

# Program for økt sikkerhet mot leirskred

## Evaluering av risiko for kvikkleireskred Stjørdal kommune

20001008-21

20 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:** Trond Vernang



## Sammendrag

Det er foretatt en evaluering av risiko for kvikkleireskred i Stjørdal 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 64 kartlagte kvikkleiresonene i Stjørdal kommune, er 9 kommet i høyeste faregradklasse, 4 i høyeste konsekvensklasse og 16 er kommet i nest høyeste risikoklasse. Det er ingen soner i høyeste risikoklasse.

Det anbefales utført supplerende grunnundersøkelser for de 16 sonene i nest høyeste risikoklasse. Likeledes bør det vurderes hvorvidt de øvrige soner i høyeste faregradsklasse 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 og/eller erosjonssikrende tiltak.



## Innhold

1	INNLEDNING .....	4
2	KLASSIFISERINGSMETODE .....	4
3	GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE.....	6
4	RESULTATER AV EVALUERINGEN .....	7
5	TILTAK .....	7
6	PLAN - OG BYGGESAKSARBEID INNENFOR FARESONER.....	9
7	PLAN - OG BYGGESAKSARBEID UTENFOR FARESONER.....	9
8	REFERANSER .....	10
	APPENDIKS .....	11

## Vedlegg

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

Vedlegg B: Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner

## Tegninger

01	Faregradskart	Kartblad 1-4	M = 1 : 50 000
02	Konsekvenskart	Kartblad 1-4	M = 1 : 50 000
03	Risikokart	Kartblad 1-4	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 i 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 tilfeller 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 Stjørdal kommune. Det er benyttet data fra følgende rapporter i evalueringen, ref. /1/ - /7/.

## 2 KLASSIFISERINGSMETODE

Klassifiseringen av faresonene omfatter evaluering av faregrad, konsekvens og risiko for hver enkelt sone. Det er benyttet en kvalitativ metode basert på poengverdier, ref. /8/.

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	Spredd > 5	Spredd < 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 (1) Middels (2) Høy (3)  
 Konsekvens: Mindre alvorlig (1) Alvorlig (2) Meget alvorlig (3)

Faregrad – og konsekvensevalueringene 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

Dalføret innenfor Stjørdal var rett etter siste istid en fjord der leire ble avsatt helt opp til Meråker. Grense for marine avsetninger (MG) ligger i dag på 180 – 185 moh /ref 9/. I takt med landhevingen har elva gravd seg ned og til siden og fjernet leire mens sand og grus har blitt avsatt. I nedre del av dalen ligger det opptil 2-300 m med sedimenter. Foruten nær selve elvesletta langs Stjørdalselva finner en områder med marine avsetninger omdannet til kvikkleire i Leksdalen, ved Svorke, langs Gråelva og Skjølstadmarka, langs Vollselva sør for Skatval og ved sjøen nord om Skatval.

Stjørdal er en kommune med mange kjente større skred opp til våre dager. Her må nevnes: Reppe (1976), Hegra (1962) og Frøyan (1893).

Erosjon i leirområder består blant annet av elve- og bekkeerosjon som skaper raviner. Når skråninger når kritiske verdier for høyde eller helning, utløses større og mindre skred. Den vanligste naturlig utløsende årsak til kvikkleireskred er erosjon. Skredene er en direkte følge av bratte og høye skråninger. I et geologisk perspektiv begrenses erosjon av fjell eller terskler i vassdraget. Stor dybde til fjell eller nedenforliggende stabilt vannspeil gir et større erosjonspotensiale med dypere raviner enn der dybde til fjell er mindre. Utvasking av salter i leire gir ”kvikk” leire og større, mer tilbakeskridende skred enn en har i ikke-kvikk leire. Kvikkleire som ikke er utløst i et skred, vil seinere kunne gli ut når forholdene ligger til rette. Påviste faresoner gir indikasjon om slike steder.

Menneskelige inngrep som bekkelukking, rør under veier og steinplastring i bunn av elver gir kunstige erosjonsterskler som hindrer videre senkning av bekkene. Bekkelukking er ofte foretatt sammen med bakkeplanering og gir mer stabile skråninger etter ferdigstillelse. NVE har i de seinere år hatt et stort program for sikring av Gråelva og Sjelstadmarka. Arbeidet har redusert erosjon av leire i vassdraget og bidrar til at risikoen for skred reduseres ved å redusere utløsende årsak.

#### 4 RESULTATER AV EVALUERINGEN

Evalueringen omfatter 64. Resultatene av evalueringen er presentert på de tre temakartene, henholdsvis for faregrad, konsekvens og risiko, tegning 01, 02 og 03. Fordelingen av antall soner mellom de ulike klassene, er som følger:

##### Faregrad

Klasse:	Høy	Middels	Lav
Antall soner:	16	28	20

##### Konsekvens

Klasse:	Meget alvorlig	Alvorlig	Mindre alvorlig
Antall soner:	4	50	10

##### Risiko

Klasse:	5	4	3	2	1
Antall soner:	0	9	36	17	2

Oversikt over faregrad-, konsekvens- og risikoklasse for alle sonene er gitt Appendiks.

#### 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 Stjørdal er det 9 soner i risikoklasse 4 (ingen i risikoklasse 5). Disse sonene er:

ID	Faresone	Faregrads-klasse	Konsekvens-klasse	Risiko-klasse
621	Lillemo	2	3	4
639	Vennamarka	3	2	4
640	Grendal	3	2	4
643	Sætran	3	2	4
644	Island	2	3	4
645	Hofstad	3	3	4
646	Korstad	3	2	4
649	Skjølstad	3	3	4
650	Lund	3	2	4

For disse sonene anbefales det utført supplerende undersøkelser. Slike undersøkelser kan vise at det bør følges opp med stabilitetsberegninger.

Totalt er det 16 soner i faregradklasse høy. Sju av disse sonene ligger i risikoklasse 4, og er med i tabellen ovenfor. For disse sonene bør det vurderes utført supplerende undersøkelser. De øvrige sonene i fareklasse høy, er:

ID	Faresone	Faregrads-klasse	Konsekvens-klasse	Risiko-klasse
603	Myr	3	2	3
627	Sorte	3	2	3
628	Stræte	3	2	3
632	Hofstadmyra	3	1	2
634	Storhaugen	3	2	3
654	Dalen	3	2	3
655	Frigård	3	2	3
658	Skjelstadmyra	3	1	3
661	Smågård	3	2	3

I Gråelva er det i de seinere årene utført en rekke tiltak med heving av elevbunnen og dels omlegging av elveleie. I tillegg til utførte arbeider er det prosjektert (men ikke igangsatt) tiltak i sidebekker/raviner til Gråelva. Endelig sikring vil påvirke klassifiseringen i enkelte soner.

## 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 stilles krav til geotekniske utreninger og ROS-analyse avhengig av byggeprosjektets alvorlighetsgrad.

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. En rekke viktige historiske skred, i Stjørdal ligger utenom kartlagte faresoner, bla. ved Hegra og Lånke. 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 (~10 mål). 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 byggevirksomhet innenfor faresoner.



## 8 REFERANSER

- /1/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad 1621 I Stjørdal, Rapport 820033-1,
- /2/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad 1621 I Stjørdal, Borresultater, Rapport 820033-2
- /3/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad 1622 II Frosta, Rapport 890059-1,
- /4/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad 1622 II Frosta, Borresultater, Rapport 890059-2
- /5/ NVE-rapport, klassifisering av kvikkleiresoner, Stjørdal del 1, datert 21.05.2004
- /6/ NVE-rapport, klassifisering av kvikkleiresoner, Stjørdal del 2, datert 21.05.2004
- /7/ NVE-rapport, klassifisering av kvikkleiresoner, Stjørdal del 3, datert 21.05.2004
- /8/ Norges Geotekniske Institutt. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev.2, datert 16.desember 2002
- /9/ NGU. Sandsletten blir til: Stjørdal fra fjordbunn til strandsted, Skrifter 117

## APPENDIKS

Tabell over kvikkleiresoner i Stjørdal kommune

ID	Faresone	Skredfare -klasse	Skredkonsekvens -klasse	Skredrisiko- klasse
601	Mære	Lav	Alvorlig	3
602	Auråsen	Middels	Alvorlig	3
603	Myr	Høy	Alvorlig	3
604	Flæten	Middels	Alvorlig	3
605	Flatla	Middels	Alvorlig	3
606	Valstad	Middels	Alvorlig	2
607	Voll	Lav	Alvorlig	3
608	Hollan	Lav	Alvorlig	2
609	Vollan	Middels	Alvorlig	3
610	Kvithammar	Middels	Alvorlig	3
611	Forslia-Blakstad	Lav	Alvorlig	3
612	Hell	Lav	Alvorlig	3
613	Bjørgmyran	Lav	Alvorlig	2
614	Bjørgum	Lav	Alvorlig	2
615	Leren	Lav	Alvorlig	3
616	Rødde	Middels	Alvorlig	3
617	Leira	Lav	Alvorlig	3
618	Havdal	Middels	Alvorlig	3
619	Åsen Leirmarka	Middels	Alvorlig	3
620	Leirmarka V	Middels	Mindre alvorlig	2
621	Lillemo	Middels	Meget alvorlig	4
622	Eidum-Øvre	Lav	Alvorlig	3
623	Sorte midtre	Middels	Alvorlig	3
624	Skaret	Middels	Mindre alvorlig	2
625	Ekren	Middels	Alvorlig	3
626	Svedjan	Middels	Alvorlig	3
627	Sorte	Høy	Alvorlig	3
628	Stræte	Høy	Alvorlig	3
629	Bergsmo	Lav	Alvorlig	3
630	Berg	Middels	Alvorlig	3
631	Beistad	Middels	Mindre alvorlig	2
632	Hofstadmyra	Høy	Mindre alvorlig	2
633	Hofstadhyllan	Lav	Mindre alvorlig	1
634	Storhaugen	Høy	Alvorlig	3
635	Børstad	Lav	Alvorlig	1
636	Kyllo-syd	Lav	Alvorlig	2
637	Kyllo	Lav	Alvorlig	2
638	Kyllo-øst	Middels	Mindre alvorlig	2
639	Vennamarka	Høy	Alvorlig	4
640	Grendal	Høy	Alvorlig	4
641	Bang	Lav	Alvorlig	3

Tabell Stjørdal fortsettelse neste side



## Fortsettelse tabell Stjørdal:

642	Mørset	Lav	Alvorlig	3
643	Sætran	Høy	Alvorlig	4
644	Island	Middels	Meget alvorlig	4
645	Hofstad	Høy	Meget alvorlig	4
646	Korstad	Høy	Alvorlig	4
647	Hammer	Lav	Mindre alvorlig	2
648	Korstad Nord	Middels	Alvorlig	3
649	Skjølstad	Høy	Meget alvorlig	4
650	Lund	Høy	Alvorlig	4
651	Hoven	Middels	Alvorlig	3
652	Fristad	Middels	Alvorlig	3
653	Staurset	Middels	Mindre alvorlig	2
654	Dalen	Høy	Alvorlig	3
655	Frigård	Høy	Alvorlig	3
656	Kleven vest	Lav	Alvorlig	2
657	Kleven	Middels	Mindre alvorlig	2
658	Skjelstadmyra	Høy	Mindre alvorlig	3
659	Råmyra	Middels	Alvorlig	3
660	Råen	Middels	Alvorlig	3
661	Smågård	Høy	Alvorlig	3
662	Trælstad	Middels	Alvorlig	3
1135	Fløan	Lav	Alvorlig	2
1136	Hammerbukta	Middels	Alvorlig	2





## Vedlegg A

## Bygging i kvikkleireområder

### Veiledning ved arealplanlegging og byggesaksbehandling



Figur 1 Kvikkleireskredet i Rissa, 29. april 1978. (Foto Aftenposten)

---

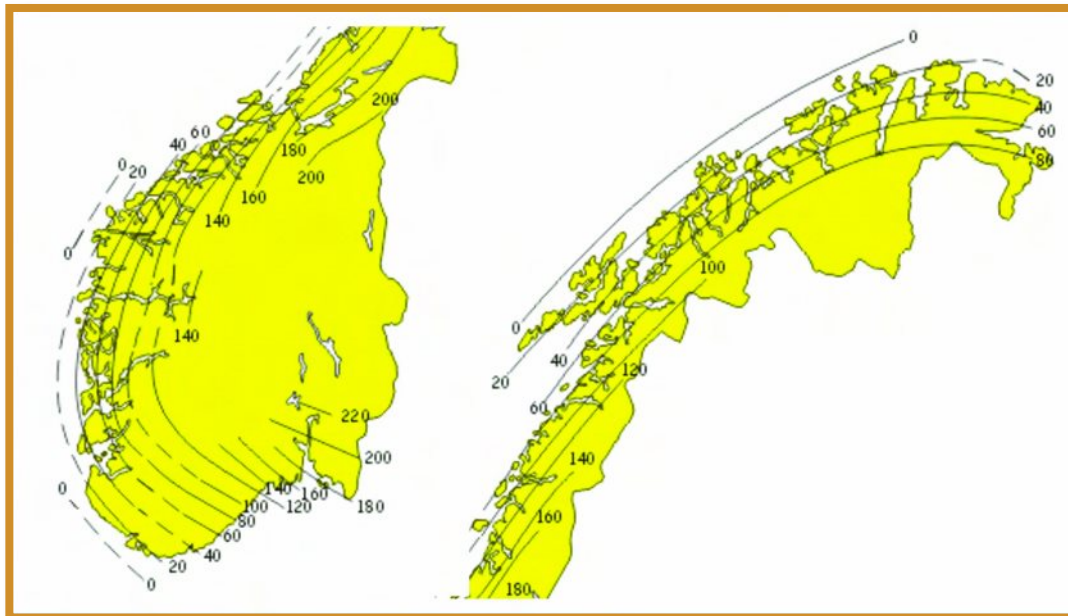
## GENERELT

---

I områder hvor det kan være fare for kvikkleireskred, vil ekstra aktsomhet være en nødvendig forutsetning ved alle menneskelige inngrep. Erfaring viser at forståelsen for faren for skred har vært mangelfull i store deler av det byggfaglige miljøet. Således er de aller fleste større kvikkleireskred i de siste 20 – 30 årene utløst av menneskelig aktiviteter. For å forebygge skred i fremtiden, er det nå utarbeidet en ”Veiledning for arealplanlegging og byggesaksbehandling” ved bygging i områder med fare for kvikkleireskred.

Det helt spesielle med kvikkleireskred er den store utstrekningen disse skredene kan få. Også det forhold at skredene skjer meget hurtig og oftest uten forvarsel, gjør at kvikkleireskred kan bli katastrofale. Kvikkleireskredet i Rissa er illustrerende i så måte, se figur 1. Skredet ble utløst av et mindre terrenginngrep nede ved innsjøen Botnen. 5 mill. m<sup>3</sup> leire raste ut i løpet av få minutter. Skredgropen ble 1,5 km lang.

Faren for kvikkeireskred er begrenset til områder under marin grense (MG). MG ligger på fra kote 125 til 225 på Østlandet og i Trøndelag og en del lavere på Sørlandet, Vestlandet og i Nord-Norge, se figur 2. Nødvendig dokumentasjon om faren for kvikkleireskred skal fremlegges ved all utbygging i områder med marin leire hvor det kan være skredfare. Det er planlegger/tiltakshavers ansvar å fremskaffe relevant informasjon om forholdene og bringe på det rene hvorvidt det aktuelle plan-/utbygningsområdet kan være utsatt for skredfare.



Figur 2 Linjene viser marin grense (MG), hvor høyt havet sto etter at innlandsisen trakk seg tilbake.

---

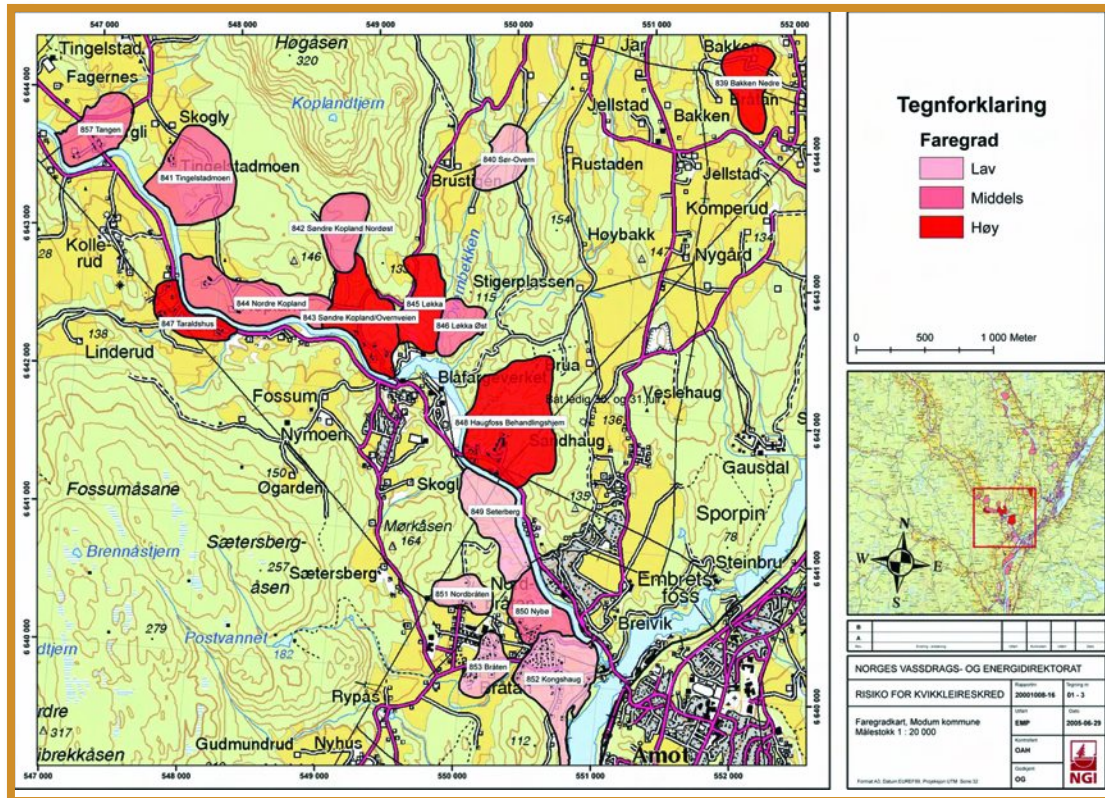
## FAREGRADEVALUERING

---

Et viktig element i forebyggingen av kvikkleireskred, er å foreta "faregradevaluering" i forbindelse med plan-/og byggesaker i områder med mulig fare for kvikkleireskred. Faregrad er et mål for hvor stor fare det er for at et skred skal inntreffe. En viktig del av faregradevalueringen vil være å lokalisere mulige utløsningsområder for skred. Dette er spesielt viktig, idet skred i kvikkleire kan bre seg langt fra selve utløsningsstedet, kfr Rissa-skredet.

For Østlandet og Trøndelag forligger det kart som viser lokaliteten av større faresoner, klassifisert med hensyn til faregrad, konsekvens og risiko, ref. [www.ngu.no/Skrednett](http://www.ngu.no/Skrednett), se figur 3. Marine områder utenfor sonene må evalueres og eventuelt undersøkes med tanke på skredfare ved planbehandling/utbygging.

Faregradevalueringen inngår som en del av en risikoanalyse. Analysen er basert på en kvalitativ metode utviklet for områder med kvikkleire, ref/1/. Faregrad og konsekvens evalueres for hver enkelt sone, basert på poengverdier. Faregrad er evaluert på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier. Konsekvens er evaluert etter graden av menneskelig aktivitet i sonen: antall personer, bebyggelse, infrastruktur etc. Faregrad og konsekvens er delt inn i tre klasser etter resultatet av evalueringen:



Figur 3 Eksempel på faregradkart, utsnitt av Modum kommune.

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.

For plan- og byggesaksbehandling er det faregradevalueringen (sannsynligheten for skred) som legges til grunn. Risikoklassifiseringen benyttes ved prioritering av områder som skal sikres mot skred.

## STABILITETSANALYSER/KONTROLL

En viktig målsetting for myndighetene har vært å legge til rette for en mest mulig enhetlig vurdering av skredfareproblemer internt i det geotekniske fagmiljøet. Dette er spesielt viktig i områder med fare for kvikkleireskred, idet oppgavene er meget krevende og at konsekvensen ved et skred kan være meget stor. For å søke å oppnå dette, er det utarbeidet en veiledning for geotekniske rådgivere ved vurdering av stabilitet i områder der sensitiv/kvikk leire utgjør fare for skred, ref /2/. Anbefalingen omfatter blant annet forslag til type og omfang av grunnundersøkelser, valg av metoder for stabilitetsanalyser og krav til minimum sikkerhetsnivå (materialfaktor). Anbefalingen er utarbeidet av en arbeidsgruppe bestående av representanter fra de største geotekniske konsulentmiljøene: Multiconsult, Rambøll, Vegdirektoratet og NGI. Det henstilles til at myndighetene påser at veiledningen legges til grunn ved all geoteknisk prosjektering i områder med fare for kvikkleireskred.

For ytterligere å sikre at utbyggingsoppgaver i områder med fare for kvikkleireskred behandles på en sikker og enhetlig måte, er det i retningslinjene innarbeidet krav om at all prosjektering skal forelegges for uavhengig faglig kontroll.



---

## KOMMUNEPLAN

---

For planområder der det er lagt ut for utbygging/fortetting og/eller spredt utbygging i LNF områder, skal det foretas en vurdering av om det kan foreligge fare for at kvikkleireskred kan inntreffe innenfor hele eller deler av planområdet. Likeledes skal det vurderes om hele eller deler av planområdet ligger innenfor utløpsområdet for skred. På dette planstadiet kreves det ikke utført egne grunnundersøkelser. Arbeidet består i innsamling og evaluering av foreliggende informasjon og skal som et minimum omfatte følgende punkter:

1. *Undersøke om det kan finnes marin leire i planområdet.* Grunnlagsmaterialet vil være kvartærgeologiske kart og informasjon om beliggenheten av marin grense (MG). Data fra foreliggende grunnundersøkelser skaffes til veie.
2. *Undersøke om planområdet ligger innenfor utløpsområdet for skred.* Grunnlagsmaterialet vil være det samme som under pkt. 1.

**Dersom svarene er negative på pkt. 1 og 2, er området klarert med hensyn til fare for kvikkleireskred.**

**Dersom svaret er positivt på pkt. 1 og/eller pkt. 2 :**

3. *Tidligere kartlagte faresoner markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
4. *Utløpsområder for skred markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
5. *Dersom planområdet ligger utenfor tidligere kartlagte fareområder, gjøres en vurdering av hvorvidt det kan foreligge en potensiell skredfare.* Kvartærgeologiske kart (løsmassetyper og mektighet, fjellblotninger etc.), topografiske kart (skråningshelninger, høydeforskjeller) og eventuelle tidligere grunnundersøkelser (bestemmelse av forekomster av sensitiv/kvikkleire) legges til grunn for vurderingen. I vurderingen av en sones utstrekning, skal det antas at et skred kan forplante seg en avstand tilsvarende  $15 \times H$  (skråningshøyden) bakover fra utløsningsstedet. For øvrig henvises til ref. /2/.
6. *Nye faresoner faregradevalueres (ref. /1/) og markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
7. *Nye utløpsområder for skred markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
8. *Krav om eventuelle supplerende undersøkelser, faregradevalueringer, stabilitetsanalyser med mer ved reguleringsplanutarbeidelse skal fremgå i retningslinjene til planen.* Om mulig angis omfang av undersøkelser og kostnader.

---

## REGULERINGSPLAN

---

Dersom det på kommuneplannivå ikke er vurdert om det kan foreligge fare for kvikkleireskred, må dette inngå i arbeidet med reguleringsplanen, se punktene 1-8 i det overstående.

På reguleringsplannivå skal områdestabiliteten analyseres og eventuelle behov for generelle stabilitetsforbedrende tiltak avklares. Arbeidet omfatter følgende aktiviteter:

9. *Grunnundersøkelser gjennomføres for å kunne foreta en nærmere vurdering av skredfaren.* Undersøkelsene skal som et minimum gi grunnlag for kartlegging av forekomst/utbredelse av sensitiv/kvikkleire. Om nødvendig skal undersøkelsene også gi grunnlag for analyse av stabilitetsforholdene. Krav til omfang og kvalitet av undersøkelsene er drøftet i ref. /2/.

**Dersom undersøkelsene viser at det ikke forekommer kvikkleire på området eller at kvikkleiren har slik beliggenhet at kvikkleireskred ikke kan inntreffe, er området klarert med hensyn til fare for kvikkleireskred.**

**Dersom undersøkelsene derimot har påvist kvikkleire med beliggenhet som tilsier at kvikkleireskred kan inntreffe, skal området utredes videre:**

10. *Faregradevaluering utføres for situasjonen før og etter gjennomføring av planen.* For enkelte større soner kan det være aktuelt å foreta en oppdeling av sonen i flere mindre soner, som bedre avspeiler den sannsynlige utstrekningen av et kvikkleireskred. Evalueringen utføres for den stabilitetsmessig ugunstigste delen av sonen.
11. *Stabilitetsanalyser utføres for situasjonen før og etter gjennomføring av planen.* Krav til analysemetoder og bestemmelse av styrkeparametere er drøftet i ref. /2/.
12. *Behovet for sikringstiltak vurderes.* I noen tilfeller kan det være behov for å gjennomføre omfattende sikringstiltak, også utenfor selve utbygningsområdet. Slike forhold er det viktig å få avklart tidligst mulig i planprosessen
13. *Foreta ekstern kontroll av geoteknisk prosjektering, utført på reguleringsplannivå.* Geoteknisk prosjektering i områder med fare for kvikkleireskred kan være meget krevende, og konsekvensen ved et skred vil ofte være stor. Det er derfor bestemt at det skal gjennomføres ekstern kontroll av prosjekteringen.

Som det fremgår av overstående, vil geoteknisk rådgivning utgjøre en viktig del av planarbeidet.

I det etterfølgende er det nærmere gjort rede for hvilke krav som stilles til den geotekniske rådgivning i forbindelse med gjennomføring av reguleringsplan. Det stilles krav til hvilke geotekniske problemstillinger som skal utredes samt at det stilles krav til sikkerhetsnivåene ved stabilitetsanalyser. Kravene avhenger av hvilke faregradklasse området har, samt av utbygningsprosjektets konsekvens.

## Geotekniske problemstillinger som skal utredes

Den etterfølgende tabellen viser hvilke problemstillinger som skal utredes av geoteknisk rådgiver, avhengig av konsekvensen ved utbygging (prosjektkategori A, B, C og D) og faregradklasse.

Prosjektkategori	Faregradklasser før utbygging		
	Høy	Middels	Lav
<b>A. Tilflytting av mennesker:</b> Boliger, skoler, institusjoner, industri- og næringsbygg o.l.	Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll
<b>B. Viktige samfunnsmessige funksjoner:</b> Hovedveier, Toglinjer, VAR-anlegg og sentralt Kraftnett o.l.	Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll
<b>C. Ingen tilflytting, påvirker stabiliteten:</b> Veier, grøfter, planeringer og oppfyllinger o.l.	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll
<b>D. Ingen tilflytting, liten påvirkning på stab.forholdene:</b> Små tilbygg (< 20 m <sup>2</sup> ), grunne grøfter (<2 m), mindre planering (<1 000 m <sup>3</sup> ) og små oppfyllinger (<1 m) o.l.	Stabilitetsberegning	Rettledning, ref /3/	Rettledning, ref /3/

### Kommentarer til tabell

En utbygging deles inn i en av fire kategorier, A, B, C og D, avhengig av konsekvens ved et skred.

- A. Tilflytting av mennesker.** Det kreves både faregradanalyse, stabilitetsberegninger og uavhengig kontroll, når faregradklassen før utbygging for sonen er høy eller middels. I faregradklasse lav kreves ikke faregradevaluering.
- B. Viktige samfunnsmessige funksjoner.** Samme utredninger som for prosjektkategori A.
- C. Ingen innflytting, påvirker stabiliteten.** Kreves ikke faregradevaluering
- D. Ingen innflytting, liten påvirkning på stab. forholdene.** Kreves stabilitetsanalyse i faregradklasse høy, for øvrig kreves kun at ”Rettledning ved små inngrep i/ved skrån timer i kvikkleire” følges, ref /3/.

## Krav til sikkerhetsnivåer

Den etterfølgende tabell viser hvilke krav som stilles til sikkerhetsnivåer ved stabilitetsanalyser, avhengig av konsekvensen ved utbygging (prosjektkategori A, B, C og D) og faregradklasse. Sikkerheten kan bestemmes enten ved stabilitetsanalyse eller ved at terrenginngrep medfører en stabilitetsmessig forbedring.

Faregradklasse	Krav til sikkerhetsnivå				
	Stab. analyse	Forbedring av sikkerhet ved fysiske terrenginngrep			
	Tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet	Vesentlig forbedring	Forbedring	Ikke forverring	"Rettledning.."
Høy	A, B, C, D	A, B	C	D	
Middels	A, B, C	A, B	C		D
Lav	A, B, C			A, B, C	D

Definisjon av begrepene "tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet", "vesentlig forbedring", "forbedring" og "ikke forverring" er gitt i ref. /2/.

For prosjektkategoriene A og B er kravene identiske. Tilstrekkelig sikkerhet mot skred kan dokumenteres ved stabilitetsanalyser, både for byggefasen og permanent. Dette gjelder for alle tre faregradklasser. Ved alternativ dokumentasjon, forbedring gjennom fysiske tiltak, forlanges "vesentlig forbedring" for faregradklassene høy og middels og "ikke forverring" for faregradklasse lav.

For prosjektkategori C kan tilstrekkelig sikkerhet dokumenteres ved stabilitetsanalyser, både for byggefasen og permanent. Dette gjelder for alle tre faregradklasser. Ved alternativ dokumentasjon, forbedring gjennom fysiske tiltak, forlanges "forbedring" for faregradklassene høy og middels og "ikke forverring" for faregradklasse lav.

For prosjektkategori D kreves stabilitetsmessig dokumentasjon kun for faregradklasse høy, enten ved at tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet bekreftes, eller ved å dokumentere at de fysiske inngrep tilfredsstiller kravet om "ikke forverring" av sikkerheten. For soner i faregradklase middels og lav anvendes "Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner", se ref. /3/.



---

## BYGGEPLAN

---

Krav som ikke er utredet/gjennomført i forbindelse med kommuneplan (punktene 1-8) og reguleringsplan (punktene 9-13) skal oppfylles i byggeplan.

I byggeplan skal kravet om at området skal ha tilstrekkelig sikkerhet mot skred dokumenteres.

14. *Uttalelse med dokumentasjon om at området har tilstrekkelig sikkerhet skal foreligge før oppstart.* Ansvarshavende skal ha sentralgodkjennelse i tiltaksklasse III. Dersom det er nødvendig å foreta stabilitetsforbedrende tiltak, skal disse være gjennomført før oppstart av utbyggingsprosjektet.

---

## BEGREPER/DEFINISJONER

---

### **I Kvikkleire, blir flytende ved omrøring.**

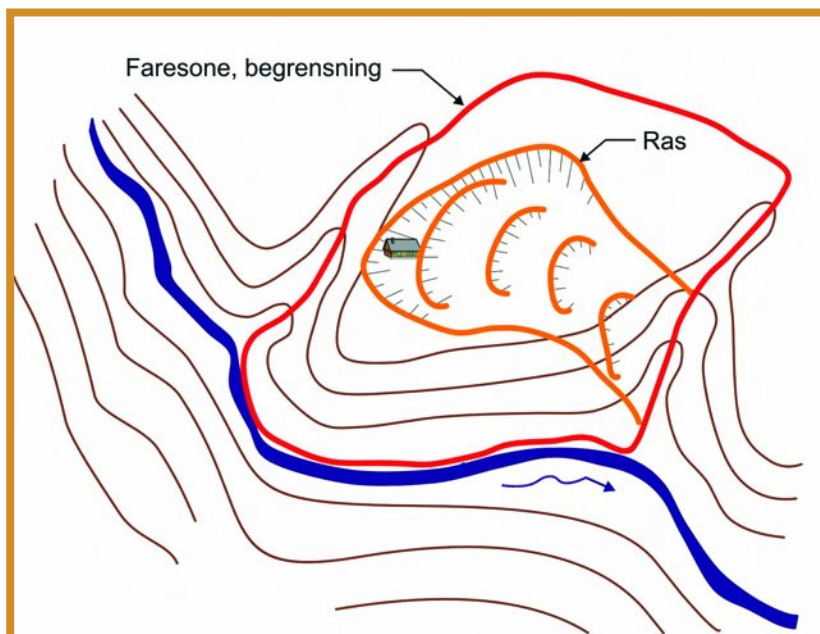
Praktisk talt all leire i Norge er avsatt i saltvann (marin leire). Saltet i porevannet er bindemiddelet i leiren. Gjennom de siste 8 – 10 000 år har det skjedd en gradvis utvasking av saltet. Når saltet forsvinner blir leiren kvikk. Effekten av at saltet er borte er at leiren blir flytende ved omrøring, 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/semest har en ennå gunstigere innvirkning på styrkeegenskapene til leiren. Kalk/semesttilsetning har derfor gjennom de siste 20-30 årene blitt en mye anvendt grunnforsterkningsmetode i bløte sensitive leirer.

## II Kvikkleiresone, angir antatt maksimal utbredelse 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.



Figur 4 Skissen illustrerer at skred i kvikkleire kan bre seg langt fra utløsningsstedet. Stabilitet må vurderes for 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.

## III Kvikkleireskred, kan berøre hele sonen.

Skred i sensitiv/kvikk marin avsetning av leire og/eller silt. 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 utløst på andre deler av sonen kan ramme prosjektet. Det er derfor ikke tilstrekkelig å analysere sikkerheten for skred lokalt. Risikoanalyser er et egnet verktøy til å lokalisere stabilitetsmessig utsatte områder.

#### IV Risikoanalyse

For å kunne redusere omfang og skader av uønskede hendelser, som for eksempel leirskred, utføres risikoanalyser før utbygningsprosjekter igangsettes. Risikoanalyser er utviklet for dette formålet. Risikoanalyser utføres for "nåsituasjonen" og for "situasjonen etter utbygging", slik at effekten av gjennomføringen av utbyggingsplaner kan fremgå. Risikoanalysen vil avdekke faregrad-, konsekvens- og 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.

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

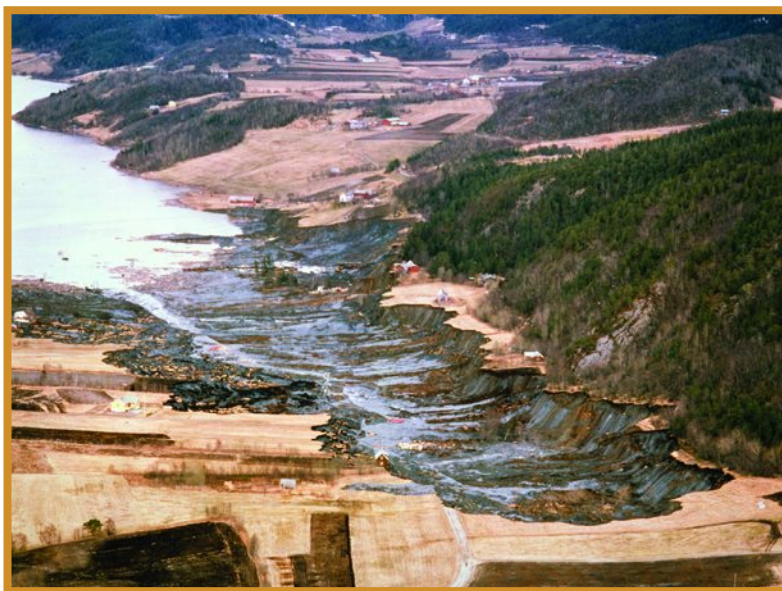
---

- /1/ NGI. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, Revisjon 2 datert 16. desember 2002.
- /2/ NVE. Anbefalte krav til geoteknisk prosjektering ved utbygging i områder med fare for kvikkleire-skred.
- /3/ NGI. Rettledning ved små inngrep i/ved skråninger i kvikkleire.



## 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. Prinsippskissene 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: Båstadskedet 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.

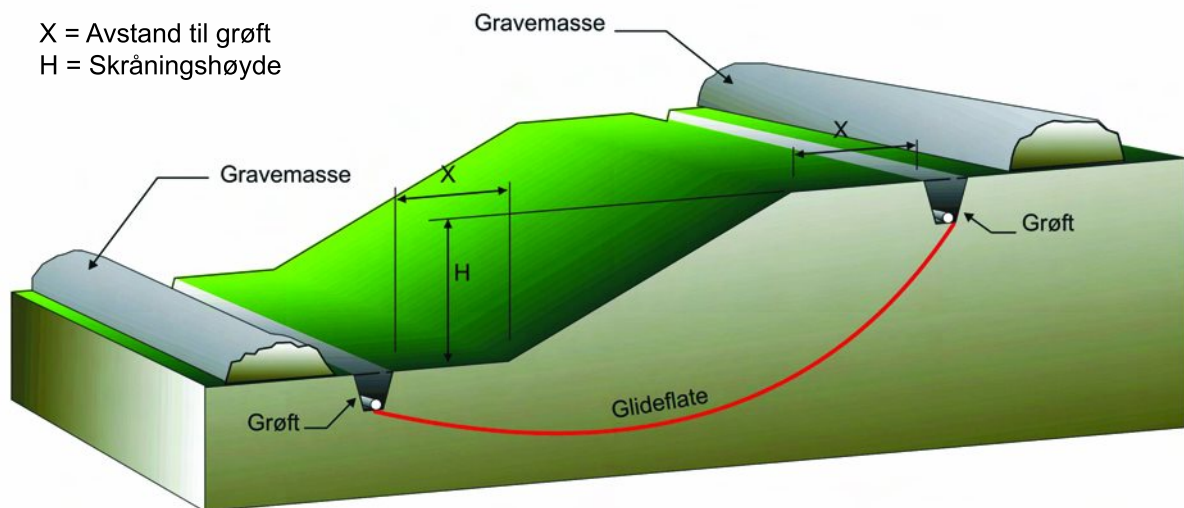
## GRAVING AV GRØFTER

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 grøftarbeidene, 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:*

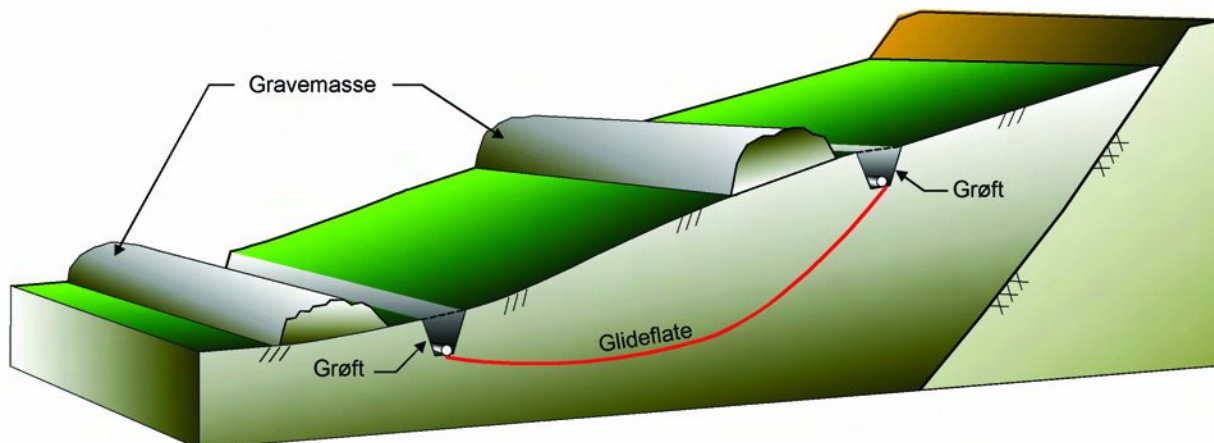
Innvirkningen på skråningsstabiliteten er meget stor. Grøfter frarådes utført uten kontakt med geoteknisk sakkyndig.

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.

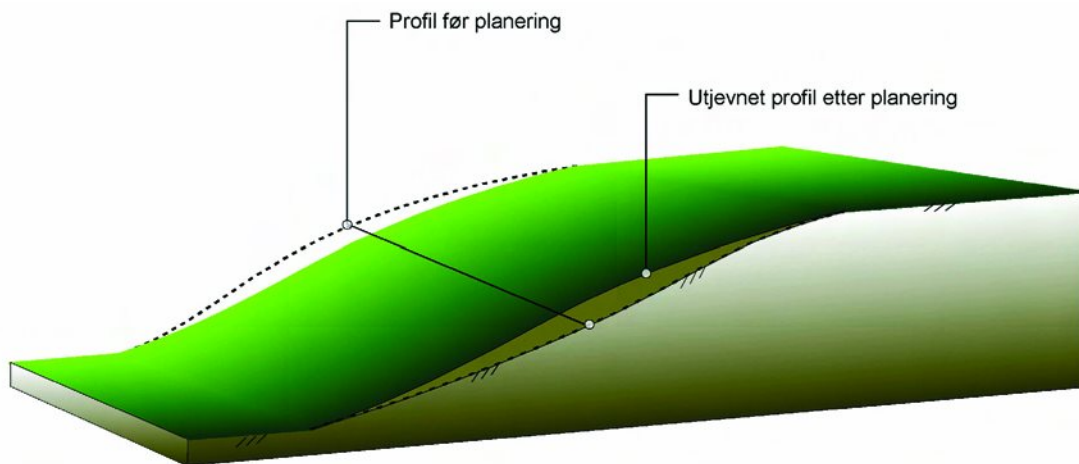
## BAKKEPLANERING

Dette avsnittet omhandler planeringsarbeider, med massevolum mindre enn 1000 m<sup>3</sup> 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

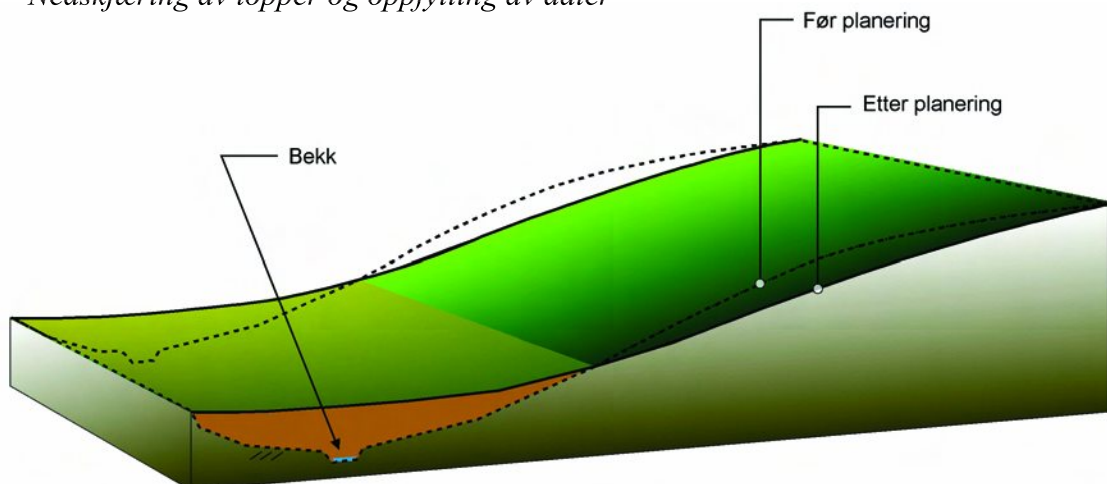
#### 1. Utjevning av mindre lokale rygger og søkk ved sideveis forskyvning av masser



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.

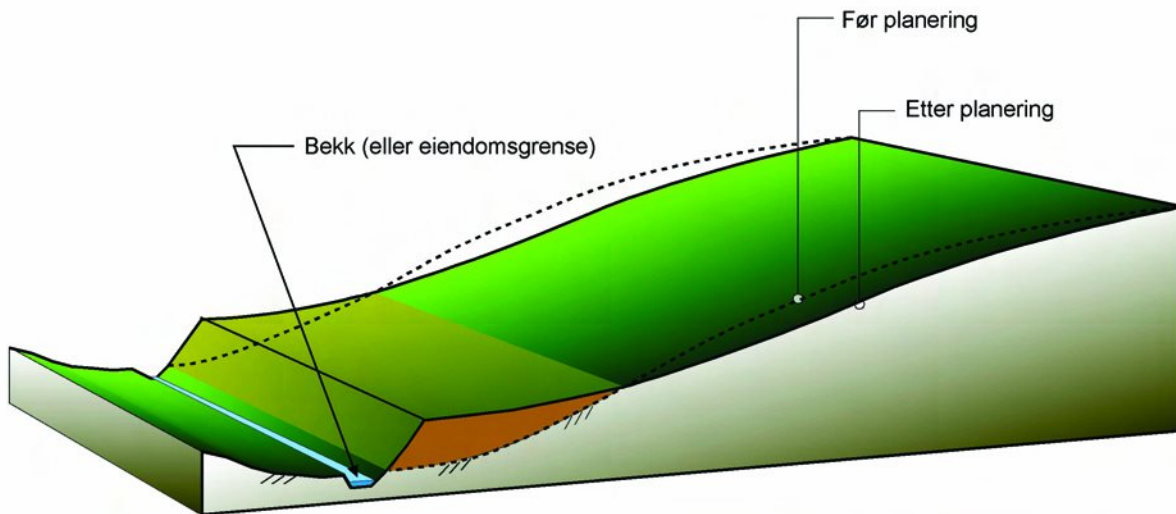
#### 2. Nedskjæring av topper og oppfylling av daler



Figur 4 Planering ved oppfylling av dalbunnen forbedrer stabiliteten



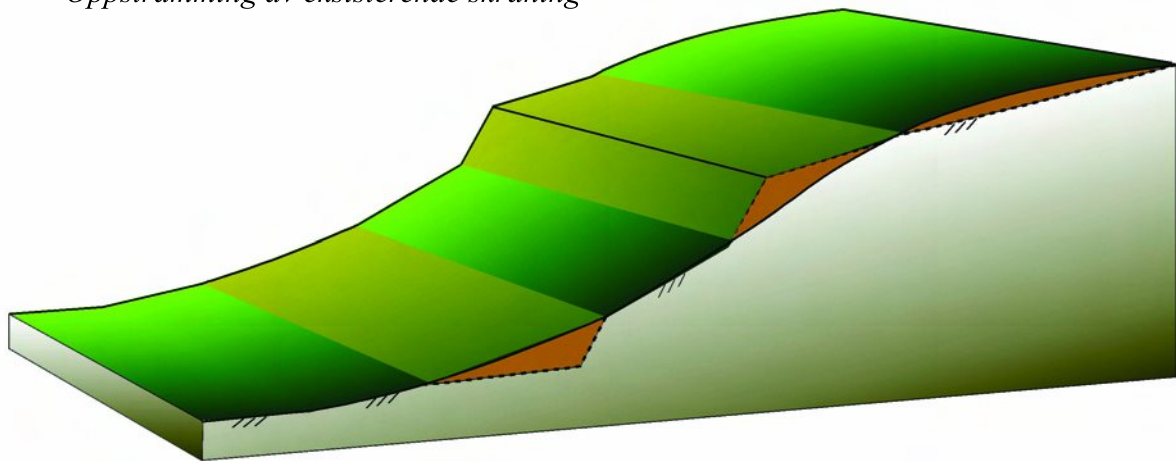
Arbeidet har positiv innvirkning på skråningens totale stabilitet og kan gjennomføres under forutsetning av at arbeidene i anleggsfasen ikke medfører nevneverdig stabilitetsforverring. Dette er behandlet nærmere under "Stabilitetsforhold under planeringsarbeidet".



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

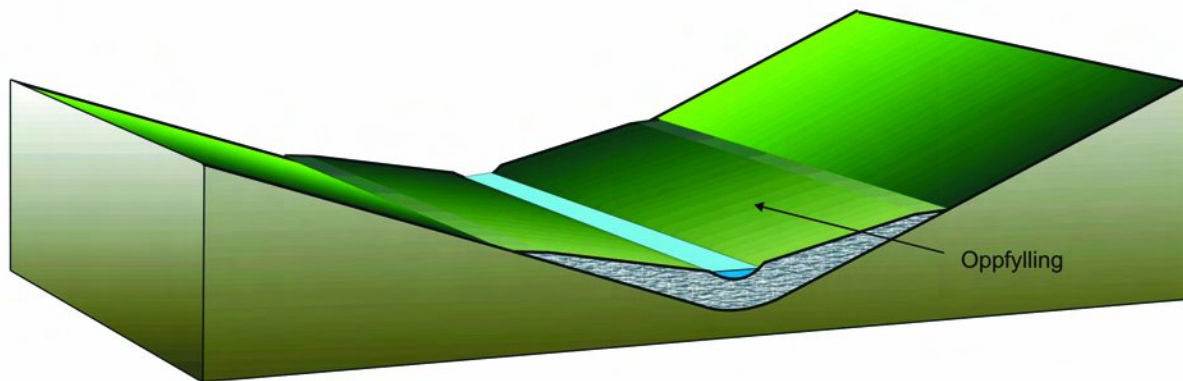
Ved bakkeplaneringsarbeider tar man generelt sikte på nedskjæring av høyereliggende partier og oppfylling av de lavereliggende. Som regel vil derfor bakkeplanering, når den er ferdig utført, kunne innebære en betydelig forbedring av stabilitetsforholdene i et område.

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 kostnadskrevende, men anses nødvendige ut fra en sikkerhetsmessig vurdering.

### 1. Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen

Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen betinger lite graving/ tilrettelegging langs skråningsfot forut for oppfylling og er således stabilitetsmessig en gunstig løsning, se fig. 7.

Det er også andre grunner for å velge denne løsningen. Bekker skaper variasjon i landskapet, og mange planter og dyr er knyttet til bekkedragene. Videre bidrar åpne bekker til redusert forurensning nedstrøms, fordi den naturlige renseprosessen i vannet er avhengig av lys. Åpne bekker gir også mindre fare for flomskader, både fordi de normalt har større kapasitet for flomvannet, og fordi de gir bedre muligheter til å kontrollere avrenningsforholdene i flomsituasjoner enn lukkede systemer. Løsningen er benyttet med stort hell mange steder, bl.a. i forbindelse med NVEs sikringstiltak mot leirskred. Både internasjonalt og i en del byer/tettsteder i Norge har en sett verdien av det åpne vannet, og mange steder brukes betydelige ressurser på å gjenåpne tidligere lukkede vassdrag.



Figur 7 Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen er en god løsning både geoteknisk og miljømessig

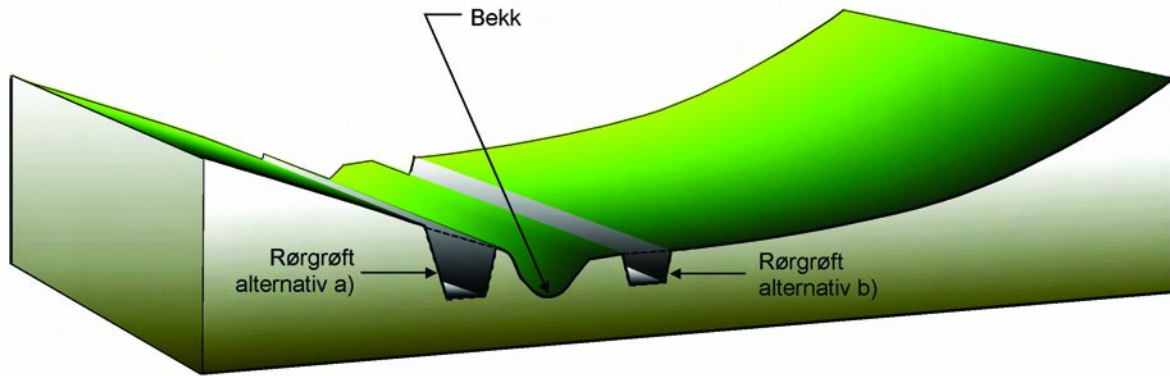
### 2. Lukking av bekker

I noen tilfeller kan det være ønskelig legge bekken i rør. Dette må utføres før oppstart av oppfyllingsarbeidene og kan således 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. 8 alternativ a og b. Se også «GRAVING AV GRØFTER».

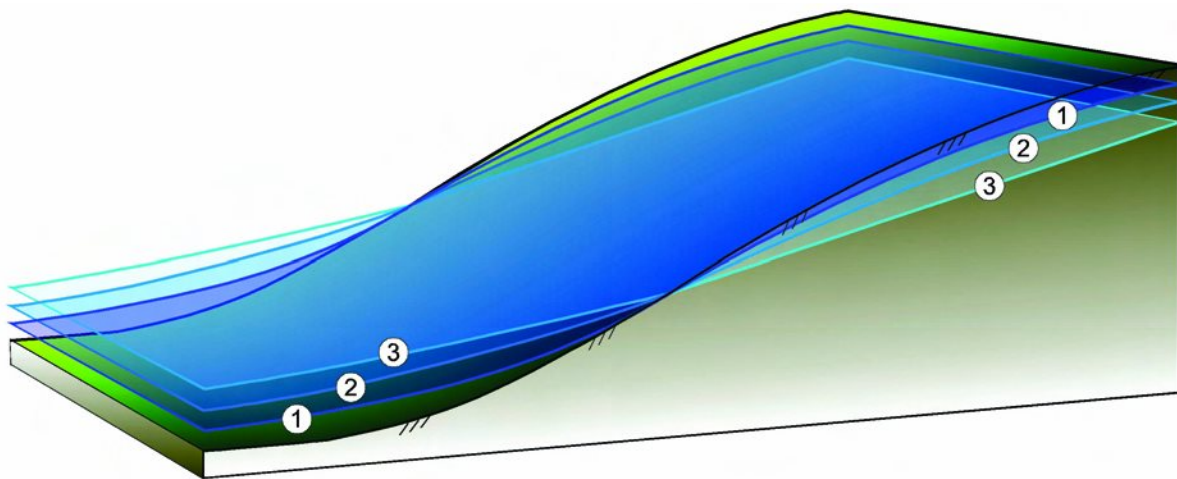
Det skal bemerkes at det finnes flere eksempler på at lukking av bekker har ført til betydelige skader som følge av oversvømmelse, enten fordi kulvertene er underdimensjonerte, eller fordi de tilstoppes.



Figur 8 Lukking av bekkeløp. Rørgroftalternativ «a» reduserer sikkerheten vesentlig og betinger vurdering av geoteknisk sakkyndig. Alternativ «b» har liten innvirkning på sikkerheten og kan gjennomføres.

### 3. 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. 9 a og b.



Figur 9 Planering av skråninger bør skje ved flåvis nedskjæring

---

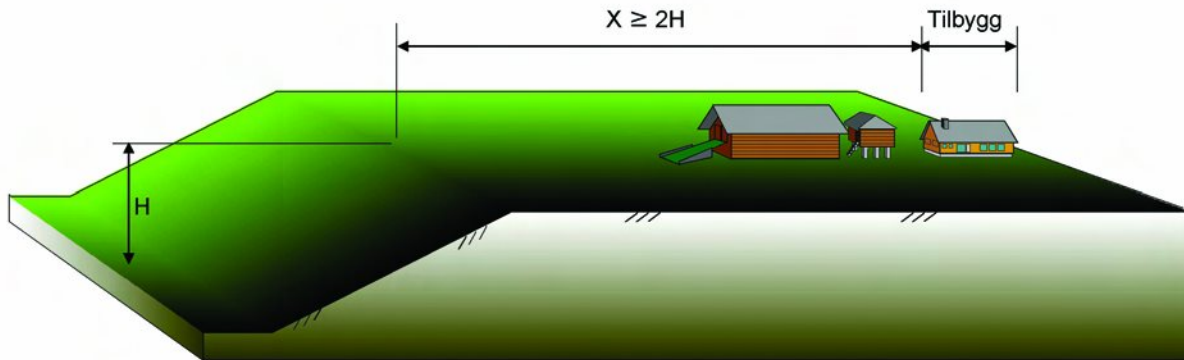
## NY BEBYGGELSE

---

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.

### I ravinert terreng

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



Figur 10 Ny bebyggelse i ravinert leirterreng

### 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

---

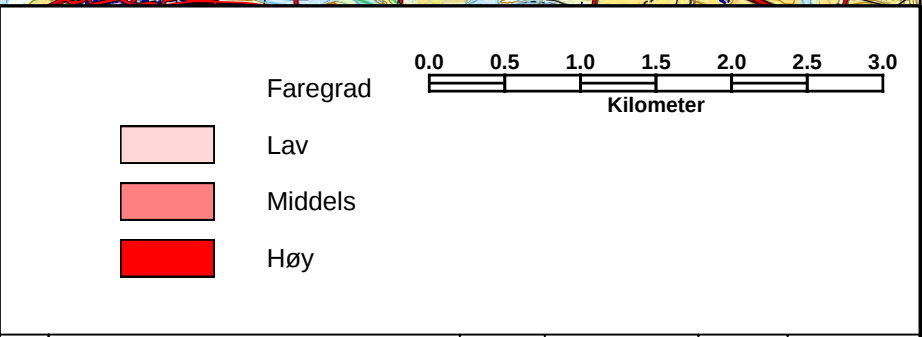
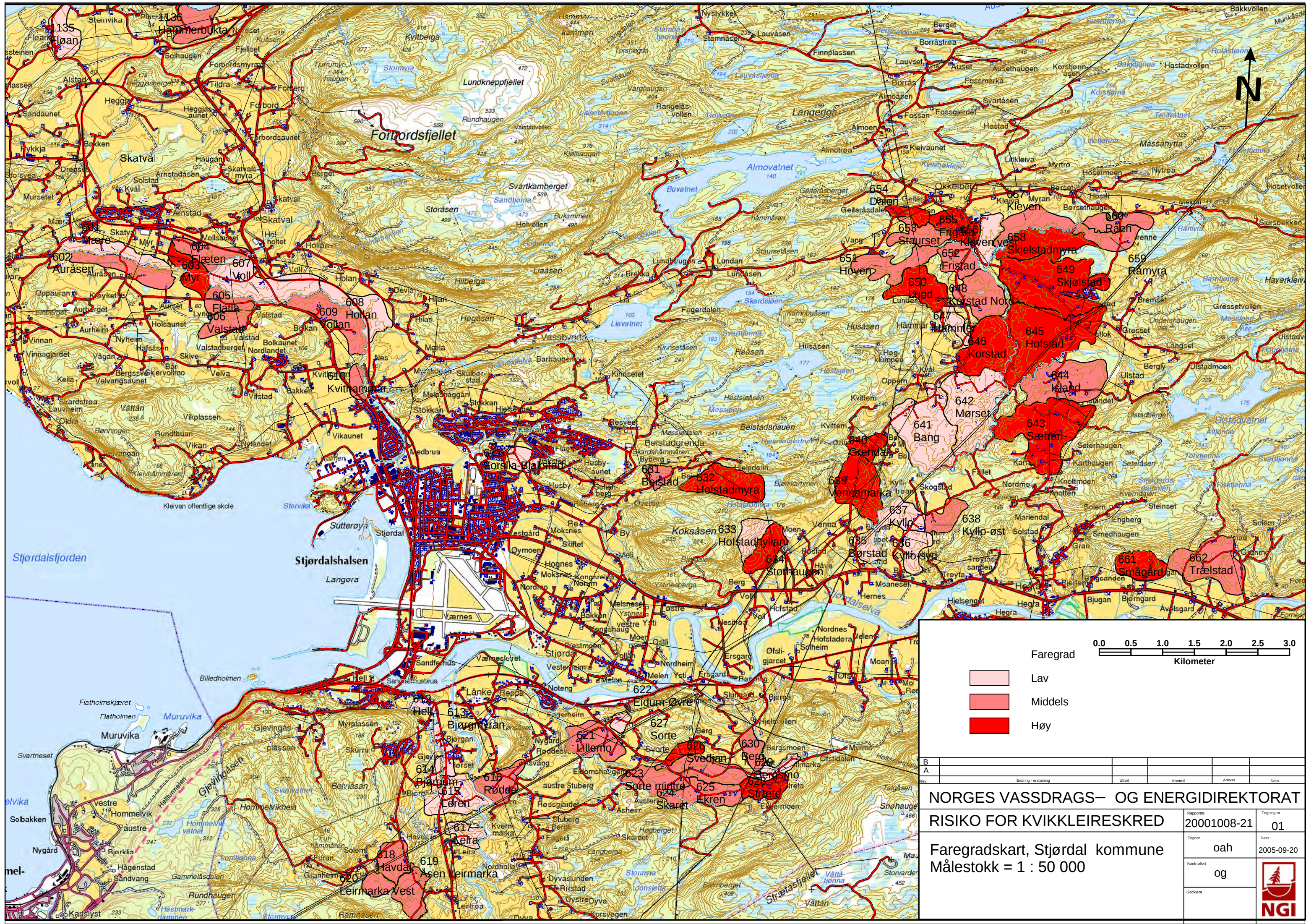
De skraverte områdene på oversiktskartene angir potensiell fare for kvikkleireskred og må aldri benyttes som deponeringssted for fyllmasser, uten at de inngår i en plan for stabilisering av et område. Ofte benyttes nettopp raviner som tippsted for avfallsmasser i forbindelse med nydyrking, riving av 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.



## Tegninger





B					
A					
Rev.	Endring - erstatning	Utført	Kontroll	Ansvar	Dato

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

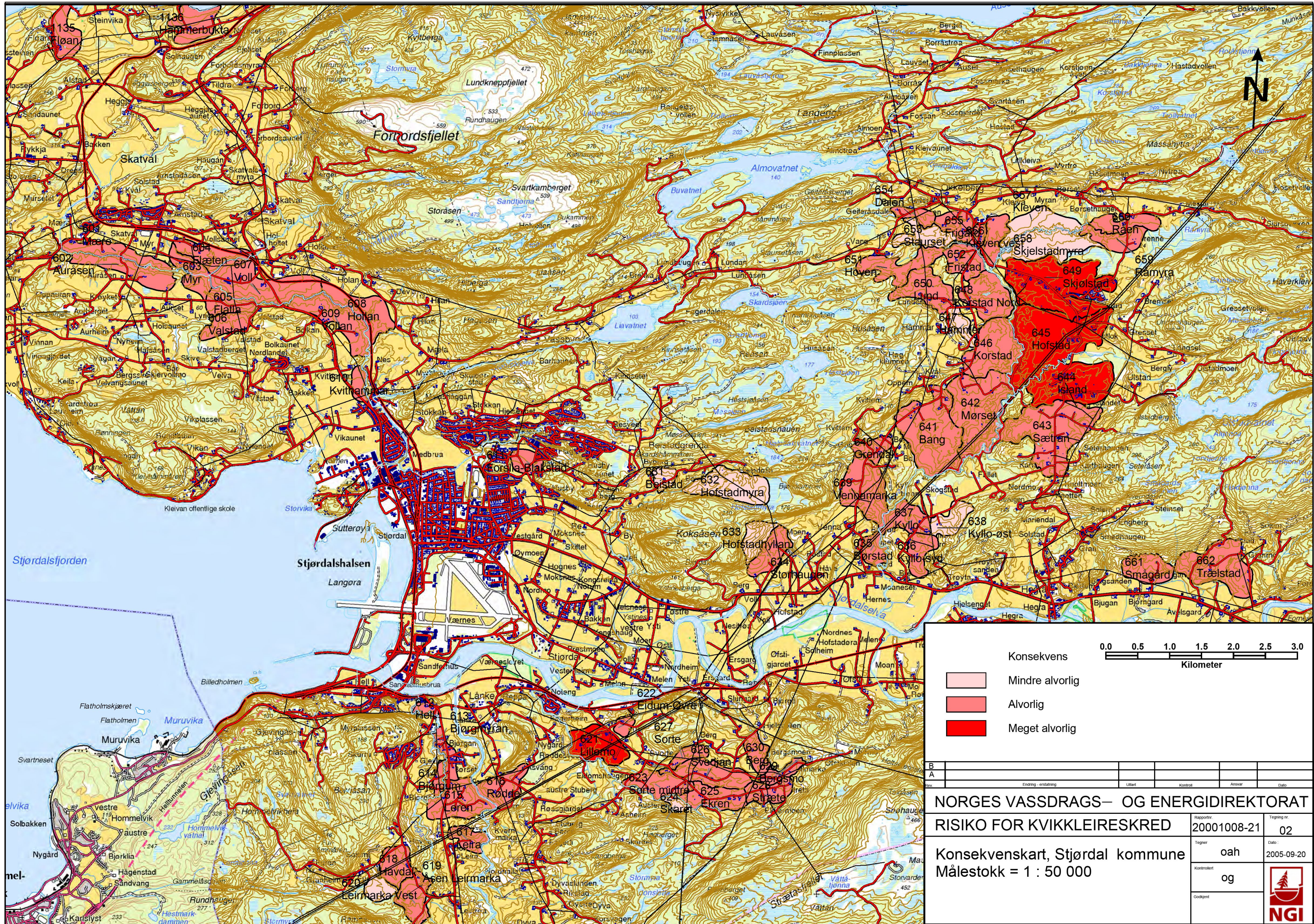
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Faregradskart, Stjørdal kommune  
Målestokk = 1 : 50 000

Rapportnr.	20001008-21	Tegning nr.	01
Tegner	oah	Dato	2005-09-20
Kontrollert	og		
Godkjent			







KONSEKVENNS		0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0	
		Kilometer	
	Mindre alvorlig		
	Alvorlig		
	Meget alvorlig		


B					
A					
Rev	Endring - erstating	Utført	Kontroll	Ansvar	Dato

**NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT**

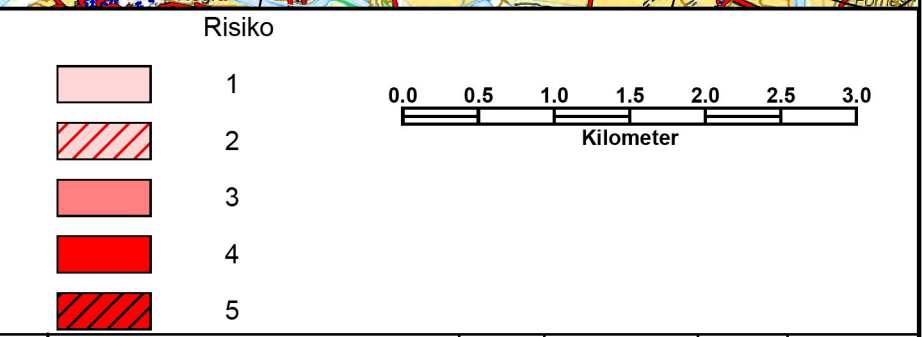
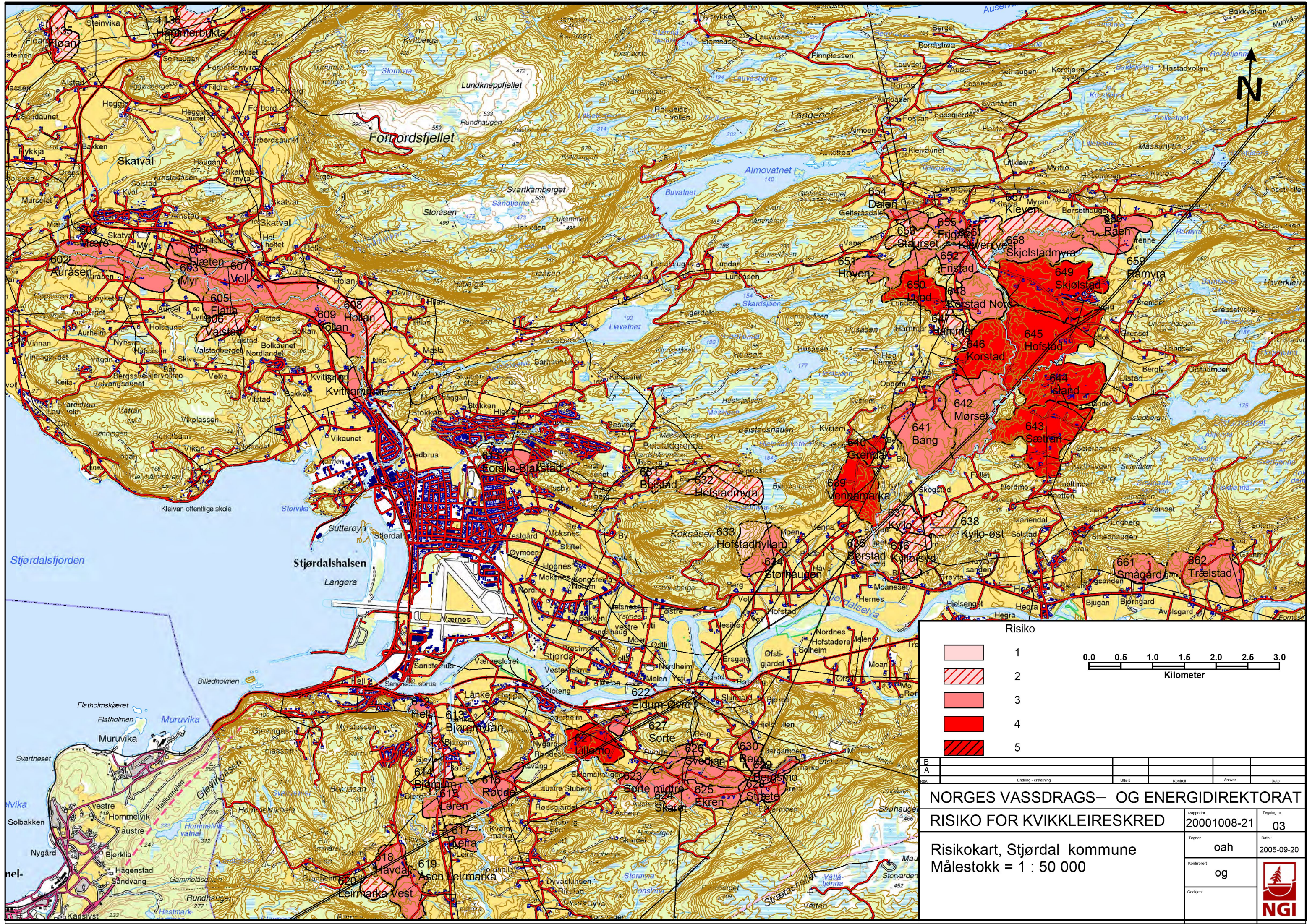
**RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED**

Konsekvenskart, Stjørdal kommune  
Målestokk = 1 : 50 000

Rapportnr.	20001008-21	Tegning nr.	02
Tegner	oah	Dato	2005-09-20
Kontrollert	og		
Godkjent			







B					
A					
Rev	Endring - erstating	Utført	Kontroll	Ansvar	Dato

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		Rapportnr. 20001008-21	Tegning nr. 03
Risikokart, Stjørdal kommune		Tegner oah	Dato: 2005-09-20
Målestokk = 1 : 50 000		Kontrollert og	
		Godkjent	



# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Oppdragsgiver/Client</b> Norges vassdrags - og energidirektorat		<b>Dokument nr/Document No.</b> 20001008-21	
<b>Kontraksreferanse/ Contract reference</b> Tilsagnsbrev av 20.10.2003 Ref.: NVE 200100097-78 vpm/een		<b>Dato/Date</b> 20. september 2005	
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Program for økt sikkerhet i vassdrag Vurdering av risiko for skred <b>Prosjektleder/Project Manager</b> Odd Gregersen <b>Utarbeidet av/Prepared by</b> Øyvind Armand Høydal		<b>Distribusjon/Distribution</b> <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None	
<b>Emneord/Keywords</b> Skred, kvikkleire, faresone, risiko			
<b>Land, fylke/Country, County</b> Norge, Nord Trøndelag <b>Kommune/Municipality</b> Stjørdal <b>Sted/Location</b> Stjørdal <b>Kartblad/Map</b> N 50, 1621 I Stjørdal <b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> 32VNR600380		<b>Havområde/Offshore area</b>  <b>Feltnavn/Field name</b>  <b>Sted/Location</b>  <b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>	

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

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