfor planområdet. Etter vår vurdering vil et potensielt leirskred som berører planområdet starte i sjøen/strandsonen. Det er sett på 6 snitt i området rundt gjestehavna. Beliggenheten av snittene er vist i figur 7. Sjøbunnskotene på kartet refererer seg til sjøkartverkets nullpunkt, som ligger ca. 0,6 m lavere enn NGOs nullpunkt.

Snitt 1

Terrengnivået ligger her på ca. kote +2 til +2,5. Det er liten vanndybde innerst i havna og sjøbunnen har slak helning mot øst. Totalsondering utført fra kote +2,1 indikerer ca. 2,5 m fyllmasser over normalkonsolidert leire.

Snitt 2

Sjøbunnsnivået er ca. kote -7 (NGO) på det dypeste. Sjøbunnskotene viser en helning på ca. 1:2. Terrengnivået på land ligger på ca. kote +2,0. Ca. 5 m fra kaikanten står eksisterende trebygg som antas å være direktefundamentert. Basert på rapport 25636-2 fra Noteby er det antatt at løsmassene på land består av ca. 3 m fyllmasser av grus og stein. Under dette antas normalkonsolidert leire.

Snitt 2 vurderes også som representativt for motsatt side av gjestehavna. Her er sjøbunnsnivået ca. kote -6,8 (NGO), og terrengnivået på land ligger på ca. kote +1,5 til +2,0. Totalsondering utført fra ca. kote +1,5 indikerer ca. 3,5 m fyllmasser over bløt, sensitiv leire. Dagens kai er en betongkai på pelers.

Snitt 3

Terrengnivået på land ligger på ca. kote +1,5. I sjøen er det mudret for fergekai og dagens sjøbunn ligger på kote -7,2. Skråningshelningen er 1:3. Totalsondering utført fra kote +1,4 indikerer ca. 6 m steinfylling over leire.

Snitt 4

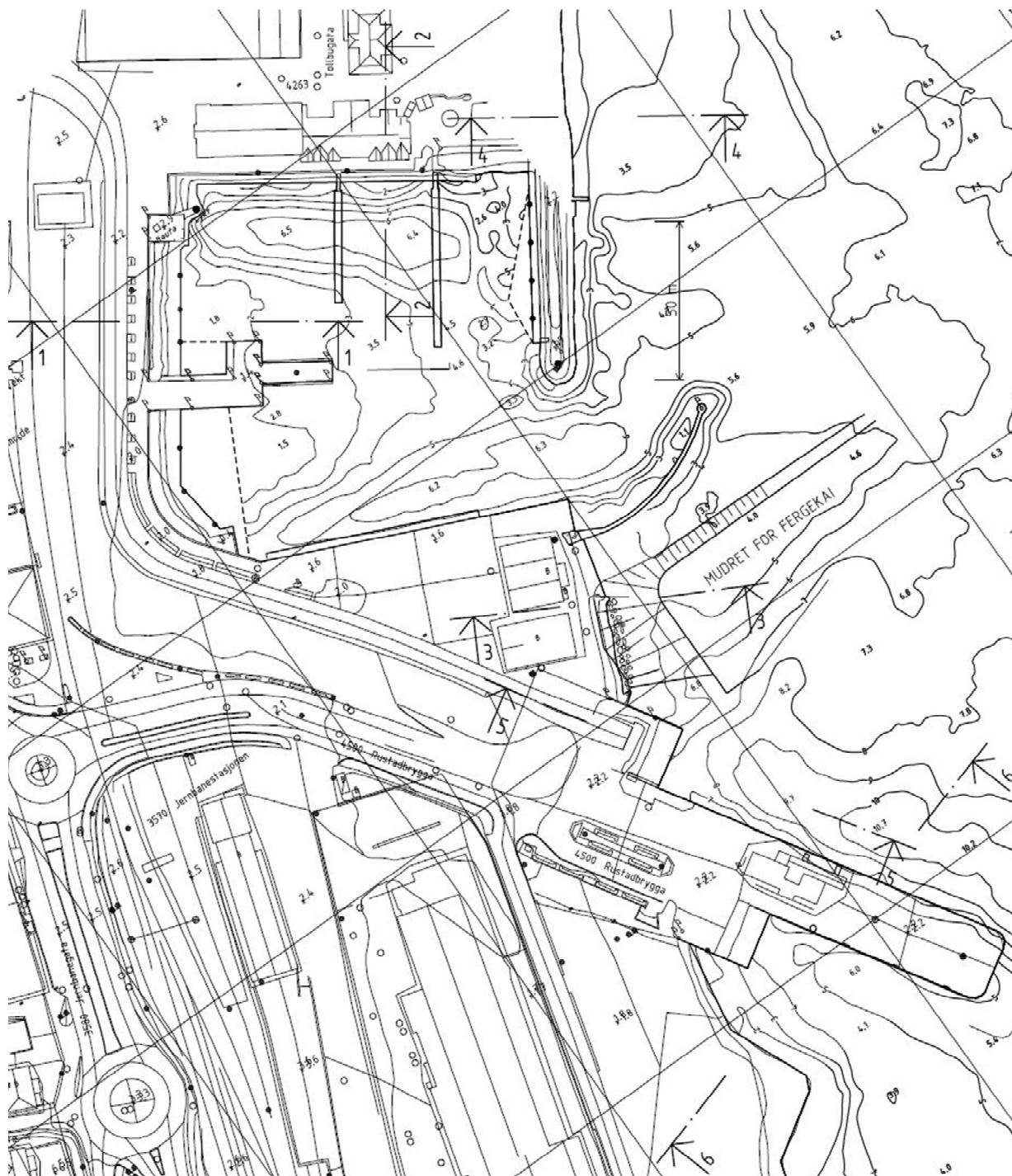
Terrengnivået på land ligger på ca. kote +2,0. Utfylling i dette området er omtalt i rapport 25636 fra Noteby. Det er beskrevet skråningshelning 1:1,5, og fyllmasser av sprengt stein. Basert på eldre prøveserie fra nevnte rapport er det antatt et ca. 2 m tykt sandlag over leira.

Snitt 5

Terrengnivået på land ligger på ca. kote +2,2. I en sone på ca. 15 m fra fyllingsfoten er det rammet 30 m lange avlastningspeler. Fra fyllingsfoten og ca. 8 m utover ligger sjøbunnen på ca. kote -3,0. Videre faller sjøbunnen til ca. kote -9,5 over en lengde på ca. 30 m. Snitt gjennom kaia lenger syd er omtrent tilsvarende, men sjøbunnsnivået ligger her høyere enn ved snitt 5.

Snitt 6

Terrengnivået på land ligger på ca. kote +2,0. Sjøbunnen ligger på ca. kote -2,5 ved fyllingsfoten, og faller deretter til ca. kote -5,5 over en lengde på ca. 30 m.



Figur 7: Beliggenhet av snitt for stabilitetsberegninger

4.4 STYRKEPARAMETRE

Bestemmelse av styrkeparametre er basert på prøveserie og vingeoring ved ny fergekai, prøveserie ved molo for gjestehavna, samt øvrige prøveserier og vingeoringer i området. I tillegg til rutineundersøkelser er det utført treaksialforsøk på 3 prøver.

Basert på treaksialforsøkene er det valgt å regne med karakteristisk friksjonsvinkel $\phi=30^\circ$ i leira, og $a=0$.

Målinger av udrenert skjærfasthet tyder på at leira er tilnærmet normalkonsolidert. For totalspenningsanalysene er det benyttet følgende parametre:

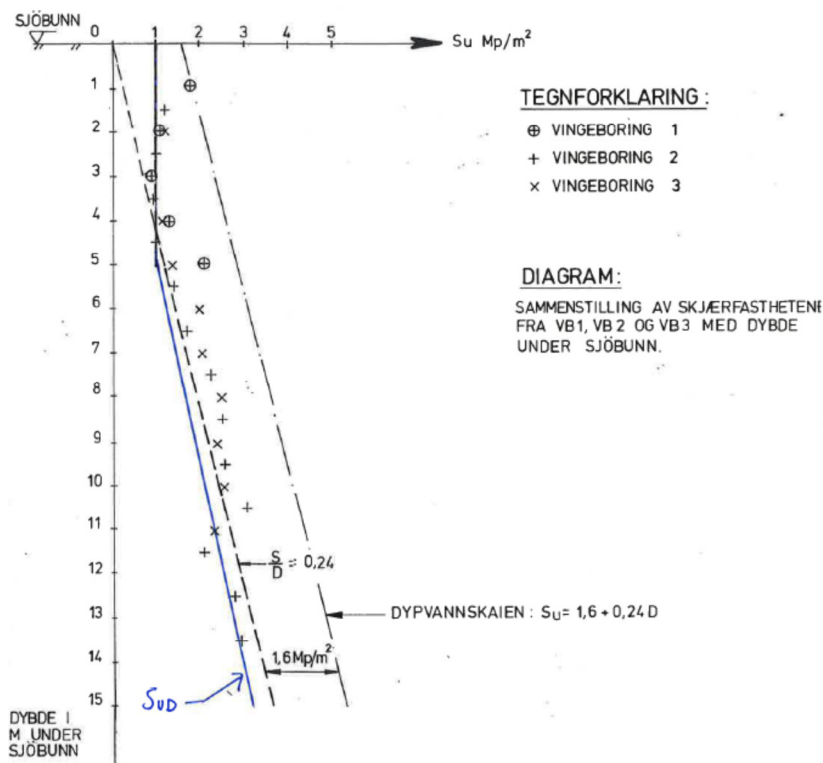
$$s_{uD} = 0,22 \times \gamma' \times z, \quad s_{uD, \min} = 10 \text{ kPa}$$

$$s_{UA} = 1,45 \times s_{uD} (=0,32 \times \gamma' \times z)$$

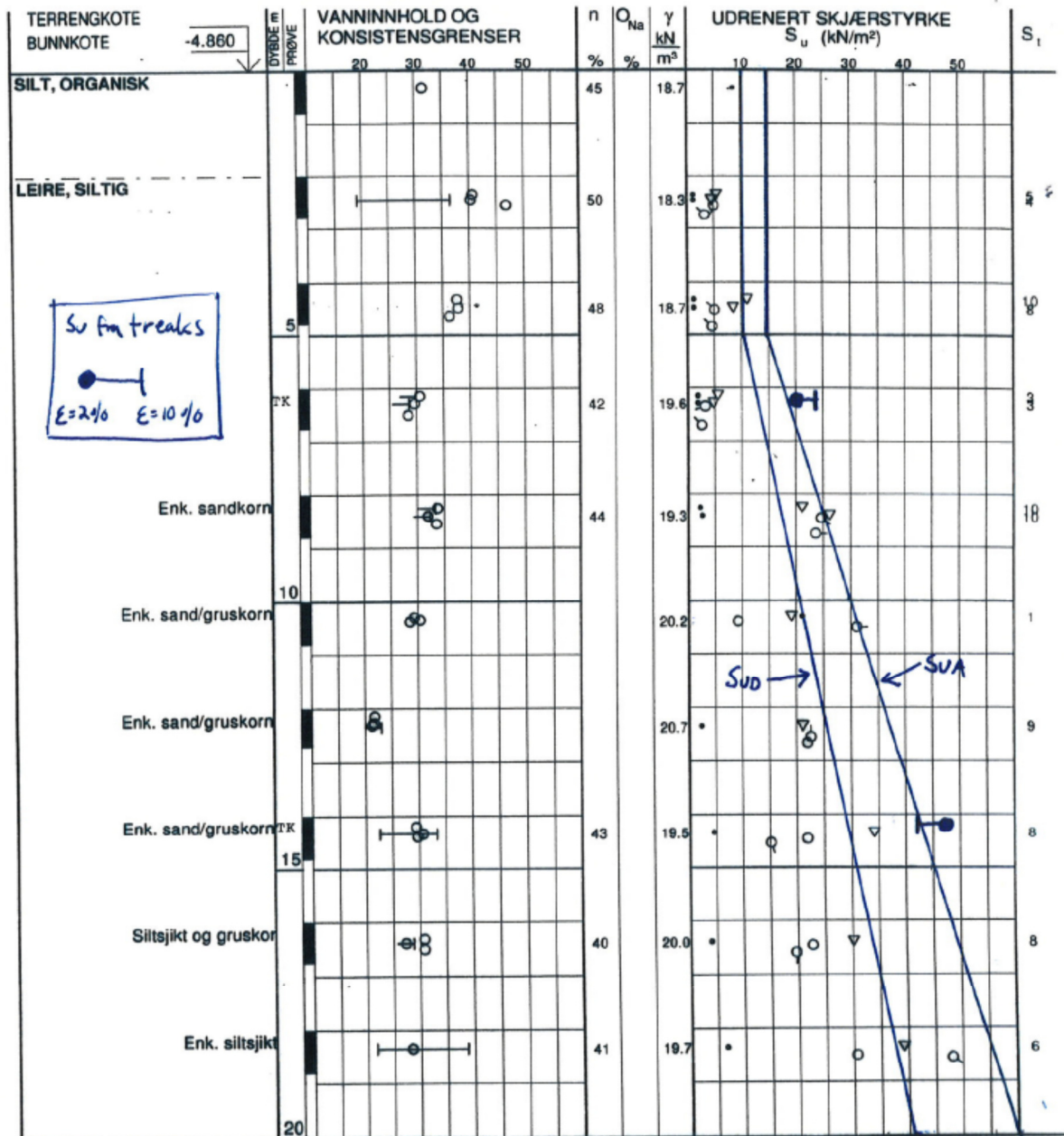
$$s_{UP} = 0,55 \times s_{uD} (=0,12 \times \gamma' \times z)$$

I snitt 3 er det mudret for fergekai. Her er det benyttet udrenert skjærfasthet $s_{uD}=0,22 \gamma' \times z$, med tidligere sjøbunnsnivå kote -5,5 (NGO). I snitt 2 antas også at det er mudret, og her er det benyttet udrenert skjærfasthet $s_{uD}=0,22 \gamma' \times z$, med tidligere sjøbunnsnivå kote -4,5 (NGO)

I figur 8 og 9 er valgt s_u -profil vist på samleplott av 3 vingeoringer fra rapport 11390-1 og på borprofil fra prøveserie ved ny fergekai. Borprofil fra prøveserie ved molo er vist på snitt i vedlegg 2.



Figur 8: Valgt s_u -profil vist på samleplott av 3 vingeoringer fra rapport 11390-1



Figur 9: Borprofil fra prøveserie ved fergekai (rapport 101888-1) med valgt s_u -profil

4.5 TERRENGGLASTER OG PORETRYKK

For trafikkerte arealer er det regnet med jevnt fordelt terrenglast $q=10$ kPa. For øvrige arealer er det regnet med jevnt fordelt karakteristisk terrenglast $q=5$ kPa. Det er benyttet lastfaktor 1,3.

Ettersom fyllmassene på land hovedsakelig består av grus og stein antas grunnvannsnivå her å korrespondere med vannstanden i sjøen. I beregningene er det benyttet «laveste astronomiske tidevann» som er på ca. kote -0,4 (NGO). Det er antatt hydrostatisk poretrykksøkning i dybden.

4.6 RESULTATER

Resultater fra stabilitetsberegningene er vist i vedlegg 1-10. Beregninger med drenerte styrkeparametre er utelatt da dette for alle snittene ga høyere materialfaktor enn beregninger med udrenerte parametre.

SNITT 1

Totalspenningsbasert stabilitetsberegning gir materialfaktor $\gamma_m=1,39$. Effektivspenningsbasert stabilitetsberegning gir $\gamma_m=2,3$. Basert på dette vurderes sikkerheten mot utglidninger som tilfredsstillende. Det må unngås oppfyllinger eller andre inngrep som medfører forverring av stabiliteten.

SNITT 2

Totalspenningsbasert stabilitetsberegning gir materialfaktor $\gamma_m=1,08$. Beregning med effektive styrkeparametre gir $\gamma_m=1,3$.

I henhold til figur 6 er krav til forbedring av materialfaktoren ca. 12 % ved topografiske endringer. Dette kan for eksempel oppnås ved generell oppfylling til kote -4,6, kombinert med avslaking av nedre del av skråningen til helning 1:3. Som vist i vedlegg 3 øker materialfaktor for kritisk skjærflate da med ca. 13 %. Beliggenhet av kritisk skjærflate før tiltak er tilnærmet lik beliggenhet av kritisk skjærflate etter tiltak. Det er ikke sett nærmere på ulike alternativer for utforming av «motfylling», kun konkludert med at det er mulig å oppnå kravet til prosentvis forbedret materialfaktor forutsatt at vanddybden i gjestehavna kan reduseres. Det må forutsettes at tilsvarende tiltak er nødvendig ved pelekaia på motsatt side av gjestehavna. Det bemerkes at forbedret sikkerhet også kan oppnås ved andre tiltak enn fylling på sjøbunnen, for eksempel ved avlastning på toppen av skråningen.

SNITT 3

Totalspenningsbasert stabilitetsberegning gir materialfaktor $\gamma_m=1,28$. Effektivspenningsbasert stabilitetsberegning gir $\gamma_m=2,0$.

I henhold til figur 6 er krav til forbedring av materialfaktoren ca. 5 % ved topografiske endringer. Som vist i vedlegg 5 kan dette for eksempel oppnås ved å masseutskifte med lette masser på toppen av skråningen. Tilsvarende tiltak vil være nødvendig videre sydover frem til den gamle fergekaia (se snitt 5). Terrengnivået ligger stedvis noe høyere enn i snitt 3, og nødvendig dybde av masseutskiftingen kan derfor variere. Masseutskiftingen må prosjekteres slik at sikkerhet mot oppdrift er ivarettatt.

SNITT 4

Totalspenningsbasert stabilitetsberegning gir materialfaktor $\gamma_m=1,27$. Effektivspenningsbasert stabilitetsberegning gir $\gamma_m=1,7$.

I henhold til figur 6 er krav til forbedring av materialfaktoren ca. 5 % ved topografiske endringer. Som vist i vedlegg 7 kan dette for eksempel oppnås ved å legge ut en motfylling til kote -2,5. Et annet alternativ kan være masseutskifting med lette masser på toppen av skråningen.

SNITT 5

Noteby-rapport 11390-6 [4] dokumenterer at stabiliteten i dette snittet er tilfredsstillende. Vi har likevel utført en egen beregning og konkludert med at kravet om $\gamma_m > 1,4$ er ivaretatt. Det er ikke sett på korte glideflater i ytre del av fyllingen, da stabiliteten her antas ivaretatt av avlastningspelene. Ved beregning av sikkerhet for dypere glideflater er effekten av pelene forenklet modellert ved at romvekten av fylling på pelene er satt lik null.

Det bemerkes at sjøbunnsnivåene i vår beregning er basert på opplodding utført i 1986. I rapporten fra disse undersøkelsene [5] er det beskrevet at propellerrosjon har medført at sjøbunnen ligger inntil ca. 2 m under opprinnelig mudringsnivå. Videre er det anbefalt i rapporten at situasjonen holdes under oppsikt ved for eksempel årlige opploddinger av sjøbunnen. Vi anbefaler ny opplodding av sjøbunnen for å undersøke om det er behov for erosjonssikring eller andre tiltak i dette området.

SNITT 6

Totalspenningsbasert stabilitetsberegning gir materialfaktor $\gamma_m = 1,03$.

I henhold til figur 6 er krav til forbedring av materialfaktoren 15 % ved topografiske endringer. Som vist i vedlegg 10 kan dette for eksempel oppnås ved å legge ut en motfylling til kote -2,0. Vi anbefaler at motfyllingen som er lagt ut i området lenger syd forlenges nordover til den gamle fergekaia.

4.7 SEISMISKE LASTER

I henhold til Eurokode 7 og 8 skal det dokumenteres sikkerhet mot utglidning av skråninger som følge av jordskjelv. Dette er ikke vurdert i detalj i forbindelse med denne rapporten. Basert på erfaring fra tilsvarende prosjekter, samt overslag med pseudo-statisk metode, mener vi imidlertid at dette ikke vil være dimensjonerende for prosjektering av stabilitetsforbedrende tiltak i dette området.

5 Konklusjoner

Tidligere utførte grunnundersøkelser viser at det stedvis er meget sensitiv og kvikk leire i havneområdet. Stabiliteten av eksisterende skråninger mot sjøen er vurdert på grunnlag av topografiske kart og tidligere utførte grunnundersøkelser. Sikkerheten mot utglidninger i vestre del av planområdet er funnet å være tilfredsstillende. For skråningene ned mot havnebassenget fra nord og syd er det konkludert med at det er behov for stabilitetsforbedrende tiltak. Et mulig tiltak kan være oppfylling på sjøbunnen i havnebassenget, for å redusere skråningshøyden og/eller skråningshelningen.

For å tilfredsstillende krav til materialfaktor ved totalspenningsanalyse er det også funnet å være behov for tiltak for skråningen mot sjøen i nordøst og sørøst. For førstnevnte kan et mulig tiltak være å legge ut motfylling i sjøen. For sistnevnte er oppfylling i sjøen ikke aktuelt på grunn av krav til vanddybde ved fergekaia. Et mulig tiltak i dette området kan være å masseutskifte med lette masser på toppen av skråningen.

Syd for den gamle fergekaia er det lagt ut motfylling for å stabilisere området som raste ut i 2006. Det anbefales at denne motfyllingen forlenges ca. 50 m nordover til den gamle fergekaia. Ved den gamle fergekaia antas sikkerheten mot utglidninger å være tilfredsstillende, men det anbefales nye opploddinger av sjøbunnen for å bestemme om det er behov for erosjonssikring eller andre tiltak. Erosjonsforholdene ved den nye fergekaia bør også undersøkes.

Det er konkludert med at gjeldende krav til sikkerhet kan oppfylles, forutsatt at det utføres stabilitetsforbedrende tiltak. Forslag til tiltak er beskrevet i kapittel 4, og innebærer blant annet oppfylling på sjøbunnen inne i gjestehavna. Detaljprosjektering av tiltakene må foretas når det foreligger bedre dokumentasjon av grunnforholdene og mer detaljerte planer for utbyggingen.

Det er utført begrenset med grunnundersøkelser i det aktuelle området. På arealet som er omfattet av planen er det kun utført tre totalsonderinger, og ikke tatt opp prøver eller utført fasthetsmålinger. Parametre for de utførte stabilitetsberegningene er derfor basert på forsiktig tolkning av undersøkelser utført på sjøen ved fergekaia og moloen for gjestehavna, samt erfaringsdata for normalkonsolidert leire. Det kan ikke utelukkes at supplerende grunnundersøkelser vil redusere behovet for stabilitetsforbedrende tiltak.

Setninger er ikke omtalt tidligere i denne rapporten, men her er tatt med noen generelle betraktninger omkring dette. Det må forventes at enhver tilleggsbelastning på grunnen, for eksempel som følge av oppfylling, vil medføre tilleggssetninger. Med hensyn på setninger vil det derfor være ugunstig å heve terrengnivået. Heving av terrengnivået vil også kunne ha negativ påvirkning på stabilitetsforholdene. Det antas at større bygninger/konstruksjoner vil bli fundamentert på peler til berg/fast grunn, og at disse dermed vil bli tilnærmet setningsfrie. Det må forventes at det pågår noe terrengetninger i området, men vi har ikke vurdert størrelsen/hastigheten av pågående setninger. Dette bør vurderes nærmere i forbindelse med detaljprosjekteringen, spesielt med tanke på å lage fleksible løsninger i overganger til pelefundamenterte konstruksjoner.

6 Referanser

[1] NVE retningslinjer 2/2011, «Flaum- og skredfare i arealplanar», revidert april 2011

Internett: <http://www.nve.no/no/Nyhetsarkiv-/Nyheter/Retningslinjer-Flaum--og-skredfare-i-arealplanar/>

[2] NVE, «Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper», vedlegg 1 til NVEs retningslinjer 2/2011

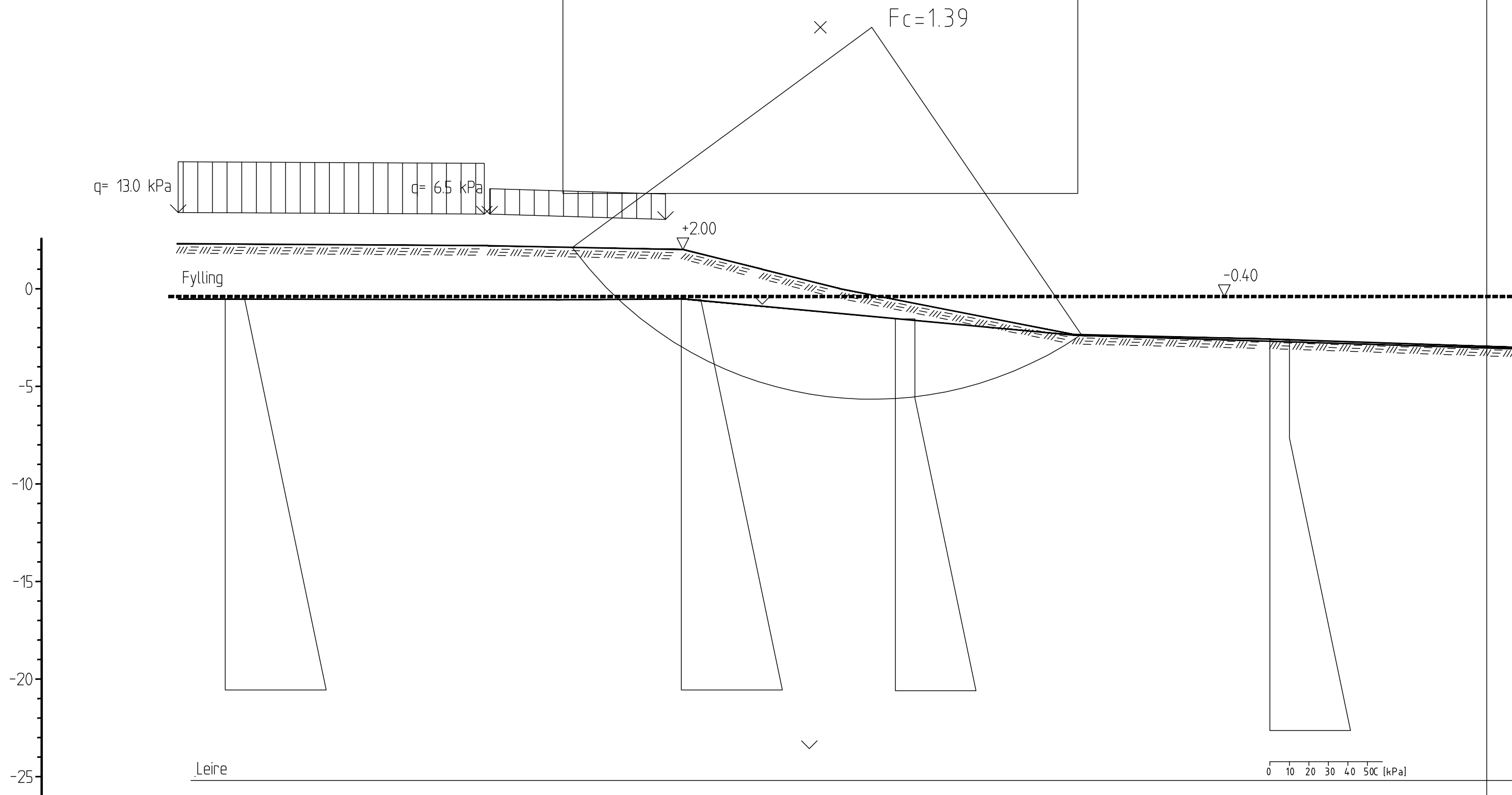
Internett: <http://www.nve.no/no/Nyhetsarkiv-/Nyheter/Retningslinjer-Flaum--og-skredfare-i-arealplanar/>

[3] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire», revisjon 3, 8. oktober 2008

Internett: http://www.nve.no/PageFiles/3743/20081008-2_Kartlegging%20og%20klassifisering%20av%20faresoner%20kvikkleire_Rev03_final.pdf

[4] Noteby, «Ny roll on/roll off kai. Supplerende grunnundersøkelser. Stabilitetsvurderinger», 4. januar 1979

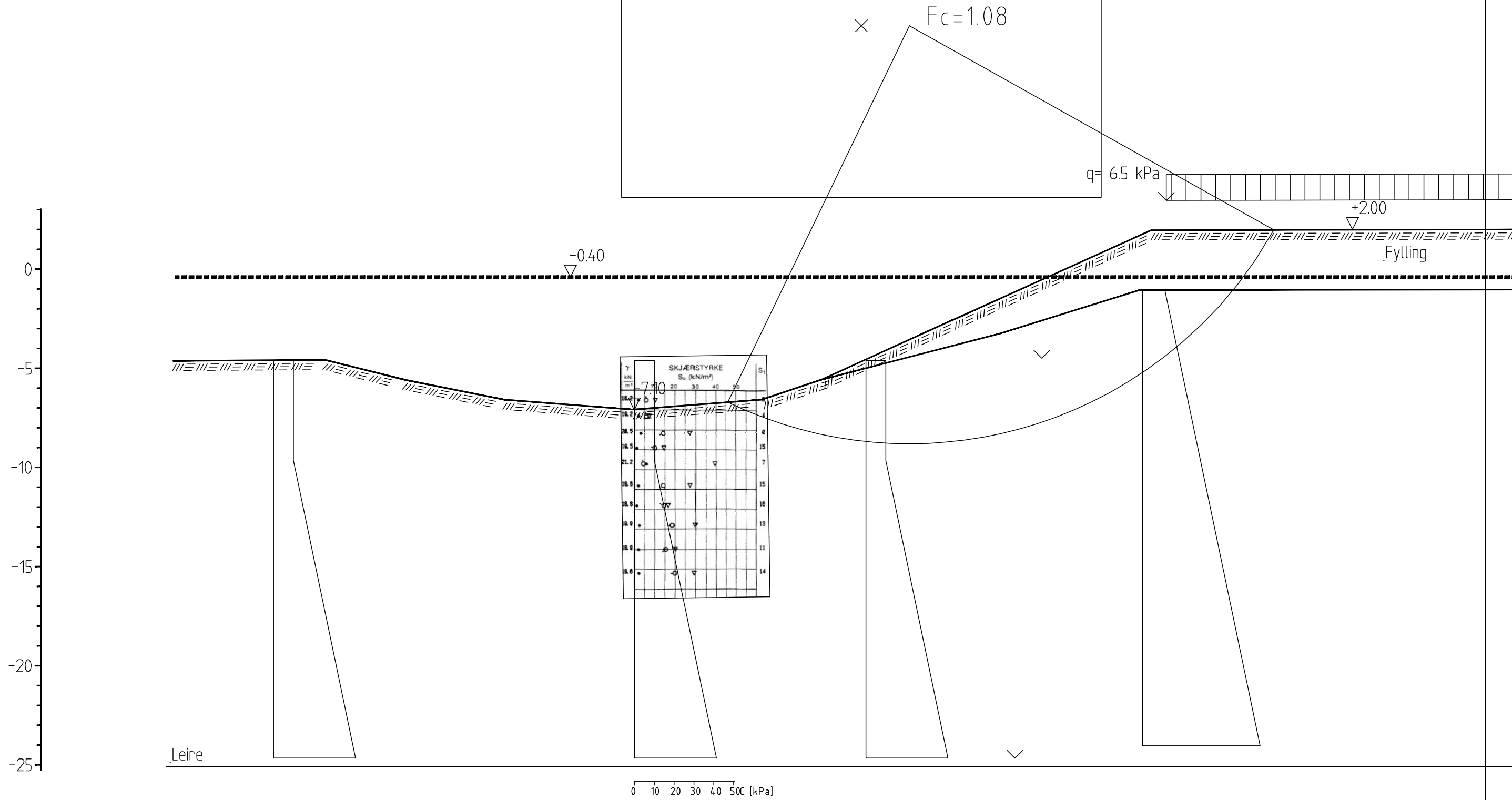
[5] Noteby, «Horten havn. Fergekai. Område utenfor Alpha´s verkstedbygg. Opplodding og dykkerundersøkelse av sjøbunn. Geoteknisk vurdering», 20. august 1986



| Material | no | Un.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap | AltGw | Ru-factor | PWPress. |
|----------|----|-----------|------|-----|----------|------|------|------|-------|-----------|----------|
| Fylling | 1 | 19.00 | 35.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Leire | 2 | 19.00 | --- | --- | C-profil | 1.45 | 1.00 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Horten gjestehavn

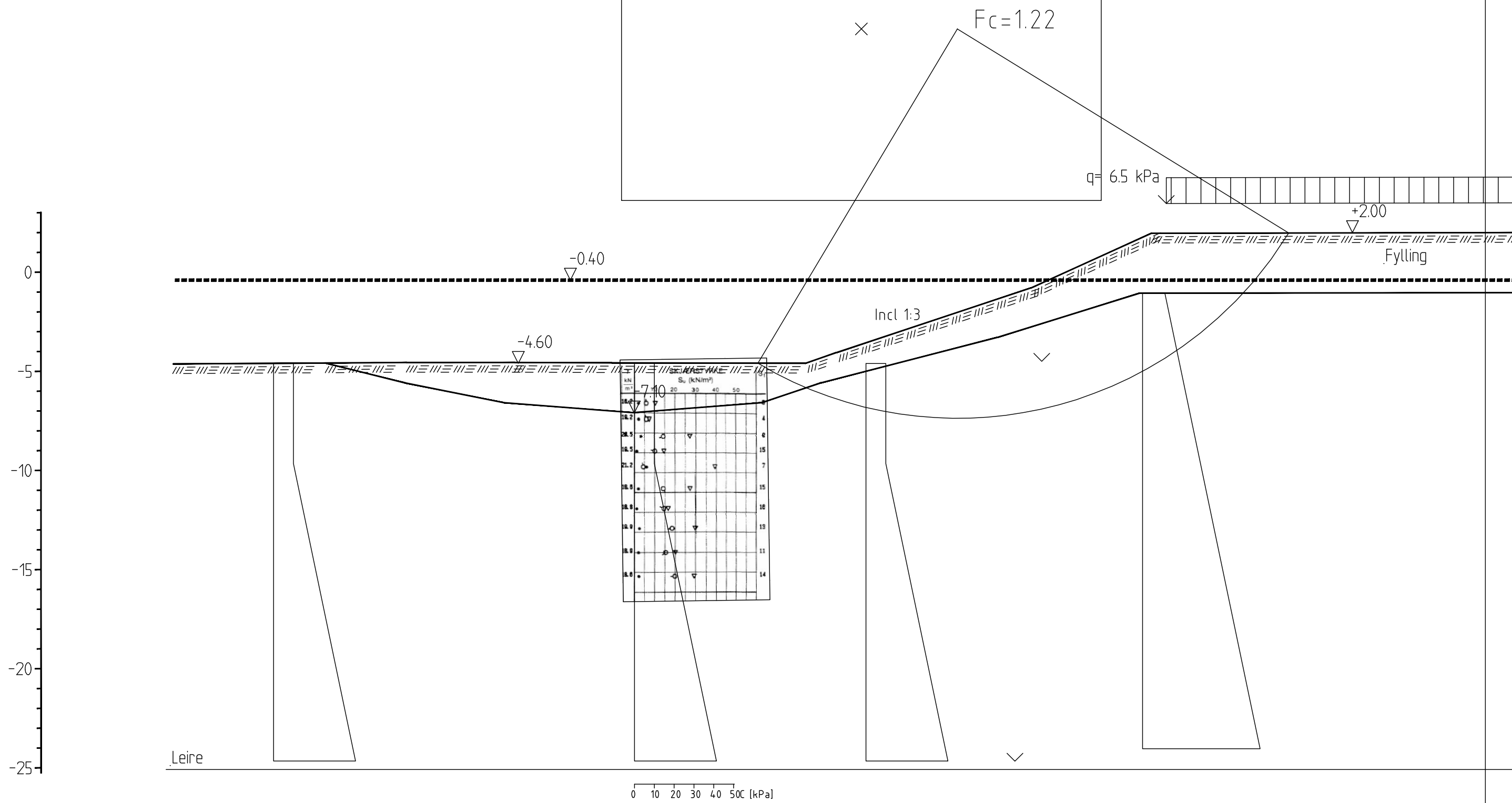
Snitt 1



| Material | no | Un.Weigth | Fi | C` | C | Aa | Ad | Ap | AltGw | Ru-factor | PWPress. |
|----------|----|-----------|------|-----|----------|------|------|------|-------|-----------|----------|
| Fylling | 1 | 19.00 | 35.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Leire | 2 | 19.00 | --- | --- | C-profil | 1.45 | 1.00 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Horten gjestehavn

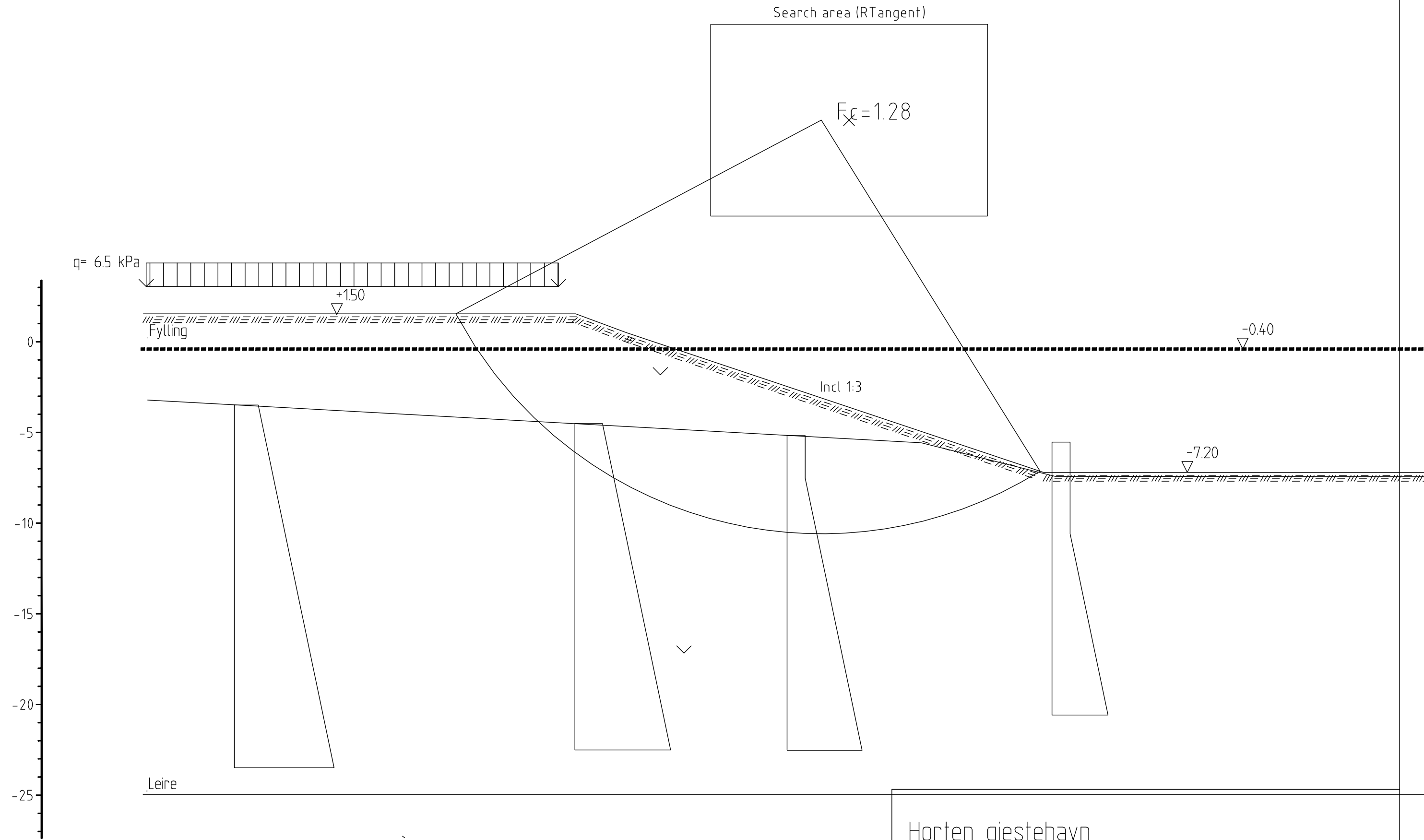
Snitt 2



| Material | no | Un.Weigth | Fi | C` | C | Aa | Ad | Ap | AltGw | Ru-factor | PWPress. |
|----------|----|-----------|------|-----|----------|------|------|------|-------|-----------|----------|
| Fylling | 1 | 19.00 | 35.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Leire | 2 | 19.00 | --- | --- | C-profil | 1.45 | 1.00 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Horten gjestehavn

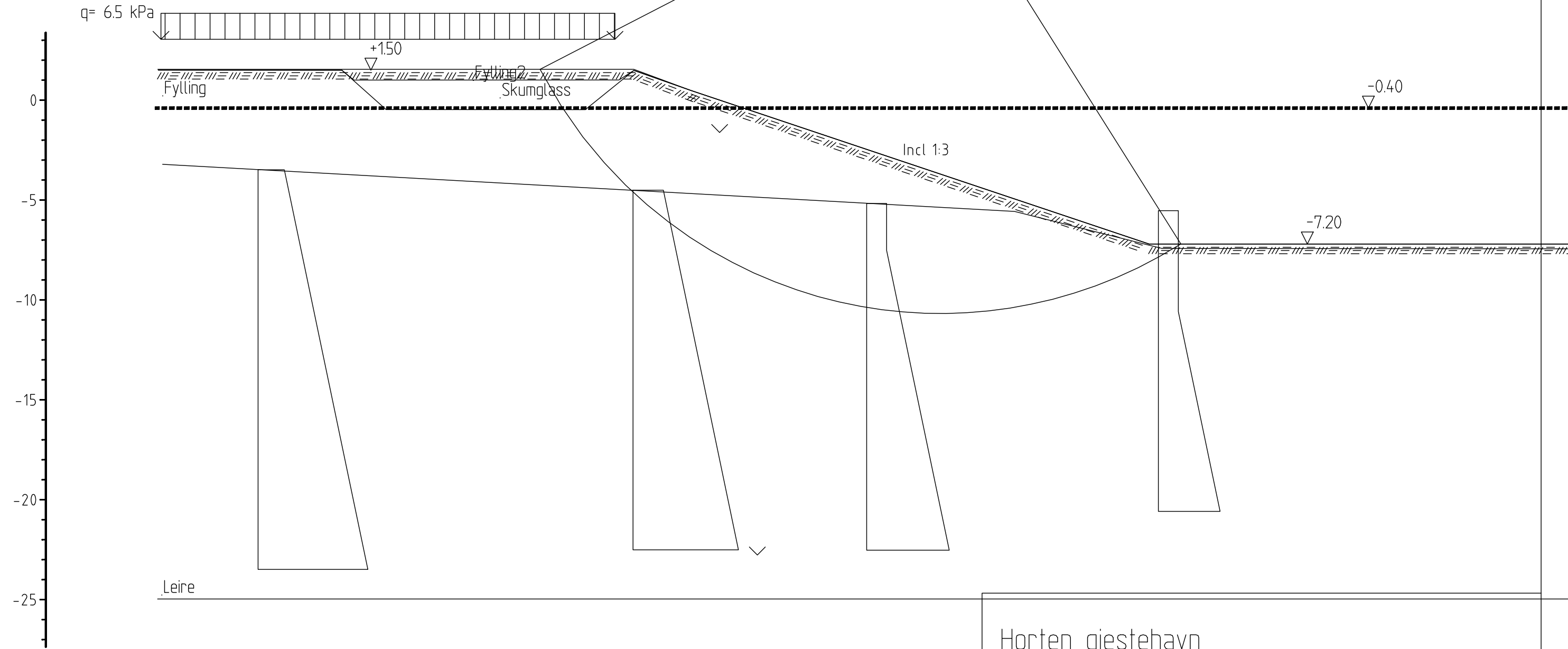
Snitt 2. Eksempel på stabilitetsforbedrende tiltak



| Material | no | Un.Weigth | Fi | c' | C | Aa | Ad | Ap | AltGw | Ru-factor | PWPress. |
|----------|----|-----------|------|------|----------|------|------|------|-------|-----------|----------|
| Fylling | 1 | 19.00 | 40.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Leire | 2 | 19.00 | --- | --- | C-profil | 1.45 | 1.00 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

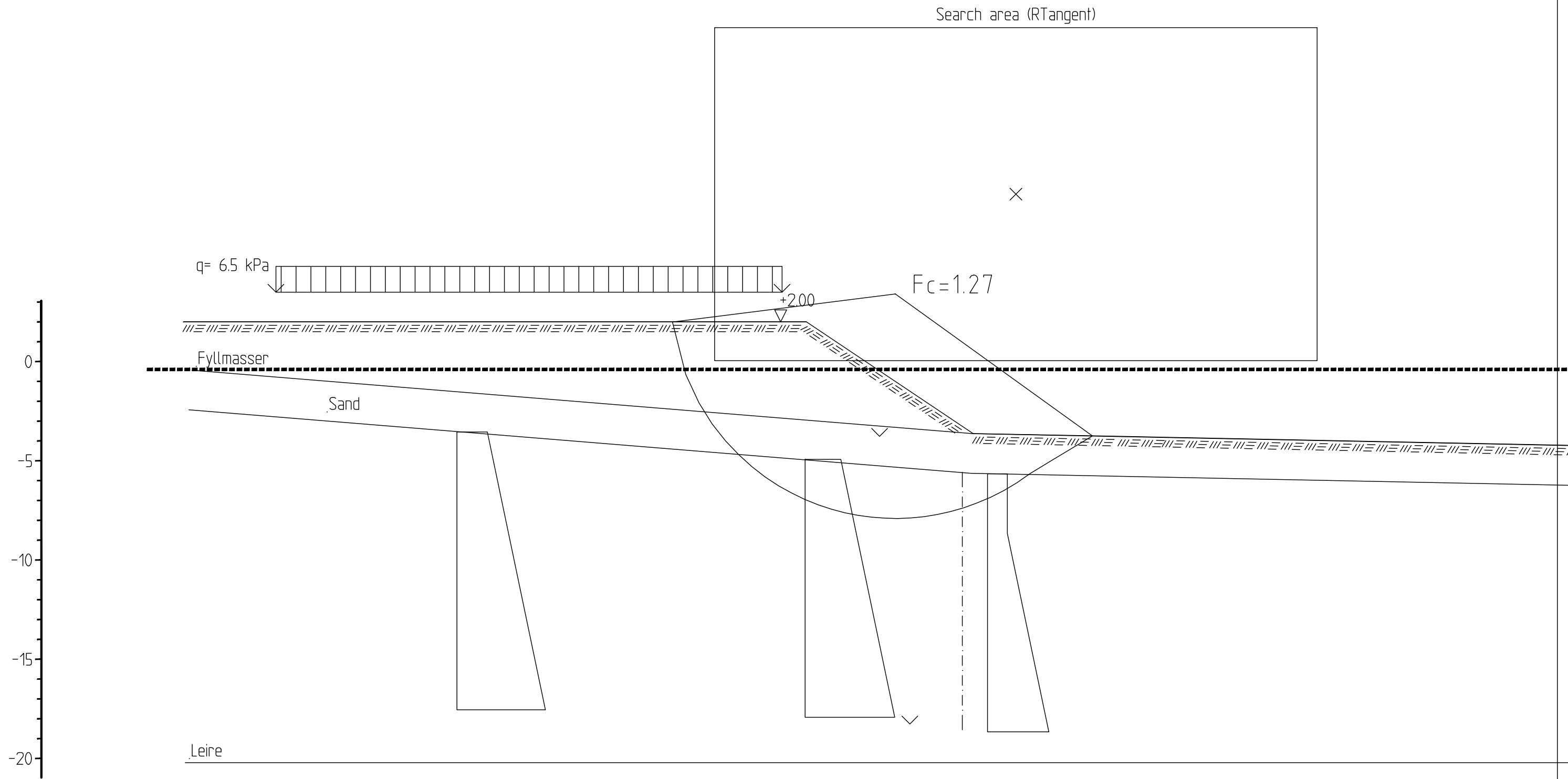
Horten gjestehavn

Snitt 3



Horten gjestehavn

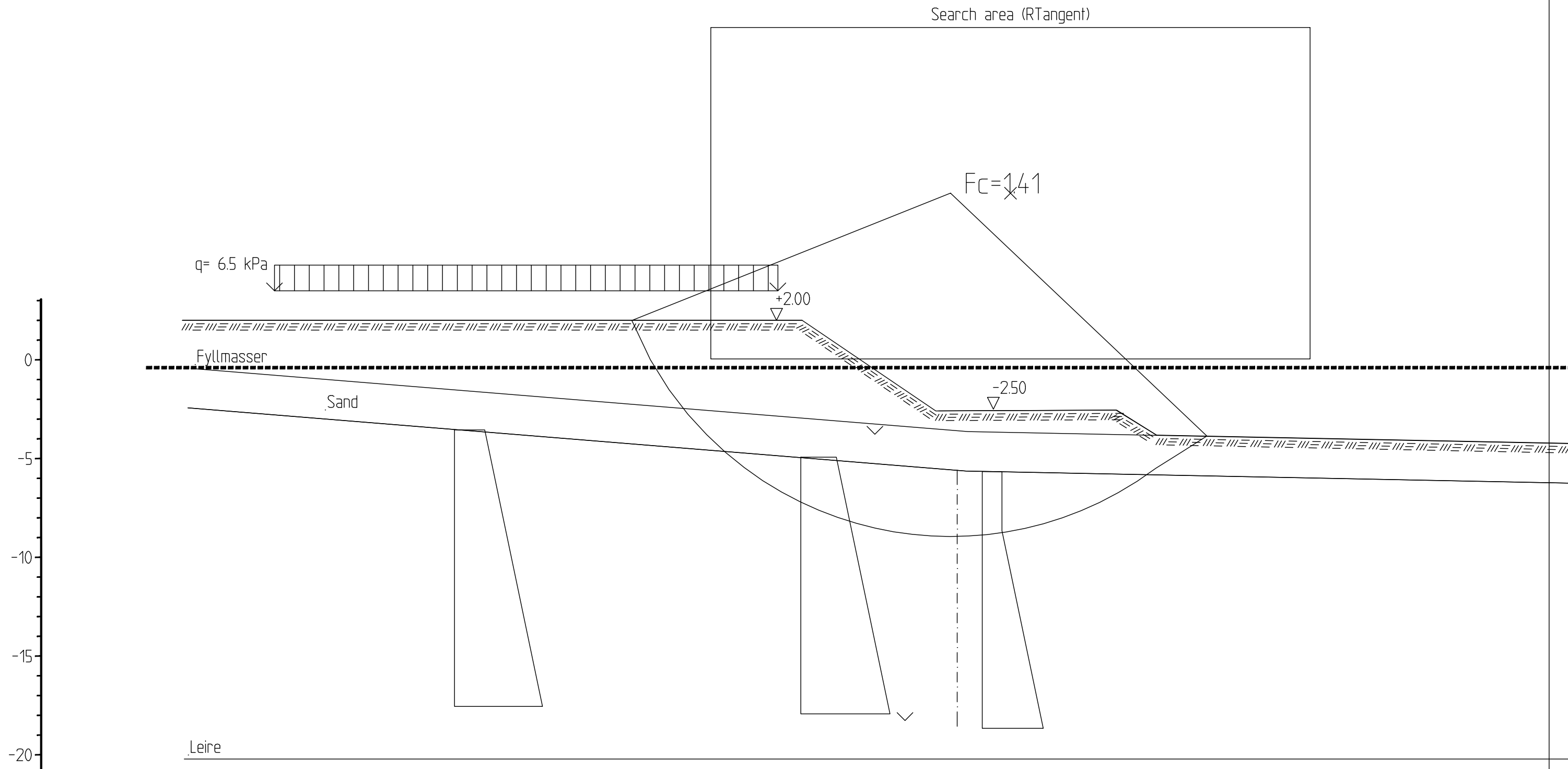
Snitt 3. Eksempel på tiltak



| Material | no | Un.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap | AltGw | Ru-factor | PWPress. |
|------------|----|-----------|------|-----|----------|------|------|------|-------|-----------|----------|
| Fyllmasser | 1 | 19.00 | 40.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Sand | 2 | 19.00 | 34.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Leire | 3 | 19.00 | --- | --- | C-profil | 1.45 | 1.00 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Horten gjestehavn

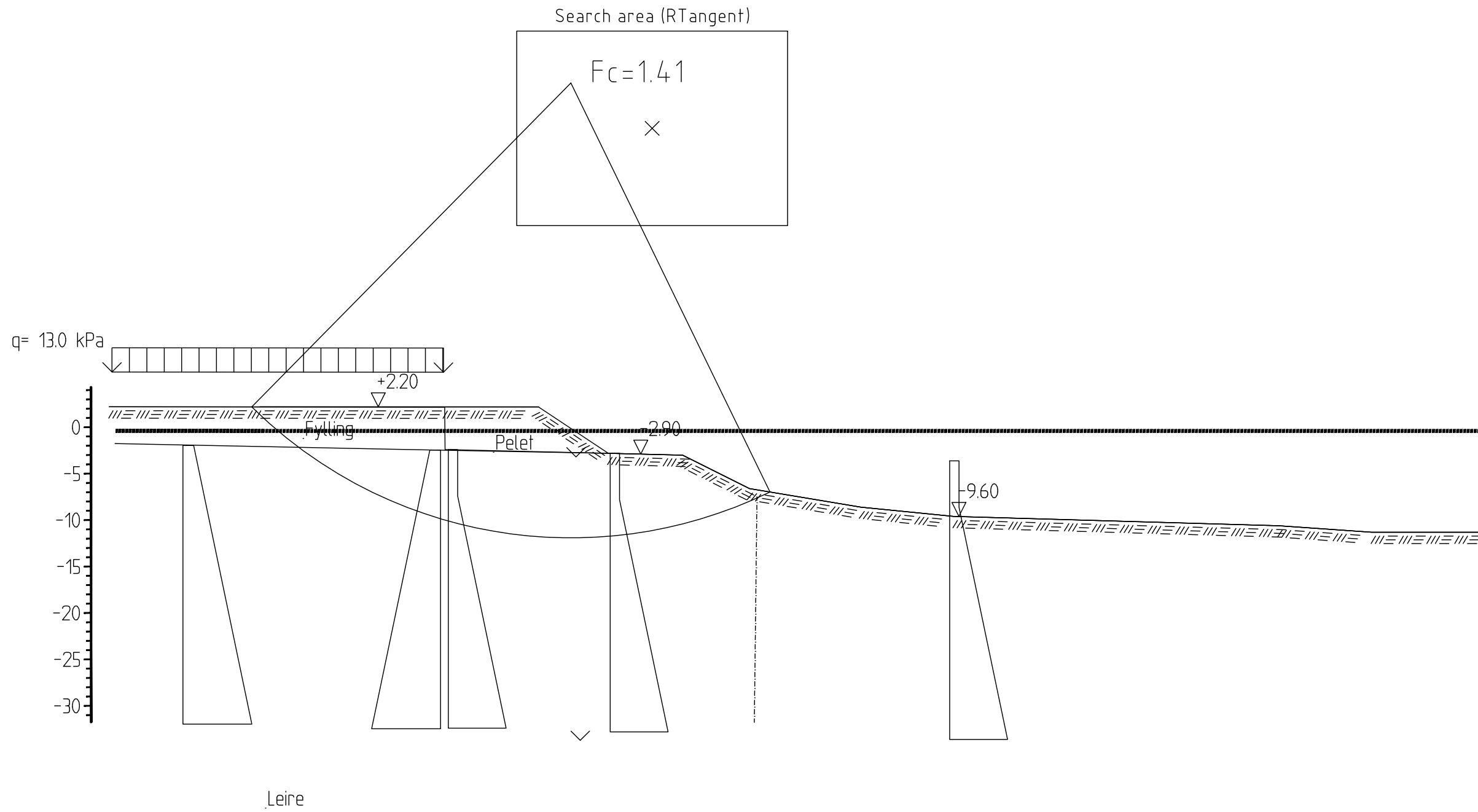
Snitt 4.



| Material | no | Un.Weigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap | AltGw | Ru-factor | PWPress. |
|------------|----|-----------|------|-----|----------|------|------|------|-------|-----------|----------|
| Fyllmasser | 1 | 19.00 | 40.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Sand | 2 | 19.00 | 34.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Leire | 3 | 19.00 | --- | --- | C-profil | 1.45 | 1.00 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

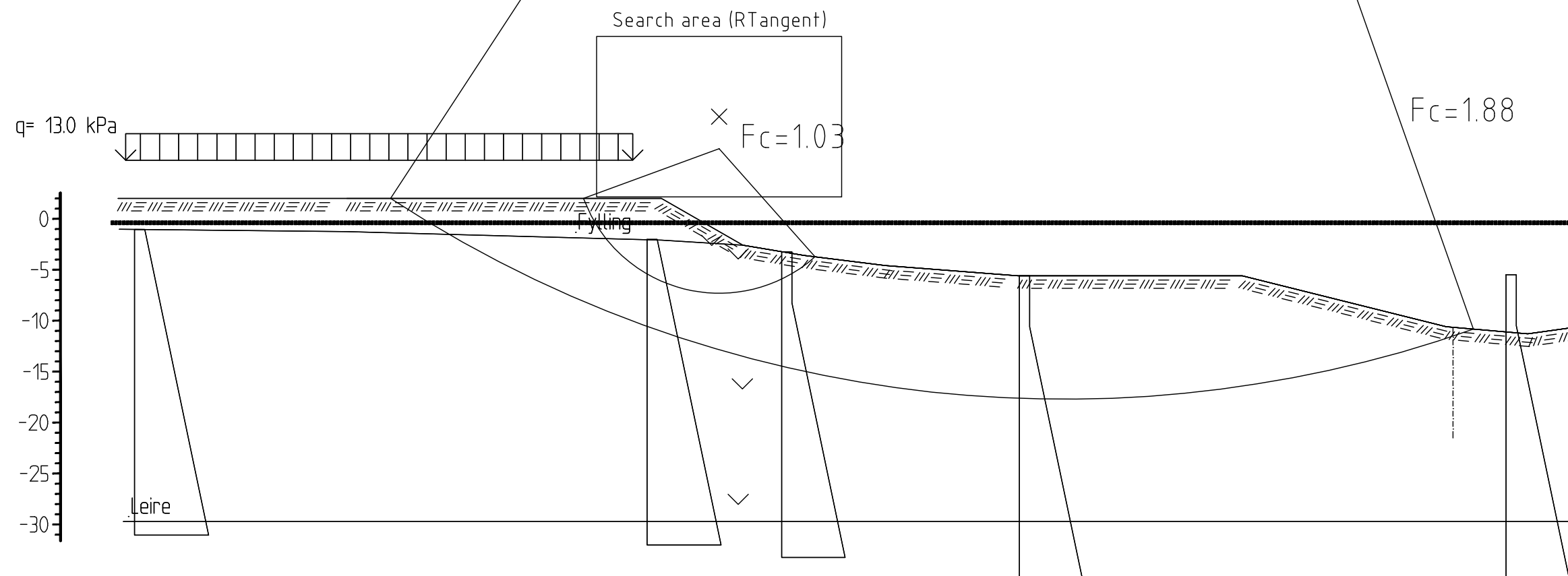
Horten gjestehavn

Snitt 4. Eksempel på tiltak.



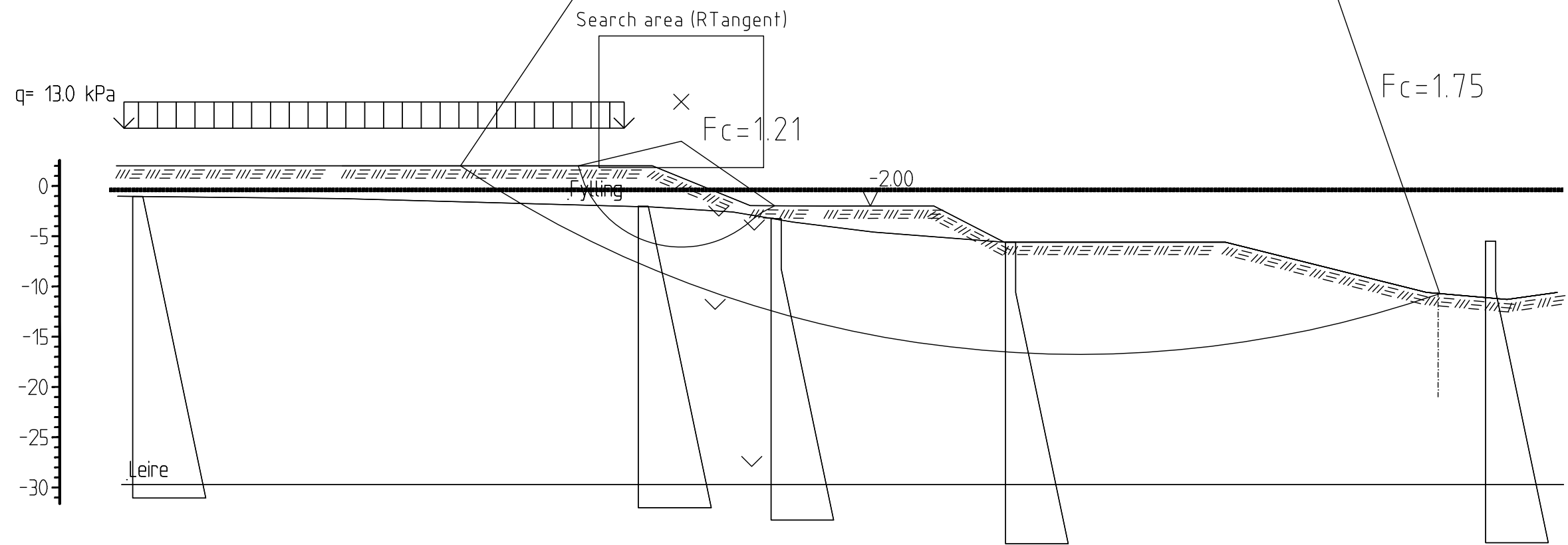
Horten gjestehavn

Snitt 5



Horten gjestehavn

Snitt 6



Horten gjestehavn

Snitt 6, eksempel på tiltak

