



Til: Refne borettslag, Halden  
v/: Torbjørn Larsen  
Kopi til: HABO v/Fredrik Hoffstrøm  
Dato: 3. mars 2014  
Rev. nr./ Rev. dato: 0  
Dokumentnr.: 20140237-01-TN  
Prosjekt: Jordskred Refneveien 40, Halden  
Utarbeidet av: Håkon Heyerdahl, Bjørn Vidar Vangelsten  
Prosjektleder: Tone Fallan Smaavik  
Kontrollert av: Tone Fallan Smaavik

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Sluppen  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MV

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Vurdering av stabiliserende tiltak og risiko

### Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Fundamentering og bygningsstatikk</b>	<b>2</b>
2.1	Fundamentering	2
2.2	Bygningsstatikk	2
<b>3</b>	<b>Grunnundersøkelser</b>	<b>2</b>
3.1	Utført til nå (status pr. 3. mars 2014)	2
3.2	Videre undersøkelser	3
<b>4</b>	<b>Stabiliserende tiltak</b>	<b>3</b>
4.1	Generelt	3
4.2	Stabilitetsberegninger	3
4.3	Alternative tiltak ved leire i skråningsfoten	4
<b>5</b>	<b>Skredfarevurdering og risiko for skade på bygget (pr. 3. mars 2014)</b>	<b>5</b>
5.1	Metodikk for risikovurdering	5
5.2	Sannsynlighet for skredhendelser	5
5.3	Sannsynlighet for skredhendelser	7
5.4	Konsekvens – skade på bygget	9
5.5	Risiko	10
<b>6</b>	<b>Vurdering av risiko</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Referanser</b>	<b>11</b>

### Kontroll- og referanseside



## 1 Innledning

Et jordskred er løst i skråningen inntil boligblokk i Refneveien 40. NGI bistår borettslaget i Refneveien 40 med å vurdere skredfare og sikringstiltak.

Pr. i dag er alle beboere i begge oppganger, A og B, evakuert, etter at politiet besluttet å evakuere samtlige beboere tirsdag 25. februar 2014 på kvelden.

Dette notatet er utarbeidet underveis i arbeidet med å utrede tiltak. Hensikten er å oppsummere status for utredningen, og å gi grunnlag for å vurdere risiko for bygget ut fra den informasjon som til nå er samlet inn, basert på geotekniske og statiske vurderinger så langt.

## 2 Fundamentering og bygningsstatikk

### 2.1 Fundamentering

Bygget står på rammede betongpeler til berg, og hver pel skal være meislet inn i berg med fjellspiss (ref. /1/). Peleaksene (veggaksene) går noenlunde parallelt med skråningen mot bekken, med noe større avstand i nord. Pelelengder indikert på fundamentplanen viser økende dybde til berg i østlig og sørlig retning. Ut fra sonderinger så langt later dette til å stemme.

Sørøstre hjørne av bygget ligger helt ute på skråningskanten. Her har skredet frilagt pelehodet i hjørnet samt toppen av betongpelen under pelehodet.

### 2.2 Bygningsstatikk

COWI avd. Fredrikstad v/ Helge Almgren har oppdraget med å vurdere statiske forhold ved bygget og konsekvenser for bygget ved evt. svikt i fundament/peler.

Foreløpig vurdering mottatt av COWI er at bortfall av peler under ytterste akse vil kunne medføre skade som gjør hele bygget ubeboelig.

## 3 Grunnundersøkelser

### 3.1 Utført til nå (status pr. 3. mars 2014)

Det er utført dreietrykksondering i tre punkter, CPTU-sondering i to punkter og prøvetaking i ett punkt. Ytterligere undersøkelser pågår.

Prøvene fra borepunkt 1, på skråningskanten mot elva på parkeringsplassen nord for bygget, er delvis analysert. Ut fra sondering ble det i første omgang antatt leire på dybder fra 9 m, og disse prøvene ble åpnet først. Prøvene viser at massene består av sandig og leirig silt (<10 % leire). Sondering i borepunkt 2 ved midten av nordre langside av bygget er svært lik sondering 1. dvs. trolig ikke leire.



Dreietrykkssondering og CPTU-sondering i borepunkt 3 på sørsiden av bygget indikerer leire fra ca. 8-9 m (ca. kote +1) og ned til antatt berg på 12 m (bergnivå ca. kote -2, punktet er ennå ikke innmålt). Sonderingskurvene indikerer ikke kvikkleire, men dette er ennå ikke verifisert ved prøver.

Poretrykksmålinger i borepunktene 1 og 3 pågår, foreløpig indikerer disse relativt lave poretrykksverdier.

### **3.2 Videre undersøkelser**

Videre undersøkelser vil nå rette seg mot å skaffe informasjon nærmere foten av skråningen, dvs. at boringer trolig må utføres innenfor naturvernområdet.

## **4 Stabiliserende tiltak**

### **4.1 Generelt**

Det er klart at stabilitetsforholdene ikke er tilfredsstillende, og det anses nødvendig å utføre stabiliserende tiltak.

Topografisk ligger det til rette for konvensjonell støttefylling av stein, da bekkedalen er relativt bred nedenfor bygget. Trolig vil det også være mulig å justere bekkeløpet noe på østsiden av bekken, om nødvendig.

Det er vanskelig å se at andre sikringstiltak vil være raskere, enklere, rimeligere eller sikrere å utføre. Tiltak bør også sees ut i sammenheng med at tiltak bør være mest mulig skånsomme.

Støttefylling bør strekke seg langs hele den bratte delen av skråningen, dvs. fra starten av skredet i sør og forbi bygget, med avslutning inn mot skråningen sør for vegbrua.

### **4.2 Stabilitetsberegninger**

NGI har gjennom helgen regnet på stabiliserende tiltak i form av støttefylling.

For å sikre øvre del av skråningen mot videre utglidning må støttefyllingen føres helt opp til bygget. Fremtidig skråningshelning må være slakere enn før skredet.

Det er så langt vurdert en helning på 30-32 grader for støttefyllingen, i kombinasjon med en bankett på 2-3 m høyde i foten av skråningen. Det er forutsatt noe utfylling ut i bekken (NVE og Fylkesmannen må forelegges planene).

Leire er ikke påvist i borepunkt 1, men er tolket i borepunkt 3, ca. på bekkenivå og ned mot berg.

Beregningene viser at for stabiliserende tiltak vil evt. forekomst av leire og dybde til fjell i foten av skråningen være av stor betydning.

Det er derfor avgjørende å få avklart grunnforholdene i foten av skråningen nærmere, av hensyn til dimensjonering av løsningen.

#### **4.3      *Alternative tiltak ved leire i skråningsfoten***

Dersom det påvises leire i foten av skråningen som gjør at tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet ikke kan oppnås, kan følgende løsningsalternativer være aktuelle:

A: Forlenge støttefyllingen i foten

- Breder bankett i foten av støttefyllingen kan gi tilstrekkelig sikkerhet mot dype glidninger ned i leire. Bekken vil da i økende grad gjenfylles, og bekkeleiet må evt. flyttes mot øst.

B: Legge ut støttefyllingen under poretrykkskontroll

- Dersom poretrykkene måles og tillates å dissipere etter utlegging av fyllingsfoten, kan økt fasthet av grunnen medregnes i stabilitetsanalysene. Dette er så langt ikke analysert. Poretrykkdissipasjon kan ta lang tid, avhengig av egenskapene i grunnen.

C: Forsterke grunnen i foten av skråningen med kalk/semestabilisering.

- Dette er en relativt omfattende operasjon, og vil kreve tilgang med store maskiner. Metoden ble benyttet ved sikringstiltak ved skredet i Refneveien. 33 i 2011 (ref. /2/).



## 5 Skredfarevurdering og risiko for skade på bygget (pr. 3. mars 2014)

Skredfaren i området er på ingen måte over. Selv om det så langt ikke er påvist kvikkleire i skråningen, er skråningen ikke stabil slik den nå står. En må forvente en gradvis videreutvikling, dvs. at skråningen vil fortsette å sige, avhengig av bl.a. vanntilførsel fra nedbør og gjennom grunnen. Ved videreutvikling av skredet er det fare for skade på bygget.

### 5.1 Metodikk for risikovurdering

Som beslutningsstøtte for vurdering av fare for skred og resulterende skade på bygget, er det nedenfor foreslått en enkel metodikk for vurdering av risiko.

DSBs veileder for kartlegging av risiko og sårbarhet (ref. /3/) er benyttet som utgangspunkt, og tilpasset slik at metodikken passer for den aktuelle situasjonen.

### 5.2 Sannsynlighet for skredhendelser

Sannsynlighet for forskjellige skredhendelser er vurdert ut fra Tabell 1., på en skala fra 1 til 4. Det bemerkes at i sannsynlighet for skredhendelser ligger det implisitt at hendelsene også fører til skade på peler som berøres av skredet. Det bemerkes også at i vurdering av akseptabel risiko for bygninger er øvre sannsynlighetsnivå normalt 1/300 pr. år. I en akuttsituasjon kan dette være annerledes, slik at høyere sannsynlighet kan være akseptabelt, men den høyere sannsynligheten må i så fall kompenseres med økt overvåkning og oppfølging.

Tabell 1 Sannsynlighetsklasse for skred – forutsatt at sikring av området ikke er utført

Sannsynlighetsklasse S	Beskrivelse
1	Lite sannsynlig 1/300 pr. år. Evt. er forutsetningene for hendelsen ikke tilstede.
2	Mindre sannsynlig 1/50 år Kan skje innen 50 år dersom området ikke sikres.
3	Sannsynlig 1/10 år Kan skje innen 10 år dersom området ikke sikres.
4	Meget sannsynlig 1/1 år Vil skje i løpet av 1 år dersom området ikke sikres.

### 5.2.1 Konsekvens – skade på bygget

Ut fra beskrevne skredhendelser er forventede skader på bygget plassert i en konsekvensklasse. Det er konferert med bygningsstatiker Helge Almgren/COWI. Skadekonsekvens koblet til forskjellige skredhendelser er vurdert ut fra Tabell 2, også med en skala fra 1 til 4.

Tabell 2 Konsekvensklasse – skade på bygget

Konsekvens-klasse K		Beskrivelse av skade på bygget	Bygg beboelig?
1	Liten	Små deformasjoner/riss	Ja
2	Noe	Deformasjoner/oppsprekking	Nei
3	Middels	Store konstruktive skader	Nei
4	Stor	Bygg totalskadet	Nei

### 5.2.2 Risiko for skade på bygget

Kombinasjon av sannsynlighet og risiko er fremstilt i diagram med skade- og konsekvensklasser langs aksene, vist i Tabell 3. Farge på felt for aktuell kombinasjon av sannsynlighet og konsekvens.

Tabell 3 Tabell for vurdering av risiko som kombinasjon av sannsynlighet for skadehendelse og skadekonsekvens som følge av hendelse.

Risiko for skade på bygg		Konsekvens (skade på bygget)			
		1 Liten	2 Noe	3 Middels	4 Stor
Sannsynlighet for skredhendelse som gir skade på bygget	4 Meget sannsynlig				
	3 Sannsynlig				
	2 Mindre sannsynlig				
	1 Lite sannsynlig				

Følgende akseptkriterier er foreslått:

Rødt felt: Høy - Uakseptabel risiko.

Gult felt: Middels - Risiko bør vurderes nærmere.

Grønt felt: Lav - Risiko akseptabel.



### 5.3 *Sannsynlighet for skredhendelser*

Forskjellige skredscenarier er vurdert nedenfor, og hver av hendelsene er tilordnet en sannsynlighetsklasse i hht. Tabell 1.

#### 5.3.1 *Kvikkleireskred som berører bygget*

Dersom evt. kvikkleire under bygget kom i bevegelse, ville pelene trolig rives med eller knekke.

Kvikkleireskred betinger forekomst av kvikkleire på så høyt nivå at leira kan involveres i et skred, samt at et initialscred punkterer kvikkleirelaget eller medfører at belastningen på kvikkleirelaget øker så mye at et kvikkleireskred kan starte (her går det ikke i detalj om dette). Ved evt. dyptliggende kvikkleire, er det sannsynlig at punktering av kvikkleirelaget ikke ville inntreffe.

Ved grunnundersøkelser og observasjoner i skredområdet er det så langt ikke påvist kvikkleire i området; enkelte lommer med kvikkleire kan dog aldri avskrives helt. Skredet i skråningen mot bekken vil uansett neppe medføre at kvikkleirelag eksponeres, selv om skredet skulle utvikle seg noe. Skredet later til å være relativt lite mobilt, og vil trolig støtte opp nedre del av skråningen. I praksis vurderes det ikke å være fare for at et kvikkleireskred skal kunne oppstå dersom skredet i skråningen utvikler seg videre (siger videre nedover skråningen).

Sannsynligheten for kvikkleireskred ut fra nåværende informasjon å være svært lav.

#### ➤ **Sannsynlighetsklasse 1 Liten (lavest mulige).**

#### 5.3.2 *Skade på hjørnepel*

Det er så langt kun én pel som er eksponert av skredet, nemlig pelen i sørøstre hjørne av bygget (i akse 1 på fundamentplanen, ref /1/).

Videreutvikling av skredet vil medføre at pelen på hjørnet av bygget i økende grad blir frilagt. Før stabiliserende tiltak er utført, vurderes det å være en betydelig fare for at pelen under hjørnet av boligblokken kan bli skadd. Skade kan oppstå som følge av skredmasser tar med seg pelen (dersom bruddflaten går innenfor pelen), eller som følge av for stor sidebelastning, dersom jordmasser som støtter opp pelen på siden mot skråningen glir ut. Betongpeler har relativt liten kapasitet for å tåle horisontale belastninger.

Skredet har beveget seg betydelig i denne delen av skråningen, og sannsynligheten for skade på denne pelen må, inntil tiltak er utført, regnes som stor.

#### ➤ **Sannsynlighetsklasse 4 Stor (høyest mulige).**

### 5.3.3 *Skade på flere peler i aksen nærmest skråningskanten*

Skredet har så langt kun avdekket én pel, men ved en utvikling av skredet er det godt mulig at flere peler i aksen nærmest skråningskanten kan berøres. Faren for skade på peler avtar gradvis i økende avstand fra skråningen. Pelene lengst nord i aksen ut mot skråningen står derved noe tryggere enn pelene lenger sør.

- **Sannsynlighetsklasse 3 Middels (nest høyeste).**

### 5.3.4 *Skade på peler i annen akse fra skråningskanten*

Avstanden mellom pele-/veggaksene er ca. 6 m. For neste akse mot vest (annen akse fra skråningskanten), anses faren for direkte skade som følge av medrivning av peler i skred å være liten, dvs. det antas lite sannsynlig (men ikke umulig) at skredet vil gå så langt tilbake fra skråningskanten at pelene skades.

- **Sannsynlighetsklasse 2 Noe (nest laveste).**

### 5.3.5 *Dominoeffekt - overbelastning av peler*

Statiker Helge Almgren fra COWI uttalte (i møte hos Halden kommune tirsdag 25. februar) at man måtte anta at om fundamentet under ytterste del av bygget svikter, vil bygget trolig deformeres i denne delen, men trolig vil bygningsdelene fortsatt henge sammen med resterende bygg lenger vest.

Dette vil imidlertid innebære at ved bortfall av peler vil lasten fra bygget overføres til andre peler, siden bygget fortsatt henger sammen. Det er ikke kjent hvilken belastning og evt. reservekapasitet pelene står med, og omfordeling av laster er også høyst usikkert.

Det er liten sannsynlighet for en dominoeffekt dersom bare hjørnepelen er skadet. Dersom flere peler i aksen nærmest skråningen svikter, vil imidlertid scenariet være mulig med økende grad av sannsynlighet. For risikoanalysen er scenariet vedr. "dominoeffekt" derfor gitt samme sannsynlighet som sannsynligheten for skade på flere peler i aksen nærmest skråningen.

- **Sannsynlighetsklasse 3 Middels (nest høyeste).**



#### 5.4 *Konsekvens – skade på bygget*

Skredscenarier ovenfor er diskutert med statiker Helge Almgren/COWI, ut fra tilhørende sannsynlig konsekvens for bygget. I hovedsak er det vanskelig å anta at skred som skader én eller flere peler vil resultere i noe annet enn betydelige skader på bygget, og som er uforenlige med å bo i bygget.

Hver av skredhendelsene er ut fra disse diskusjonene tilordnet en konsekvensklasse i hht. Tabell 2. Denne tilordningen er gjort av NGI.

##### 5.4.1 *Kvikkleireskred som berører bygget*

➤ **Konsekvensklasse 4 (Stor)**

Bygget blir derved ubeboelig som følge av scenariet.

##### 5.4.2 *Skade på hjørnepel (akse nærmest skråningen)*

➤ **Konsekvensklasse 3 (Middels)**

Bygget blir derved ubeboelig som følge av scenariet.

##### 5.4.3 *Skade på flere peler i aksene nærmest skråningskanten*

➤ **Konsekvensklasse 3 (Middels)**

Bygget blir derved ubeboelig som følge av scenariet.

##### 5.4.4 *Skade på peler i annen akse fra skråningskanten*

➤ **Konsekvensklasse 4 (Stor)**

Bygget blir derved ubeboelig som følge av scenariet.

##### 5.4.5 *Dominoeffekt - overbelastning av peler*

➤ **Konsekvensklasse 4 (Stor)**

Bygget blir derved ubeboelig som følge av scenariet.

## 5.5 Risiko

I tabellen nedenfor er sannsynlighet for skredhendelser som vurderes å kunne medføre fundamentskade, og tilhørende konsekvenser for bygget av disse hendelsene, koblet sammen slik at de viser risiko, i hht. Tabell 3.

Tabell 4 Risiko for skade på bygget ut fra skredhendelser.

Hendelse	Beskrivelse av hendelse	Sannsynlighetsklasse for hendelse (skred)	Konsekvensklasse for hendelse (skade på bygget)	Risiko for skade på bygget
Kvikkleire-skred	Kvikkleireskred innunder bygget, fjerner masser mellom pelene og/eller river med seg pelene	1	4	Liten
Skred - skade på hjørnepel	Skred i skråningen frilegger hjørnepel og/eller river den bort	4	2	Høy
Skred - skade på flere peler i første akse	Skred fjerner sidestøtte og/eller river bort flere peler i aksen nærmest skråningen	3	4	Høy
Skred - skade på peler i annen akse	Skred så langt tilbake fra skråningen at peler i annen akse blir berørt (sidestøtte borte eller peler revet bort)	2	4	Høy
Domino-effekt	Last fra skadde peler gir overføring av laster til øvrige peler. Setter i gang en progressiv kollaps av bygget.	3	4	Høy



## 6 Vurdering av risiko

Aktuelle scenarier er plottet i Tabell 5.

Tabell 5 Plassering av scenarier og tilhørende konsekvens i risikotabellen

Risiko for skade på bygg		Konsekvens (skade på bygget)			
		1 Liten	2 Noe	3 Middels	4 Stor
Sannsynlighet for skredhendelse som gir skade på bygget	4 Meget sannsynlig		Skade på hjørnepel		
	3 Sannsynlig				Skade på flere peler i akse 1 Dominoeffekt
	2 Mindre sannsynlig				Skade på peler i akse 2
	1 Lite sannsynlig				Kvikkleireskred

Alle skredscenarier med tilhørende antatt skade på bygget havner i en del av tabellen med uakseptabel risiko. Unntaket er kvikkleireskred. Så langt er kvikkleire ikke påvist, men kartlegging av grunnforholdene er ikke helt avsluttet.

Selv ikke et scenario hvor kun den frilagte hjørnepelen skades, vil være akseptabelt, dersom foreslått akseptnivå legges til grunn.

## 7 Referanser

- /1/ Murmester Th. Lundestad (1975): Boligblokk 2, Refne. Pele- og fundamentplan. Tegning nr. 7408-08.
- /2/ NGI (2011): Skred i Refneveien 33, Halden. Rapport nr. 20111033-00-1-R, datert 10. mai 2012. Prosjekt for Halden kommune.
- /3/ DSB (2011). Veileder. Samfunnssikkerhet i arealplanlegging – Kartlegging av risiko og sårbarhet.  
<http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2008/Tema/temasamfunnssikkerhetareal.pdf>

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Jordskred Refneveien 40, Halden.			Dokumentnr./Document No. 20140237-01-TN		
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical Note		Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited		Dato/Date 2014-03-03	
				Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 0	
Oppdragsgiver/Client Refne borettslag, Halden					
Emneord/Keywords Skred, grunnundersøkelser, leire, risiko, stabiliserende tiltak					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Halden			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Refne			Sted/Location		
Kartblad/Map 1932 II Halden			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates Euref89 Øst 635015 Euref89 Nord 6555698					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	HHe	TFS		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 3. mars 2014		Sign. Prosjektleder/Project Manager  Tone Fallan Smaavik	



NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

