

Program for økt sikkerhet mot leirskred

Evaluering av risiko for kvikkleireskred Verdal kommune

20001008-22

10 september 2005

Oppdragsgiver: **Norges vassdrags - og energidirektorat**

Kontaktperson: Erik Endre
Kontraktreferanse: Tilsagnsbrev av 20.10.2003
Ref.: NVE 200100097-78
vpm/een

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder: Odd Gregersen

Rapport utarbeidet av: Øyvind Armand Høydal

Kontrollert av: Odd Gregersen

Arbeid også utført av: Ragnar Moholdt



Sammendrag

Det er foretatt en evaluering av risiko for kvikkleireskred i Nannestad kommune. Tidligere kartlagte ”potensielt skredfarlige kvikkleiresoner” er klassifisert med hensyn på faregrad, konsekvens og risiko.

Resultatene er presentert på kart, se tegning 01, 02 og 03. Av de 47 kartlagte kvikkleiresonene i Verdal kommune er 2 kommet i høyeste faregradklasse, ingen i høyeste konsekvensklasse og 1 i de to høyeste risikoklassene.

Det anbefales utført supplerende undersøkelser for sonen i nest høyeste risikoklasse. Likeledes bør det vurderes hvorvidt 3 øvrige soner i høyeste faregradklasse bør undersøkes i mer detalj. Hensikten med de supplerende undersøkelsene er å oppnå en best mulig bestemmelse av sikkerheten mot skred, samt å vurdere behovene for stabiliserende eller erosjonssikrende tiltak.



Innhold

1	INNLEDNING	4
2	KLASSIFISERINGSMETODE	4
3	GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE	6
4	RESULTATER AV EVALUERINGEN	6
5	TILTAK	7
6	PLAN - OG BYGGESAKSARBEID INNENFOR FARESONER	7
7	PLAN - OG BYGGESAKSARBEID UTENFOR FARESONER	8
8	REFERANSER	8

Vedlegg

Vedlegg A: Veiledning ved bruk av faregrad-, konsekvens og risikokart

Vedlegg B: Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner

Tegninger

01	Faregradkart	M = 1 : 50 000
02	Konsekvenskart	M = 1 : 50 000
03	Risikokart	M = 1 : 50 000

Kontroll- og referanseside

1 INNLEDNING

På oppdrag fra NVE foretar NGI en oppdatering av de tidligere kartlagte kvikkleiresonene på Østlandet og Trøndelag. Sonene evalueres nå med hensyn på risiko for skred. Arbeidet ble påbegynt i 2001 og forventes avsluttet i løpet av 2005.

Det gjennomføres befaringer av alle faresoner for kontroll av erosjonsforhold, ras/glidninger og terrenginngrep. Dette er viktige elementer i evalueringen. Informasjon om bebyggelse, veier, toglinjer og kraftlinjer innen hver enkelt sone innhentes fra de respektive kommuner. For øvrig er arbeidet basert på forliggende tilgjengelig informasjon om grunnforholdene. Det utføres altså ikke nye grunnundersøkelser i forbindelse med oppdraget. Hovedkilden til informasjonen om grunnforholdene vil være NGIs rapport fra arbeidet med "Kartlegging av potensielt skredfarlige kvikkleireområder". I tillegg blir det foretatt søk i NGIs, Jernbaneverkets og Vegvesenets arkiver, samt at også tilgjengelig informasjon fra andre geotekniske konsulenter innhentes.

De opprinnelige faresonene var i mange tilfelle inndelt noe tilfeldig og var ofte svært store. Det er nå foretatt en revurdering av oppdelingen av fareområdene i soner, slik at en sone i best mulig grad skal representere en realistisk utstrekning av et mulig fremtidig skred. Dette har resultert i at mange av de tidligere sonene nå er splittet opp i flere og mindre soner.

Den foreliggende rapporten presenterer resultatene fra risikoevalueringen av faresonene i Verdal kommune. Det er benyttet data fra følgende rapporter i evalueringen, ref. /1/, /2/, /3/, /4/, /5/, /6/ og /7/.

2 KLASSIFISERINGSMETODE

Klassifiseringen av faresonene omfatter evaluering av faregrad og konsekvens for hver enkelt sone. Det er benyttet en kvalitativ metode basert på poengverdier, ref./7/.

Faregrad er evaluert på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier. Konsekvens er evaluert etter graden av urbanisering i sonen: antall boenheter, arbeidsplasser, veier, toglinjer, kraftlinjer etc.

Evalueringen gjøres på grunnlag av kriteriene som fremgår av tabellene 1 og 2, se neste side.

Tabell 1 Evaluering av skadekonsekvens

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

Tabell 2 Evaluering av faregrad

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

Faregrad og konsekvens er delt inn i tre klasser etter resultatet av evalueringen:

Faregrad: Lav Middels Høy
 Konsekvens: Mindre alvorlig Alvorlig Meget alvorlig

Faregrad – og konsekvensevenyleringene er grunnlaget for bestemmelse av risikoklasse: risiko = faregrad x konsekvens. Risiko er inndelt i fem klasser, hvorav 5 er høyeste risiko.

3 GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE

Løsmassene i Verdal kommune er dominert av leire og grus opp til marin grense. Marin grense går opp i ca 180 m o h i Verdal. Grusen ligger hovedsakelig på toppen av leira som israndavsetninger eller fluviale avsetninger. Skred har mange steder fjernet øvre grusavsetninger og underliggende leire ligger igjen.

Leiren er for en stor del bløt og med en høy sensitivitet (mister det meste av sin styrke ved overbelastning eller omrøring). Likevel står mange høye leirskråninger relativt stabilt. Dette skyldes dels horisontale siltige lag som drenerer skråningene og ofte gir mindre poretrykk i skråningene enn det en ellers skulle forvente.

Det har gjennom historien skjedd en rekke store kvikkleireskred i Verdal. Verdalskredet i mai 1893 er et av de mest kjente kvikkleireskred i verden. Samme år senket elva seg høyere opp i dalen (Helgåa) ca 30 m og har i ettertid ført til kontinuerlige mindre utglidninger helt opp til i dag. NVE har nå avsluttet sikringsarbeidet i denne delen av elva, og området er langt på veg sikret.

4 RESULTATER AV EVALUERINGEN

Evalueringen omfatter 47 soner. Resultatene av evalueringen er presentert på de tre temakartene, henholdsvis for faregrad, konsekvens og risiko, tegning 1, 2 og 3. Som det fremgår er fordelingen av antall soner mellom de ulike soner som følger:

Faregrad

Klasse:	Høy	Middels	Lav
Antall soner:	2	21	24

Konsekvens

Klasse:	Meget alvorlig	Alvorlig	Mindre alvorlig
Antall soner:	0	31	16

Risiko

Klasse:	1	2	3	4	5
Antall soner:	6	17	23	1	0

5 TILTAK

NGI anbefaler at det utføres supplerende grunnundersøkelser for soner i de høyeste risikoklassene, klasse 4 og 5. Likeledes bør dette vurderes også for soner i faregradklasse "høy", som ikke er kommet i risikoklassene 4 og 5.

Behovet for supplerende undersøkelser skyldes at evalueringen, som oftest, er basert på lite informasjon om grunnforholdene. De supplerende undersøkelsene skal gi grunnlag for en forbedret evaluering av faregraden, samt gi grunnlag for en gjennomføring av stabilitetsanalyser slik at behovet for eventuelle sikringstiltak kan bestemmes.

Faregradevaluering, utført på grunnlag av mangelfull informasjon om grunnforholdene, skal være noe konservativ/forsiktig antatt. Det vil si at sonen kan være angitt for stor, det kan være angitt sone hvor det ikke er reell fare for kvikkleireskred, eller faregraden kan være estimert for høyt. Supplerende undersøkelser vil bedre grunnlaget for vurdering av disse forholdene.

I Verdal er det 1 sone i risikoklasse 4 og ingen i klasse 5. Sone Innleggshaugen ligger i risikoklasse 4 og her anbefales det utført supplerende undersøkelser. I tillegg er det 2 soner i faregradklasse "høy" som ligger i risikoklassene 3. Disse sonene er: Gudding og Fåren. For disse sonene bør det vurderes utført supplerende undersøkelser.

6 PLAN - OG BYGGESAKSARBEID INNENFOR FARESONER

Utbygging innenfor kvikkleiresoner er en stor utfordring idet det må tas stilling til vanskelige stabilitetsmessige spørsmål. For det første må stabiliteten for hele faresonen analyseres. Dette gjøres for å vurdere hvorvidt det kan inntreffe skred av slikt omfang at utbygningsområdet kan bli truet. Utbygningsområdet må friskmeldes med hensyn til slike skred før utbygging kan påbegynnes. Likeledes må det vurderes om byggevirksomheten i seg selv kan føre til at skred blir utløst, i byggefasen eller etter utbygging.

Utbygging vil imidlertid ofte være mulig, men under forutsetning av gode retningslinjer og at prosedyrer blir fulgt. NGI har, i samarbeid med NVE, utarbeidet retningslinjer til hjelp i arbeidet med plan- og byggesaker innenfor faresoner. Det henvises til rapportens Vedlegg A "Veiledning ved bruk av faregrad-, konsekvens- og risikokart". Retningslinjene er i prinsippet basert på at det utføres forhåndsanalyser av sikkerheten (ROS-analyser) for hele den aktuelle faresonen, samt at det stilles ekstra krav til de geotekniske vurderinger og beregninger (ekstern kontroll) for byggeprosjektet.

Som det fremgår av Veiledning A, kan det gjennomføres enkelte mindre inngrep i faresoner uten at det er behov for grunnundersøkelser eller geoteknisk assistanse. Vedlegg B "Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner" gir råd

om hvordan slike arbeider skal kunne gjennomføres på en sikkerhetsmessig tilfredsstillende måte.

7 PLAN - OG BYGGESAKSARBEID UTENFOR FARESONER

Det skal gjøres oppmerksom på at det kan finnes skredfarlige kvikkleireområder også utenfor de angitte faresonene. Faresonene er resultat av en regional kartlegging og har først og fremst hatt som mål å lokalisere og klassifisere områder hvor det kan være fare for store skred. Det er derfor alltid nødvendig at forekomster av kvikkleire kartlegges og skredfare vurderes ved inngrep i områder med marin leire. Dersom kvikkleire blir påvist og topografien tilsier at skredfare kan være tilstede, anbefales at de samme krav legges til grunn for den geotekniske prosjekteringen som ved byggevirkosomhet innenfor faresoner.

8 REFERANSER

- /1/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Stiklestad 1722 IV. Rapport 860014-1, 950066
- /2/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Stiklestad 1722 IV. Boreresultater. Rapport 860024-2,
- /3/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Vuku 1722 I. Rapport 950066-1,
- /4/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Vuku 1722 I. Boreresultater. Rapport 950066-2,
- /5/ Norges Geotekniske Institutt. Vurdering av stabilitetsforholdene på Reppe i Verdal. Rapport 820046-1,
- /6/ Norges Geotekniske Institutt. Rapport 980028-2
- /7/ Norges Geotekniske Institutt. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev.2, datert 16.desember 2002.

APPENDIX

Tabell over kvikkleiresoner i Verdal kommune

IID	Faresone	Skredfare-klasse	Skredkonsekvens-klasse	Skredrisiko-klasse
553	Tronestangen	Middels	Alvorlig	3
554	Fleskhus	Lav	Alvorlig	3
555	Hestgrei	Lav	Alvorlig	3
556	Minsås	Lav	Alvorlig	3
557	Svedjan	Lav	Alvorlig	3
558	Slotteli	Lav	Alvorlig	3
559	Stiklestad	Lav	Alvorlig	2
560	Stevneplassen	Lav	Alvorlig	2
561	Øgstad	Middels	Alvorlig	3
562	Åsly	Lav	Mindre alvorlig	1
563	Musum	Lav	Alvorlig	2
564	Dølum	Lav	Alvorlig	3
565	Elsveet	Lav	Alvorlig	2
566	Lunde	Lav	Mindre alvorlig	2
567	Sætran	Middels	Mindre alvorlig	2
568	Sendesbranden	Middels	Mindre alvorlig	1
569	Fikseaunet	Lav	Mindre alvorlig	2
570	Myrenget	Lav	Mindre alvorlig	1
571	Bjørgmyran	Middels	Mindre alvorlig	2
572	Reppe	Middels	Alvorlig	3
573	Brannhaugen	Middels	Alvorlig	3
574	Fåren	Høy	Alvorlig	3
575	Eklo	Lav	Alvorlig	3
576	Leirfald	Middels	Alvorlig	3
577	Risan	Lav	Alvorlig	2
578	Høgnes	Lav	Alvorlig	3
579	Ravlo	Middels	Mindre alvorlig	1
580	Sveberget	Middels	Mindre alvorlig	2
581	Gudding	Høy	Alvorlig	3
582	Ekren	Middels	Alvorlig	3
583	Jøssamoen	Middels	Alvorlig	3
584	Kirkevuku	Lav	Alvorlig	3
585	Hjellan	Middels	Alvorlig	3
586	Innleggshaugen	Middels	Alvorlig	4
587	Haugen	Lav	Mindre alvorlig	1
588	Dalbakken	Lav	Alvorlig	3
589	Kaldalsbekken	Lav	Mindre alvorlig	1
590	Overmoen	Lav	Mindre alvorlig	1
591	Vollset	Middels	Alvorlig	3
592	Sketthaugen	Middels	Mindre alvorlig	2
593	Leirdalen vestre	Lav	Mindre alvorlig	2

Tabell fortsettelse neste side

Tabell fortsettelse

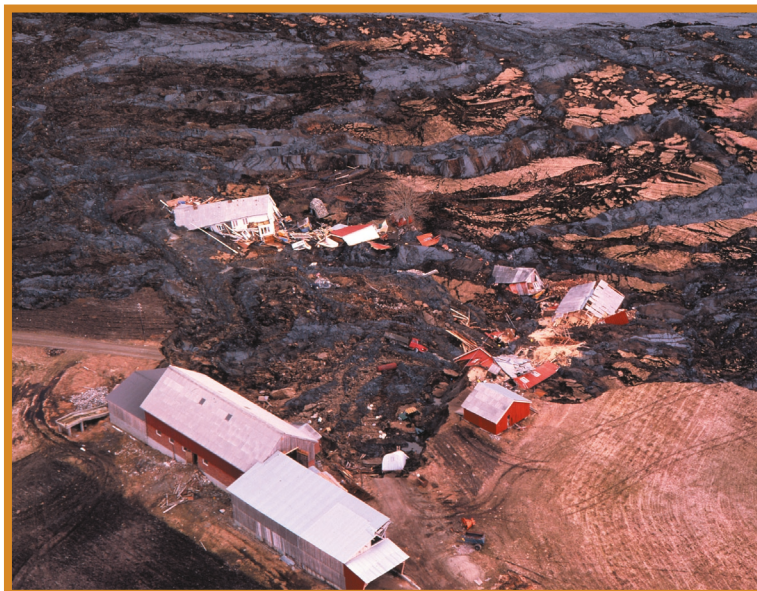
594	Blokkhaug- Langdal	Middels	Alvorlig	2
595	Landfall	Lav	Alvorlig	3
596	Lundsmoen	Middels	Mindre alvorlig	2
597	Lunneråsberget	Middels	Mindre alvorlig	2
598	Vinnesmo	Middels	Alvorlig	3
599	Tømmeråsen	Middels	Mindre alvorlig	2
600	Røe	Lav	Alvorlig	2

Vedlegg A

Vedlegg A

Veiledning ved bruk av faregrad-, konsekvens- og risikokart

OMFANG



Den foreliggende veiledningen omhandler bruken av faregrad-, konsekvens- og risikokartene med tanke på det offentlige plan- og byggesaksarbeid.

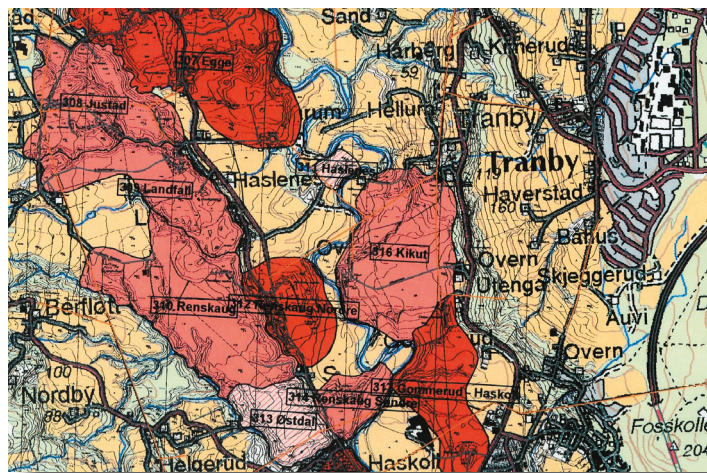
Kartene viser områder hvor det kan være fare for kvikkleireskred, **skred som kan få stor utstrekning, større enn 10 dekar**, og er en videreføring av de tidligere “kvikkleirekartene”. Soner som tidligere var klassifisert som “potensielt skredfarlige kvikkleiresoner” er nå klassifisert i mer detalj med hensyn til **sannsynlighet for skred** (faregrad), **konsekvens** og **risiko**.

MÅLSETTING

Målsettingen med kartene er å oppnå økt sikkerhet mot leirskred. Ved å ta i bruk den kunnskapen som ligger i kartene, vil den samfunnsmessige belastningen ved leirskred kunne reduseres vesentlig:

- **Sikring av eksisterende fareområder.** Klassifiseringen av faresonene har identifisert sonene med “høyest risiko”, soner der den samfunnsmessige skaden blir størst dersom skred inntreffer. Behovet/nytten for sikringstiltak vil her være størst. Bruk av skredfaredata vil således gi grunnlag for prioritering av ressursene i arbeidet med sikring mot skred, mer sikkerhet for pengene. NVE har tatt skredfaredata i bruk i sitt arbeid med sikring mot skred i vassdrag.
- **Byggevirkosomhet innenfor kvikkleiresoner.** Alle soner er klassifisert med hensyn til sannsynlighet for skred, faregraden. Soner med høy faregrad er identifisert. Denne informasjonen kan brukes for å unngå at nye byggeprosjekter igangsettes før skredfaren er undersøkt i detalj og eventuelle sikringstiltak iverksatt. Skredfaredata vil derfor være nyttige redskap for planleggere, forvaltere, politikere og andre som har behov for en god oversikt over arealressursene og deres egnethet til ulike formål.
- **Beredskap.** I situasjoner med akutt skredfare vil skredfaredata være til hjelp i vurderingen av behovet for eventuell evakuering av personer.

KLASSIFISERINGSMETODE



Faregrad og konsekvens er evaluert for hver enkelt sone. Det er benyttet en kvalitativ metode basert på poengverdier /1/. Faregrad er evaluert på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier. Konsekvens er evaluert etter graden av menneskelig aktivitet i sonen: antall personer, bebyggelse, veier, toglinjer, etc. Faregrad og konsekvens er delt inn i tre klasser etter resultatet av evalueringen:

Faregrad:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Mindre alvorlig	Alvorlig	Meget alvorlig

Faregrad- og konsekvensevurderingen er grunnlaget for bestemmelse av risikoklasse:
 Risiko = faregrad x konsekvens. Risiko er inndelt i fem klasser, hvorav 5 er høyeste risiko.



BRUKEN AV FAREGRAD -, KONSEKVENNS - OG RISIKOKART

Skred i kvikkleire vil som oftest få langt større omfang enn skred i ikke kvikk leire. Ved byggevirksomhet i en kvikkleiresone bør det derfor stilles større krav med hensyn til sikkerhet, både i prosjekteringsfasen og i anleggsfasen. Forhold en må være spesielt oppmerksom på vil være:

- Kan byggetomta bli berørt av skred som utløses utenfor tomta?
- Kan selve byggevirksomheten utløse skred som vil berøre tredje person?

Kravet til sikkerhet vil avhenge av i hvilke risikoklasse sonen er, byggeprosjektets kategori og prosjektets innvirkning på stabilitetsforholdene. I det etterfølgende er det utarbeidet forslag til retningslinjer ved utbygging i kvikkleiresoner.

Utbyggingsprosjektene er inndelt i fire kategorier: A, B , C og D.

A. Prosjekter som innebærer tilflytting av mennesker til sonen

Prosjekter som kommer i denne kategori er boligprosjekter, skoler, institusjoner, industri- og næringsbygg etc.

Ved all ny byggevirksomhet, som innebærer tilflytting til sonen, stilles det ekstra krav til den geotekniske sikkerhetsvurderingen:

- Mulige lokaliteter hvor skred kan bli utløst identifiseres. Maksimal utstrekning av eventuelle skred markeres. Evalueringen viser om det aktuelle utbyggingsområdet kan bli berørt av skred, initiert fra ett eller flere steder i sonen(e).
- ROS-analyse skal utføres. Sonen(e) deles inn i delsoner, avhengig av terrengforholdene. ROS-analyse skal utføres for de delsonene hvor det er vist at det kan utløses skred som kan berøre utbyggingsområdet. Faregradnivåene bestemmes. Analysen skal omfatte både nåsituasjonen og situasjonen etter utbygging.
- Det kreves faregradklasse lav før utbygging igangsettes. Dette vil i de fleste tilfelle innebære gjennomføring av stabiliserende tiltak. Gjennomføring av utbyggingen skal ikke medføre en forverring av faregraden.
- Stabilitetsanalyser skal gjennomføres. Tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet mot skred skal dokumenteres både i byggefasen og permanent. Alternativt skal det dokumenteres at beregningsmessig sikkerhet er økt i vesentlig grad.
- Kontroll av ROS-analyse og stabilitetsberegninger. For soner ut mot vassdrag skal analysene forelegges NVE for kontroll. For alle andre soner fremlegges resultatene for kommunen for kontroll.



B. Prosjekter som gjelder viktige samfunnsmessige funksjoner

Prosjekter som kommer i denne kategori er Europa- og Riksveier, toglinjer (baneprioritet 1 og 2), større vannforsynings- og kloakkanlegg, sentralt kraftnett og lignende.

Ved all byggevirkksomhet som gjelder viktige samfunnsmessige funksjoner stilles det samme krav til den geotekniske sikkerhetsvurderingen som for prosjektkategori A, med unntak av:

- **ROS-analyse.** For soner i faregradklasse middels og høy, tillates det at prosjekter gjennomføres så fremt ROS-analysen viser en reduksjon i faregrad både i anleggsfasen og permanent.

C. Prosjekter som ikke innebærer tilflytting, men som kan påvirke stabilitetsforholdene i vesentlig grad

Prosjekter som kommer i denne kategori er veier, grøfteinlegg, planeringsarbeider, oppfyllinger og lignende.

Det stilles følgende krav til den geotekniske sikkerhetsvurderingen:

- **Stabilitetsanalyser skal gjennomføres.** For soner i middels eller høy faregradklasse skal det dokumenteres at prosjektet medfører en forbedring av sikkerheten både i byggefasen og permanent, alternativt kan tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet dokumenteres.

For soner i lav faregradklasse skal det dokumenteres at prosjektet ikke medfører en forverring av sikkerheten, verken i byggefasen eller permanent, alternativt skal tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet dokumenteres.

- **Kontroll av stabilitetsberegninger.** Resultatene fremlegges for kommunen for kontroll.

D. Prosjekter som ikke medfører tilflytting, og som i liten grad påvirker stabilitetsforholdene

Prosjekter som kommer i denne kategori er små tilbygg (< 10 m²), grunne grøfter (< 2 m dybde), mindre planeringsarbeider (< 1000 m³) og små oppfyllinger (< 1 m tykkelse) og lignende.

- **Stabilitetsanalyser skal gjennomføres.** For soner i faregradklasse høy skal det dokumenteres at prosjektet ikke medfører en forverring av sikkerheten, alternativt skal tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet dokumenteres. Dokumentasjonen skal omfatte både byggefasen og permanent.

For soner i faregradklasse middels og lav anvendes "Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner", se vedlegg 1.

- **Kontroll av stabilitetsvurderinger.** Resultatene fremlegges for kommunen for kontroll.

Geoteknisk bistand, når og hvordan. Sammenstilling av anbefalinger fra pkt A, B, C og D:

Prosjektkategori	ROS-analyse	Stabilitets-analyse	Rettledning	Ekstern kontroll
A. Tilflytting av mennesker: Boliger, skoler, institusjoner, industri- og næringsbygg o.l.	Høy Middels	Høy Middels Lav		Høy Middels Lav
B. Viktige samfunnsmessige funksjoner: Hovedveier, Toglinjer, VAR-anlegg og sentralt Kraftnett o.l.	Høy Middels	Høy Middels Lav		Høy Middels Lav
C. Ingen tilflytting, påvirker stabiliteten: Veier, grøfter, planeringer og oppfyllinger o.l.		Høy Middels Lav		Høy Middels Lav
D. Ingen tilflytting, liten påvirkning på stabilitetsforholdene: Små tilbygg (< 10 m ²), grunne grøfter (<2 m), mindre planering (<1 000 m ³) og små oppfyllinger (<1 m) o.l.		Høy	Middels Lav	

Forklaring.

- Høy, Middels, Lav: faregradklasser
- Rettledning: Rettledning ved små inngrep i/ved skråninger i kvikkleire, se vedlegg 1.

BEGREPER/DEFINISJONER

Kvikkleire, blir flytende ved omrøring

Praktisk talt all leire i Norge er avsatt i saltvann (marin leire). Saltet i porevannet er bindemiddelet i leiren. Gjennom de siste 8 – 10 000 år har det skjedd en gradvis utvasking av saltet. Når saltet forsvinner blir leiren kvikk. Effekten av at saltet er borte er at leiren blir flytende ved omrøring, når den blir overbelastet eller kommer i bevegelse. Det er denne egenskapen som gjør at skred i kvikkleire kan få så stor utstrekning. Uforstyrret kvikkleire har tilnærmet samme styrke som en ikke kvikk leire. En kvikkleire er altså en vanlig marin leire der saltet er vasket ut. I teorien kan all marin leire bli kvikk.



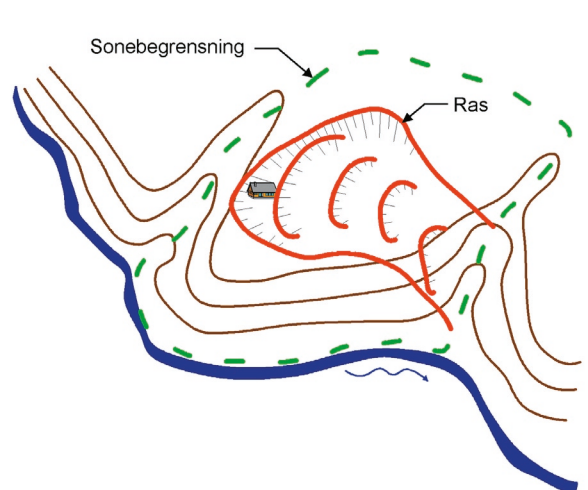
Kvikkleire kan gjenvinne sin styrke ved tilsetning av salt til leiren. Tilsetning av kalk/semment har en ennå gunstigere innvirkning på styrkeegenskapene til leiren. Kalk/semmenttilsetning har derfor gjennom de siste 20-30 årene blitt en mye anvendt grunnforsterkningsmetode i bløte sensitive leirer.

Kvikkleiresone, angir antatt maksimal utberedelse av et eventuelt kvikkleireskred

En kvikkleiresone angir et mulig skredfarlig område. Som oftest går sonen ned mot et vassdrag. Størrelsen på en sone er basert på topografiske kriterier, samt i de fleste tilfelle også resultatet av enkle geotekniske undersøkelser. En sone angir antatt maksimal utbredelse av et skred. Maksimal utbredelse kan bare inntreffe dersom grunnforholdene er mest mulig ugunstige i hele sonen.

Supplerende undersøkelser vil ofte vise at forholdene er mindre ugunstige enn antatt. Resultatet av supplerende undersøkelser kan derfor bli at en sone:

- Utgår
- Begrenses i utstrekning
- Får en lavere faregradklassifisering.





Det skal påpekes at det kan være skredfarlige områder også utenfor sonene. Skred utenfor sonene vil i de fleste tilfelle få vesentlig mindre omfang enn skred innenfor sonene, mindre enn 10 dekar. **Kvikkleireskred, kan berøre hele sonen.**

Skred i kvikkleire skiller seg ut fra skred i ikke kvikke leirer ved at utstrekningen kan bli meget stor, skredene skjer hurtig samt at det sjelden gis forvarsel. Dette tilsier at aktsomhetsnivået må være høyt ved anleggsvirksomhet i en kvikkleiresone.

Et skred i en kvikkleiresone kan ramme områder som ligger langt fra utløsningsstedet. For å sikre seg mot skred ved bygging i en kvikkleiresone, må det derfor evalueres hvorvidt skred utl øst på andre deler av sonen kan ramme prosjektet. Det er derfor ikke tilstrekkelig å analysere sikkerheten for skred lokalt. ROS – analyse er et egnet verktøy til å analysere stabilitetsforholdene.

ROS-analyse

For å kunne redusere omfang og skader av uønskede hendelser, som for eksempel leirskred, er det en forutsetning at risiko og sårbarhet kartlegges før utbygningsprosjekter igangsettes.. Risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) er utviklet for dette formålet. ROS-analyser utføres for ”nåsituasjonen” og for ”situasjonen etter utbygging”, slik at effekten av gjennomføringen av utbyggingsplaner kan fremgå. ROS-analysen vil avdekke risikonivået. For partier med uakseptabelt risikonivå må det gjennomføres tiltak for å redusere risikoen. Aktuelle tiltak kan være: supplerende grunnundersøkelser med reviderte stabilitetsanalyser, endring av topografien (gjenfylling av raviner/nedplanering av rygger), forbedre grunnens geotekniske egenskaper (kalk-/sementpeler) eller foreta endringer i planene.

Risiko er produktet av sannsynligheten (faregraden) for og konsekvensene av hendelsen. Sårbarhet uttrykker et systems evne til å fungere når hendelser oppstår.

NGI har utviklet en kvalitativ metode for kartlegging av risiko for skred i områder med kvikkleire, hvor faregrad og konsekvens evalueres for hver enkelt sone basert på poengverdier. Metoden er beskrevet i /1/.

Referanseliste:

/1/ NGI. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, Revisjon 2 datert 16.desember 2002.

Vedlegg: Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i/ved skråninger i kvikkleire

Vedlegg B

Vedlegg B

Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner



Veiledningen legger opp til at sikkerhetsmessige vurderinger av små inngrep i kvikkleiresoner skal kunne gjennomføres av kommuners tekniske etat og landbrukskontor. Det er gitt råd om hvordan ulike inngrep kan gjennomføres slik at faren for store skred ikke blir vesentlig forverret. Prinsippkissene er ment som et hjelpemiddel til å identifisere problemer som man i ulike situasjoner står overfor.

Inngrep i kvikkleiresoner vil ofte innebære en stabilitetsforverring. Konsekvensene kan være dramatiske. Selv relativt små inngrep vil erfaringsmessig kunne resultere i store skred: Båstadscredet i 1974, 70-80 dekar (utløst ved bakkeplanering), Rissaskredet i 1978, 330 dekar (utløst ved oppfylling) og skredet i Hornneskilen i 1983, 20 dekar (utløst ved oppfylling). Det er derfor viktig at rådene gitt i det etterfølgende blir fulgt. Ved tvilstilfeller forelegges prosjektene geoteknisk rådgiver til uttalelse.

Kun faren for store skred inngår i vurderingen. Faren for lokale utglidninger i grøfter, byggegrop, gjennom fyllmasse o.l. må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

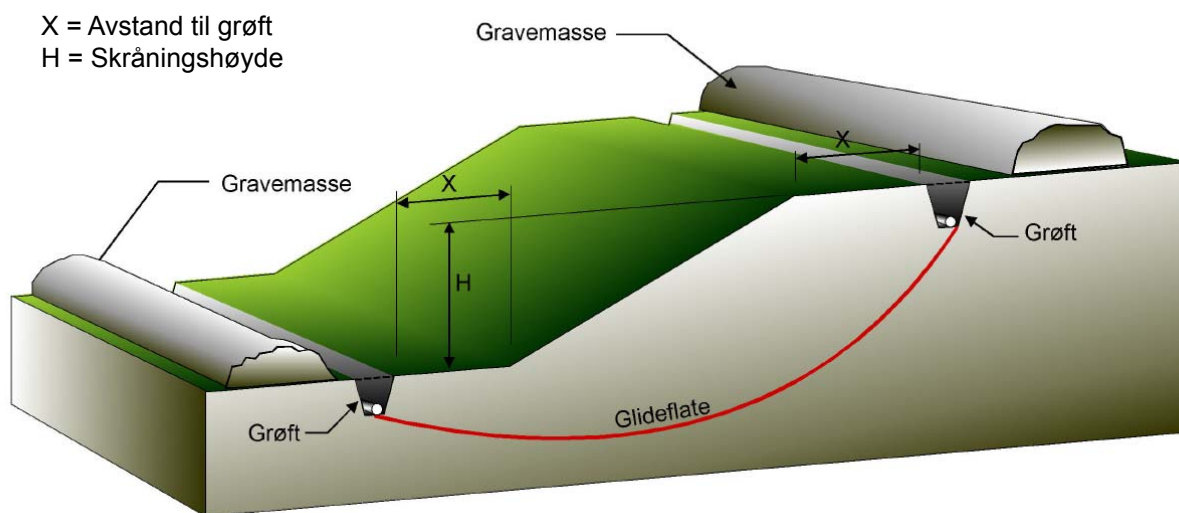
GRAVING AV GRØFTER

Dette avsnittet omhandler graving av inntil 2 m dype grøfter. Grøfter mer enn 2 m dype bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse. Vedrørende lokal stabilitet i forbindelse med gjennomføring av grøftearbeidene, henvises til «Forskrifter ved graving og avstiving av grøfter», utgitt av Statens arbeidstilsyn.

Grøfter i ravinert terreng

Graving av grøfter i eller i nærheten av en bratt leirskråning vil ha en ugunstig innvirkning på skråningsstabiliteten. Forverringen beror på at man ved grøftingen reduserer lengden på den potensielle glideflate. Herved reduseres også skråningens stabiliserende kapasitet, se fig. 1.

Desto større avstand mellom grøft og skråning, desto mindre innvirkning på stabiliteten.



Figur 1 Ved graving av grøfter i fot og topp av bratte leirskråninger bør gravemassene plasseres vekk fra skråningen.

Grøftens innvirkning på stabiliteten kan grovt inndeles i følgende fem kategorier:

1. $X > 4H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten vil være av liten betydning. Grøfter, inntil 2 m dype, kan etableres uten spesielle tiltak.

2. $4H > X > 2H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten vil være av betydning. Grøfter må graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres (spesielt viktig for grøfter ved foten av skråninger). Gravemassene plasseres vekk fra skråningen.

3. $X < 2H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er stor. Grøfter frarådes utført uten kontakt med geoteknisk sakkyndig. Se for øvrig pkt. 2.2.1 «Lukking av bekker».

4. *I skråningens koteretning:*

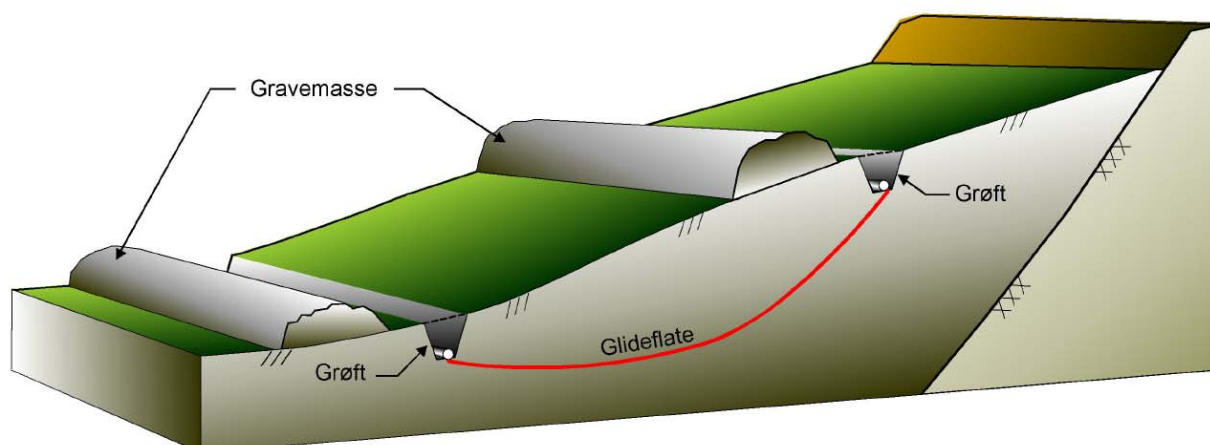
Innvirkningen på skråningsstabiliteten er meget stor. Grøfter frarådes utført uten kontakt med geoteknisk sakkyndig.

5. *I skråningens fallretning:*

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er begrenset. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres.

Grøfter i jevnt hellende terreng

Graving av grøfter vil ha en ugunstig innvirkning på sikkerheten. Forverringen beror på at grøftingen reduserer lengden på den potensielle glideflate og således reduserer skråningens stabiliserende kapasitet, fig. 2.



Figur 2 Jevnt hellende terreng med grøfter

I terreng med jevn helning vil grøftens innvirkning på skråningsstabiliteten som regel være tilnærmet uavhengig av om plasseringen er langt nede eller høyt oppe i skråningen.

I skråningens koteretning:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er av betydning. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres. Gravemassene plasseres nedenfor grøften og i avstand fra denne tilsvarende minst 2 x grøftedybden.

I skråningens fallretning:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er begrenset. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 12 m.

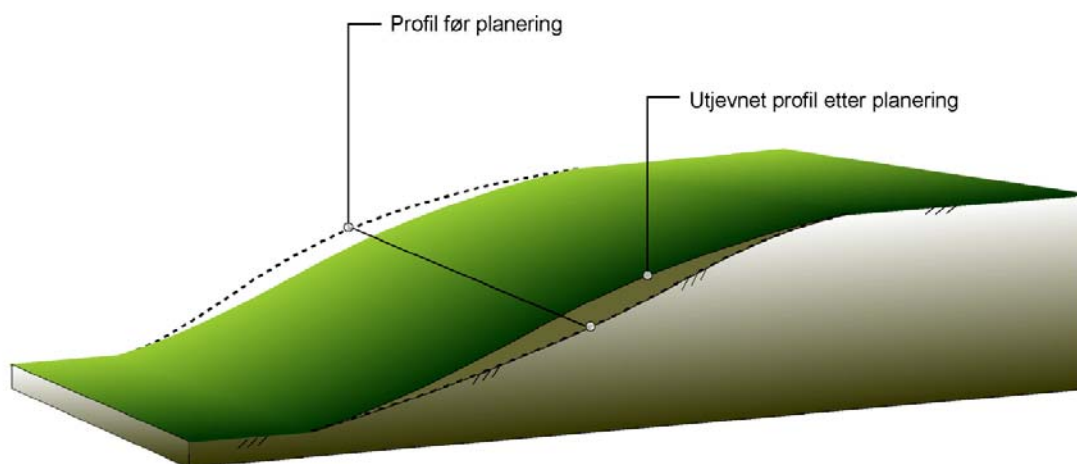
BAKKEPLANERING

Dette avsnittet omhandler planeringsarbeider, med massevolum mindre enn 1000 m³ eller areal mindre enn 10 dekar. Arbeider som faller utenfor nevnte kriterier forutsettes forelagt geoteknisk sakkyndig til uttalelse. Likeledes forutsettes det at alle permanente planeringsarbeider skal resultere i en uendret eller forbedret stabilitet. I forbindelse med ethvert bakkeplaneringsprosjekt er det imidlertid vanskelig å unngå en stabilitetsforverring under enkelte faser av arbeidet. De etterfølgende retningslinjer er utarbeidet med spesiell vekt på å unngå slike midlertidige stabilitetsforverringer.

Det foreligger allerede en veiledning om utførelse av bakkeplaneringsarbeider: «Aktuelt fra Landbruksdepartementets opplysningstjeneste», nr. 2 og nr. 4, 1974". Kapitlet om skredfare vil fortsatt være retningsgivende for planeringsarbeider utenfor potensielt skredfarlige områder.

Stabilitetsforhold etter ferdig planering

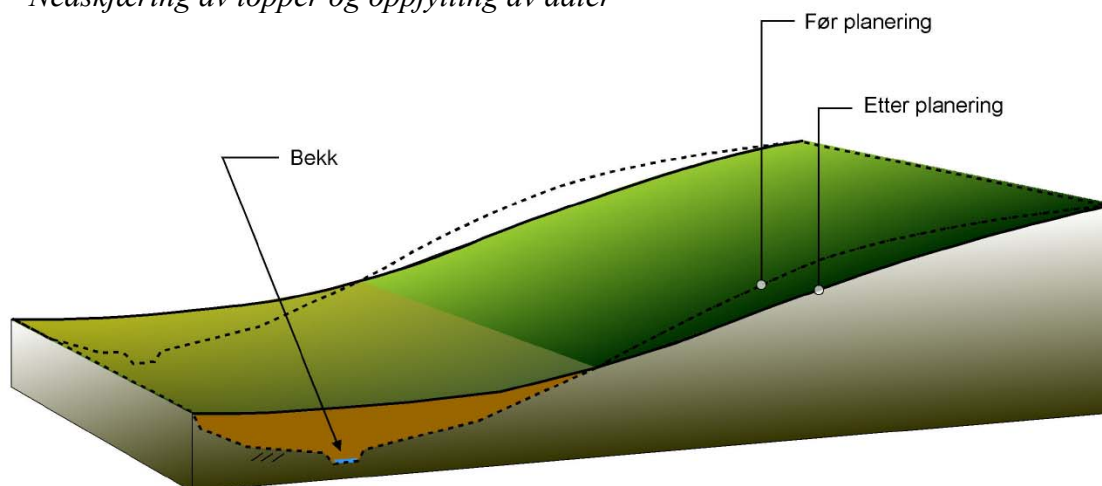
1. Utjevning av mindre lokale rygger og søkk ved sideveis forskyvning av masser



Figur 3 Sideveis planering ved utjevning av mindre lokale rygger og søkk har liten innvirkning på stabiliteten

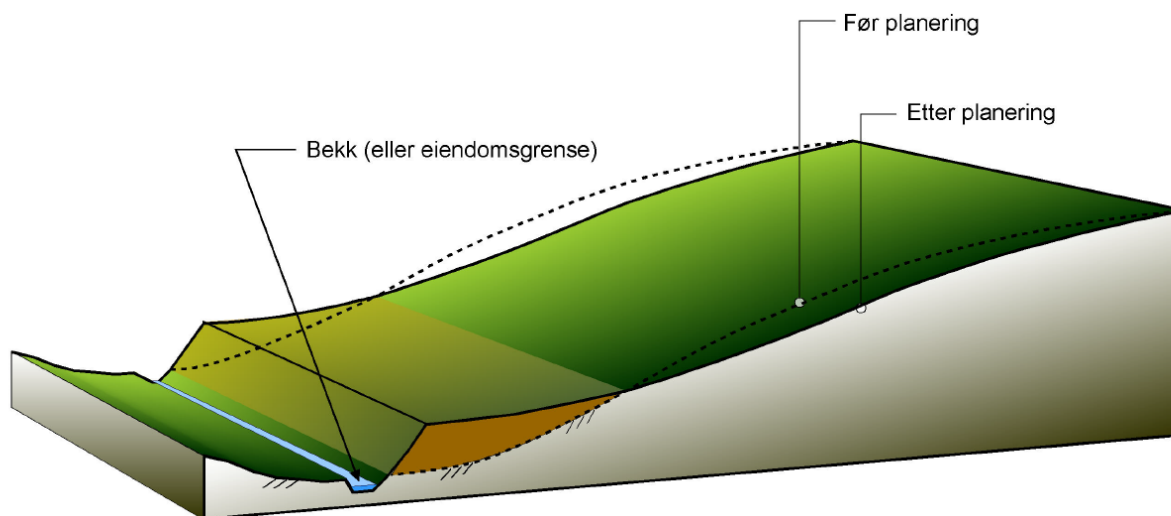
Arbeidet har liten innvirkning på skråningens totale stabilitet og kan utføres når det ikke legges opp større massedepoter under arbeidet.

2. Nedskjæring av topper og oppfylling av daler



Figur 4 Planering ved oppfylling av dalbunnen forbedrer stabiliteten

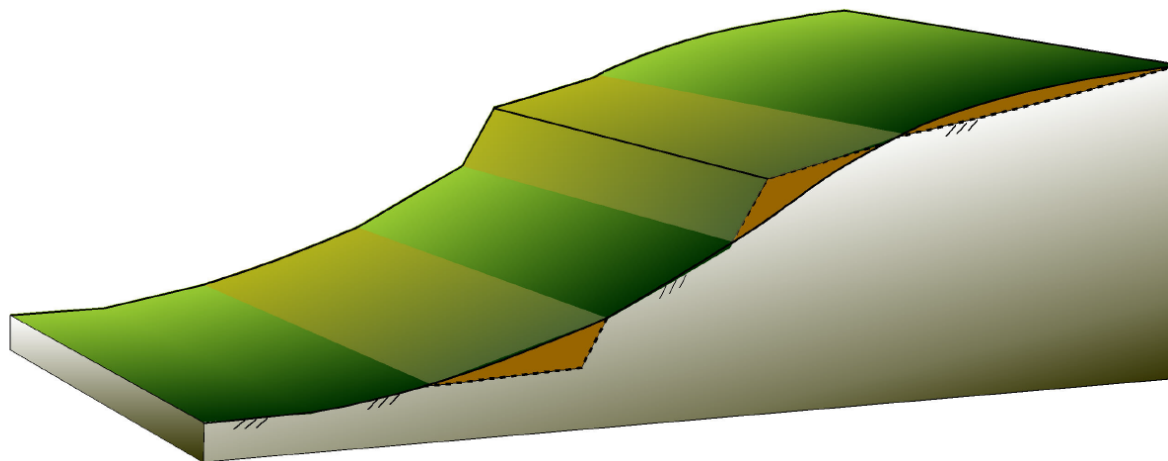
Arbeidet har positiv innvirkning på skråningens totale stabilitet og kan gjennomføres under forutsetning av at bekkelukkingen ikke medfører nevneverdig stabilitetsforverring. Dette er behandlet nærmere i avsnitt 3.2.1.



Figur 5 Oppfylling som avsluttes mot bekk, eiendomsgrense o.l. kan forverre stabiliteten

Fyllingen vil forverre den lokale stabiliteten ved bekken, og kan utløse skred som forplanter seg videre bakover. Dette kan igjen resultere i en større skredutvikling i bakenforliggende områder. Planene bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse før påbegynnelse.

3. Oppstramming av eksisterende skråning



Figur 6 Oppstramming av skråning ved utfylling fra topp eller utgraving i fot medfører forverring av stabiliteten.

Inngrepene, enkeltvis eller samlet, vil forverre skråningsstabiliteten og kan utløse skred. Store områder kan bli berørt. Inngrepene bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse og vil normalt betinge at grunnundersøkelser utføres.

Stabilitetsforhold under planeringsarbeidet

Ved bakkeplaneringsarbeider tar man generelt sikte på nedskjæring av høyere liggende partier og oppfylling av de lavere liggende. Som regel vil derfor bakkeplanering, når den er ferdig utført, kunne innebære en betydelig forbedring av stabilitetsforholdene i et område.

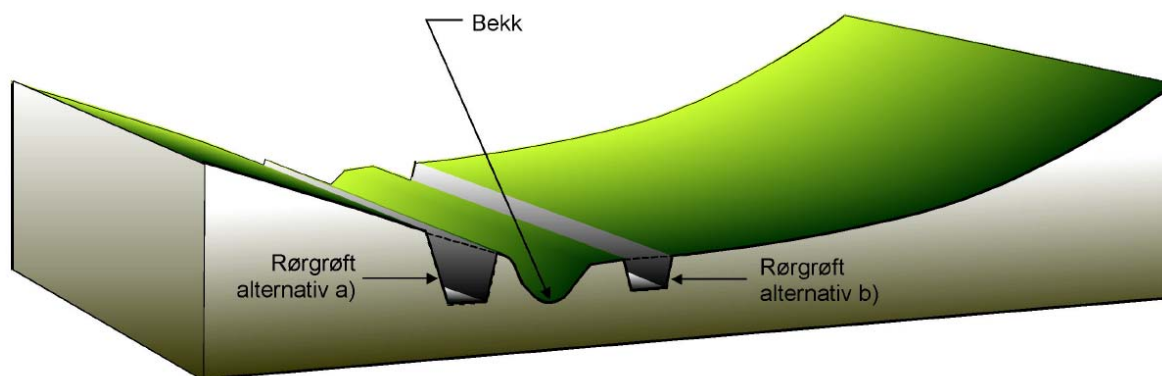
Ofte vil faren for skred være størst i forbindelse med utførelsen av selve planeringsarbeidene. Faktum er at i de fleste tilfeller der bakkeplanering har medført skred, har skredene skjedd som følge av midlertidig stabilitetsforverring under flytting av jordmasser. Det er derfor nødvendig at slike arbeider gjennomføres etter retningslinjer som ivaretar den stabilitetsmessige sikkerheten. De arbeidsoperasjonene som er anbefalt i det etterfølgende kan av denne grunn virke noe urasjonelle og kostnadskrevenende, men anses nødvendige ut fra en sikkerhetsmessig vurdering.

1. Lukking av bekker

I forbindelse med oppfylling av bekkedaler må først bekken legges i rør. Dette kan være en kritisk fase for stabiliteten. Det er først og fremst to forhold en skal være oppmerksom på i denne forbindelse:

Bekkeløpet må renskes for å sikre et stabilt underlag for rørene. Dersom dette innebærer en utdypning av løpet, må arbeidet utføres i seksjoner med maks. 6 m seksjonslengder. Ved utdypninger på mer enn 0,5 m bør geoteknisk sakkyndig kontaktes.

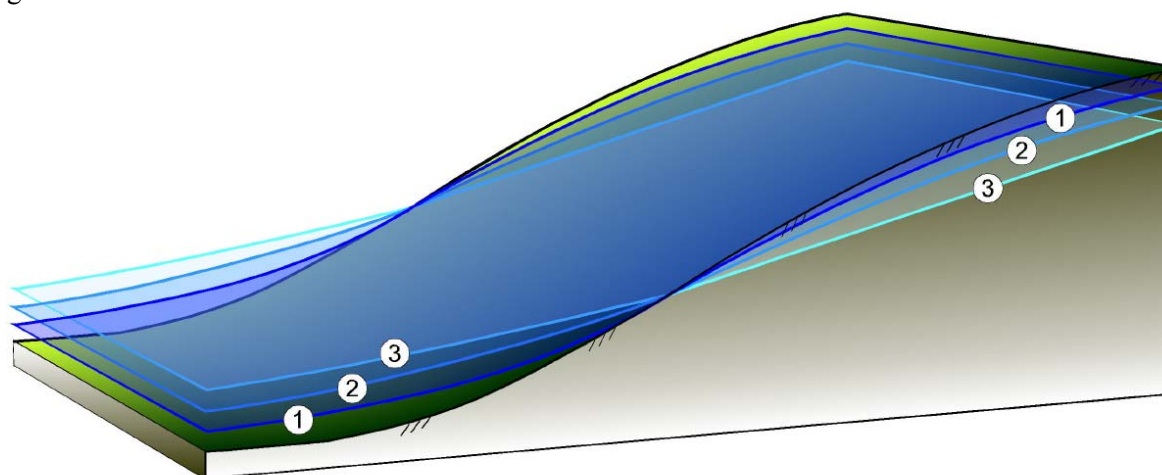
Det kan være ønskelig å rette ut rørgrøften i forhold til bekketraséen. Dette kan gjøres dersom en unngår undergraving av skråningen. Ved undergraving av skråningen på kortere eller lengre partier bør geoteknisk sakkyndig kontaktes, se fig. 7a og b. Se også pkt. 2 «GRAVING AV GRØFTER».



Figur 7 Lukking av bekkeløp. Rørgrøftalternativ «a» reduserer sikkerheten vesentlig og betinger vurdering av geoteknisk sakkyndig. Alternativ «b» har liten innvirkning på sikkerheten og kan gjennomføres.

2. Masseforflytning

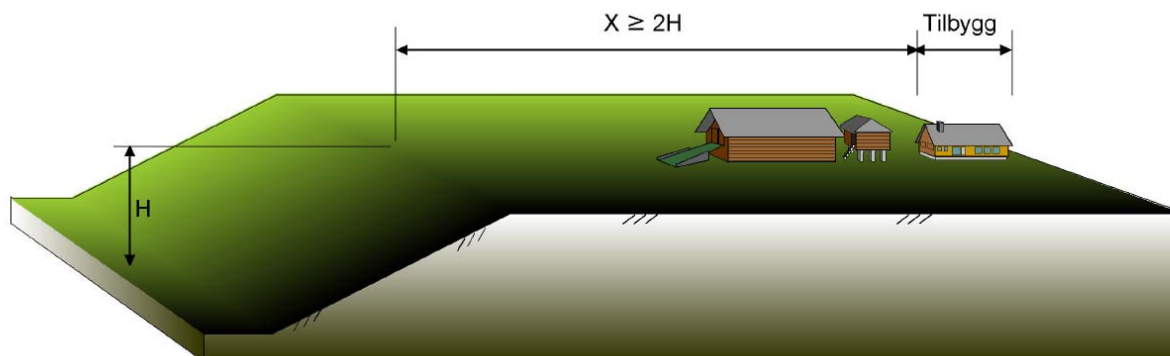
I hovedsak bør planering i skredfarlige områder skje ved at massene for hvert skjær med doseren, skyves fra toppen av skråningen og helt ned i bunnen. Derved vil man helt kunne unngå midlertidige depoter og tipper, se fig. 8.



Figur 8 Planering av skråninger bør skje ved flåvis nedskjæring

NY BEBYGGELSE

Ved nye byggeprosjekter i områder med potensiell fare for kvikkleireskred forutsettes at nødvendige grunnundersøkelser utføres på forhånd. Det etterfølgende er derfor begrenset til å gjelde mindre tilbygg og nødvendig nybygging i tilknytning til eksisterende bebyggelse. En absolutt betingelse er at stabiliteten ikke forverres på grunn av bebyggelsen.



Figur 9 Ny bebyggelse i ravinert leirterreng

I ravinert terreng

I ravinert leirterreng, se fig. 10, må nybygget ligge i en avstand av minst 2 x ravedybden fra topp skråning. Ved kortere avstand til topp skråning bør geoteknisk sakkyndig kontaktes. For å unngå tilleggsbelastning på grunnen, bør vekten av utgravede masser for kjeller minst tilsvare vekten av tilbygget. Gravemassene transporteres direkte bort fra området til sikkert deponeringssted.

I jevnt hellende terreng

I jevnt hellende terreng vil stabilitetskonsekvensene kunne være betydelige, slik at geoteknisk sakkyndig bør kontaktes på forhånd.

ANLEGG AV VEGER

Dette avsnittet omhandler nødvendig omlegging av mindre gårdsveger. Etablering av nye gjennomfartsveger i potensielt skredfarlige områder betinger grunnundersøkelser.

I ravinert terreng

Vegtraséer bør legges lengst mulig bort fra skråningstopp. Gravemassene fjernes fra området før bærelagsmassene kjøres ut. Veger nærmere enn 2H fra skråningstopp forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse.

I jevnt hellende terreng

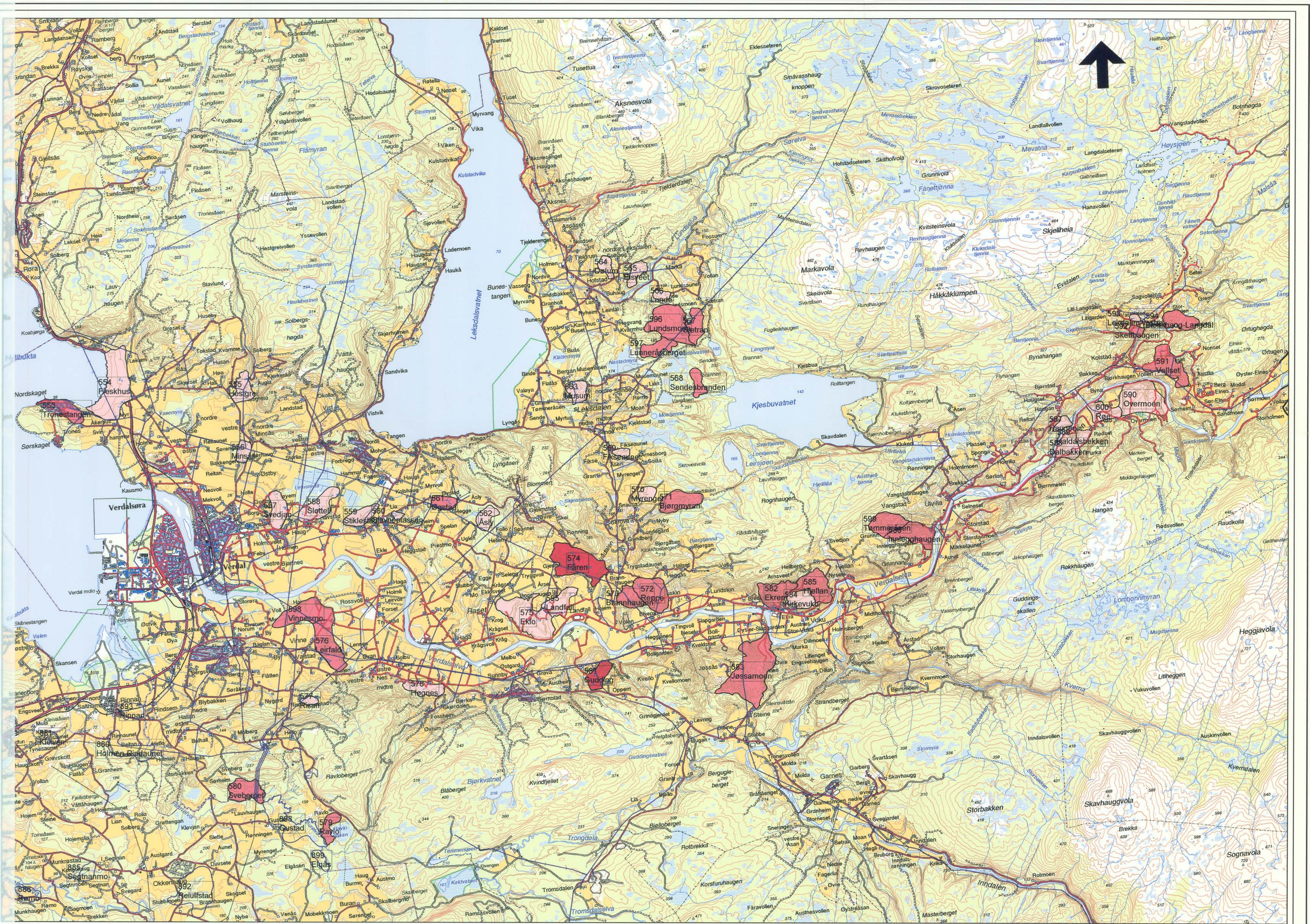
Vegtraséer bør helst legges i terrengets fallretning. Veger som legges parallelt med skråningen eller på skrå i forhold til fallretningen, bør tilpasses topografien slik at skjæringer og fyllinger blir minst mulig. I tvilstilfeller anbefales det å ta kontakt med geoteknisk sakkyndig.



DEPONERING AV MASSER

De skraverte områdene på oversiktskartene angir potensiell fare for kvikkleireskred og må aldri benyttes som deponeringssted for fyllmasser, uten at de inngår i en plan for stabilisering av et område. Ofte benyttes nettopp raviner som tippsted for avfallsmasser i forbindelse med nydyrking, riving av gammel bebyggelse o.l. Slik ukontrollert deponering kan forverre stabiliteten betydelig og bør unngås. Konsekvensene kan bli svært alvorlige.

Angående utfylling for stabilisering av raviner, henvises til avsnitt 3: «BAKKEPLANERING», hvor aktuelle framgangsmåter er skissert.



- Faregrad
- Lav
 - Middels
 - Høy

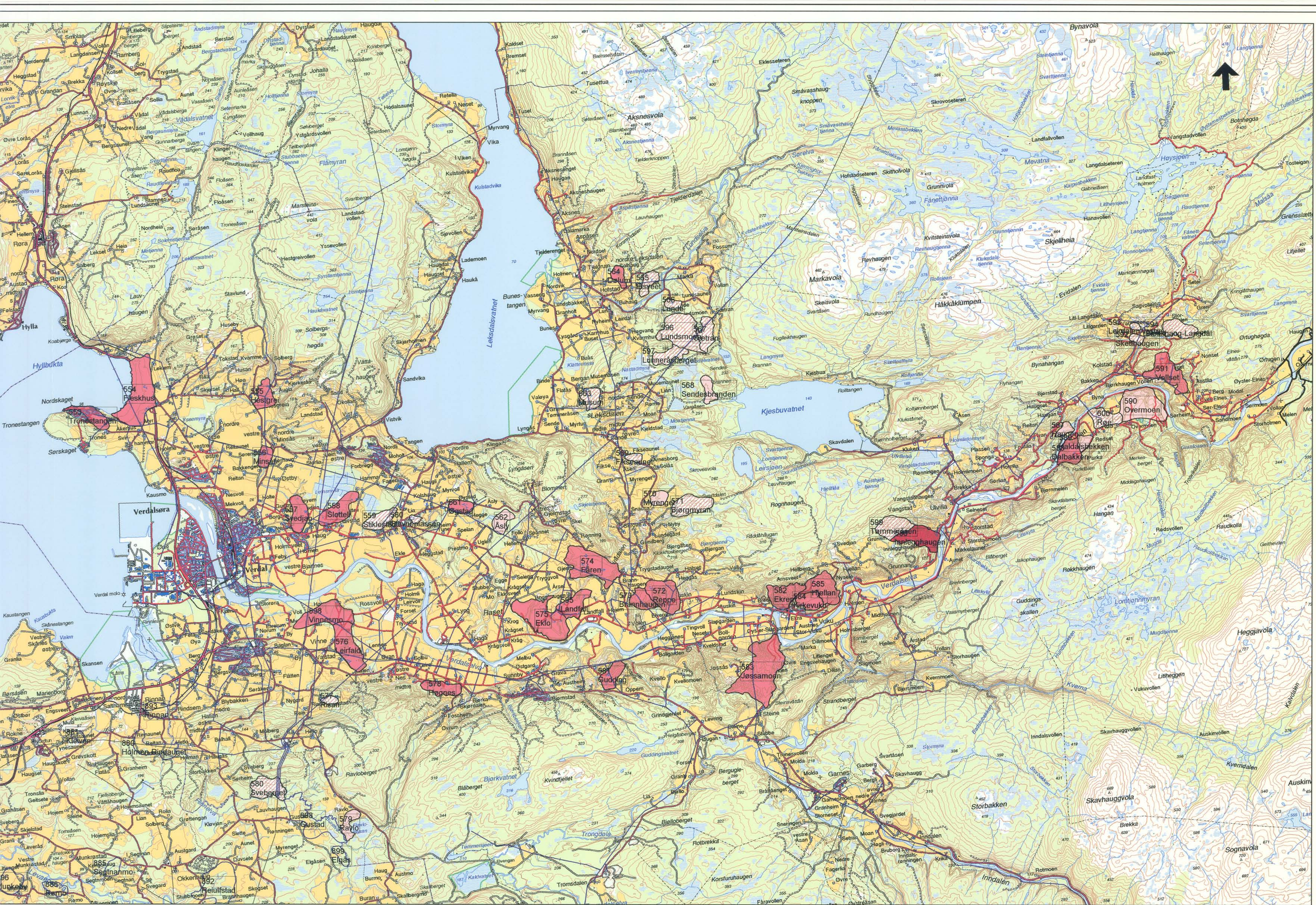
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT			
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		20001008-22	1
Faregradskart, Verdal		oah	2005-08-20
Målestokk = 1 : 50 000			
			



- Konsekvens
- Mindre alvorlig
 - Alvorlig
 - Meget Alvorlig

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT			
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED			
Rapportnr.	20001008-22	Tilpassning nr.	2
Forfatter	oah	Dato	2005-08-20
Utsteder			
Godkjenner			

Konsekvenskart, Verdal
Målestokk = 1 : 50 000



Risiko

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

B					
A					
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT					
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED					
Risikokart, Verdal		Målestokk = 1 : 50 000		Rapportnr. 20001008-22 Tegning nr. 3 Tegner oah Dato 2005-08-20	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags - og energidirektorat		Dokument nr/Document No. 20001008-22	
Kontraksreferanse/ Contract reference Tilsagnsbrev av 20.10.2003 Ref.: NVE 200100097-78 vpm/een		Dato/Date 10 september 2005	
Dokumenttittel/Document title Program for økt sikkerhet i vassdrag Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Verdal kommune Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen Utarbeidet av/Prepared by Øyvind A. Høydal		Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None	
Emneord/Keywords Skred, kvikkleire, faresone, risiko			
Land, fylke/Country, County Norge, Verdal Kommune/Municipality Verdal Sted/Location Verdal Kartblad/Map N 50, 1722 IV UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VPR260770		Havområde/Offshore area Feltnavn/Field name Sted/Location Felt, blokknr./Field, Block No.	

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon- trollert av/ Reviewed By	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
OG	Helhetsvurdering/ General Evaluation *						
	Språk/Style						
	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary						
	Utforming/Layout						
OAH	Slutt/Final						
	Kopiering/Copy quality						

* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/
On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date	Sign.
--	------------------	--------------