



JLE GRUNNFORSTERKNING AS

SUSI – Anbefalinger for praktisk bruk av resultatene

Avslutningsseminar 2020-12-11

Sølve Hov

Senioringeniør

Omfang av AP3

- Praktiske utfordringer med lav bindemiddelsmengde
- Case-studie i Lundamo ink. mulige sikringstiltak og nytte/kost

WP3 – Recommendations for the practical application of the results obtained and relevance for the community by evaluating the outcomes in a real case in Lundamo, Melhus.

Finding the minimum amount of binder from laboratory tests does not mean that one can apply this amount directly in practice. When installing lime-cement columns in the field, one is dependent of a certain flow through the system to prevent the system from plugging. This problem needs to be assessed to come up with a recommendation on what type and amount of binder is compatible with existing installation equipment. In addition, this recommendation will be linked to a case study in Lundamo where a slope in a quick clay area needs to be stabilized. The decision-making there will be based on economical, safety during and after installation, and sustainable considerations, and the consequences that implies to the persons living already there and at the top of the slope. The dissemination of results is also included in WP3.

Work package 3

M3 (Sub-goal 3): Recommendations for the practical application of the results obtained and relevance for the community by evaluating the outcomes in a real case in Lundamo Melhus.

Research question 3.1 (F_{3.1}): How can this be put into practice in the field?

Suggested solution 3.1 (L_{3.1}): Evaluation of the recommended types and amount of binders in regards of the practical application and local relevance of the results.

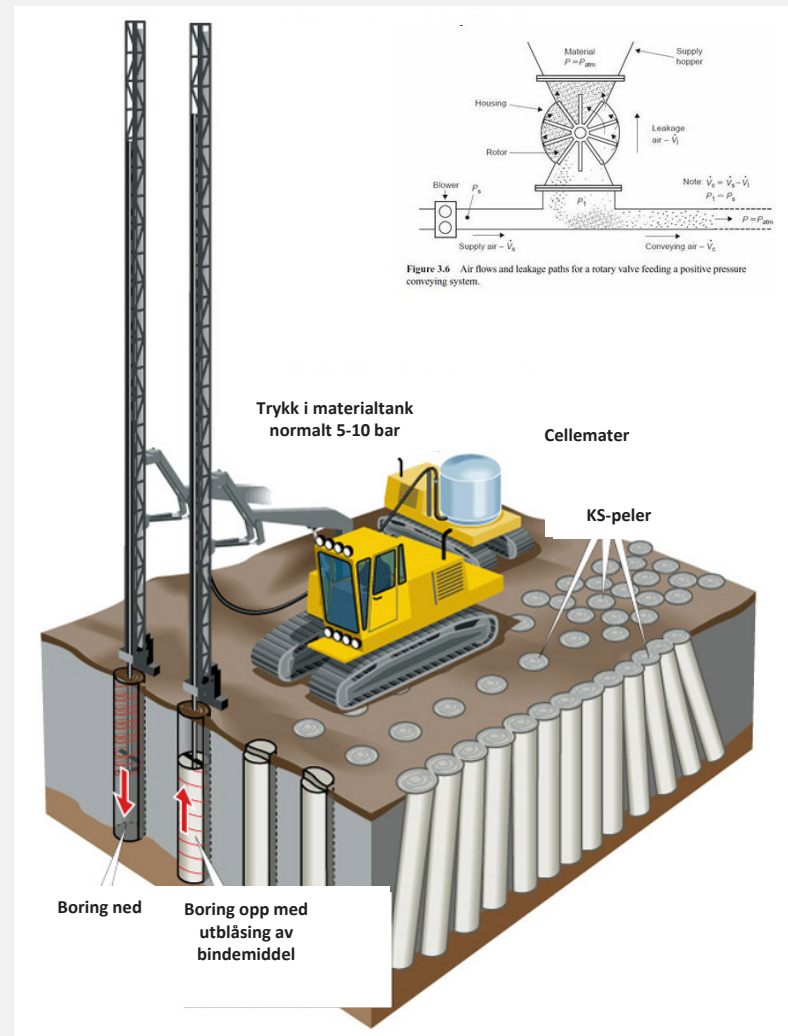
Oppsummering av AP1 og AP2

- ↗ Tradisjonelt 80-120 kg/m³ med sement og kalk
- ↗ Resultat i AP1: ned til 30 kg/m³ med sement og kalk/LKD
- ↗ Lavere mengde gir ca. -58 kg CO₂ per m³ jord
- ↗ Annet bindemiddel gir ca. -4 kg CO₂ per m³ jord

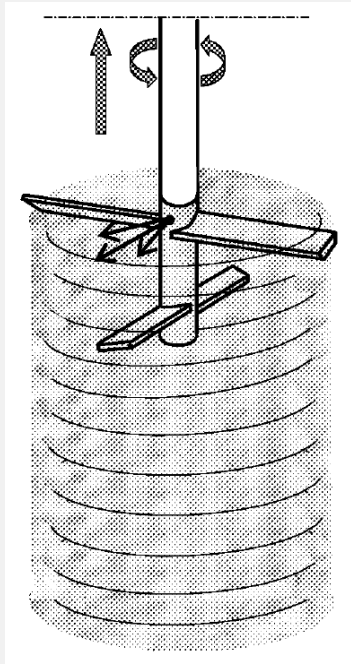
- ↗ Mulig i praksis?
- ↗ Hvilken forskjell gir det?

Utførelse av KS-peler

- Tilstrekkelig strømning av bindemiddel for å unngå tilpropping
- Tilstrekkelig blanding for å få homogene peler
- Mengde avhengig av:
 - Strømning av bindemiddel (normalt 1-3 kg/s)
 - Stigningshastighet
 - Pelediameter
 - Bindemiddel (f.eks. flytbarhet)
 - Utstyr
 - Grunnforhold



Utførelse av KS-peler

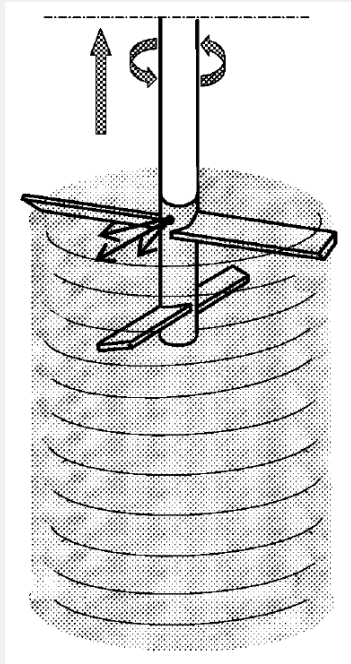


Fra Larsson (2003)

- ↗ BRN = blade rotation number (antall pinner per meter pel)
- ↗ Antall pinner – 6 eller 8
- ↗ Rotasjonshastighet – 170-200 omdr/min
- ↗ Stigningshastighet – 2,5-5 m/min

- ↗ BRN = 300 og 1 kg/s gir
 - $Q \approx 25-30 \text{ kg/m}^3$ for 800 mm (men noen 40 kg/m^3)
 - $Q \approx 45-55 \text{ kg/m}^3$ for 600 mm

Utførelse av KS-peler



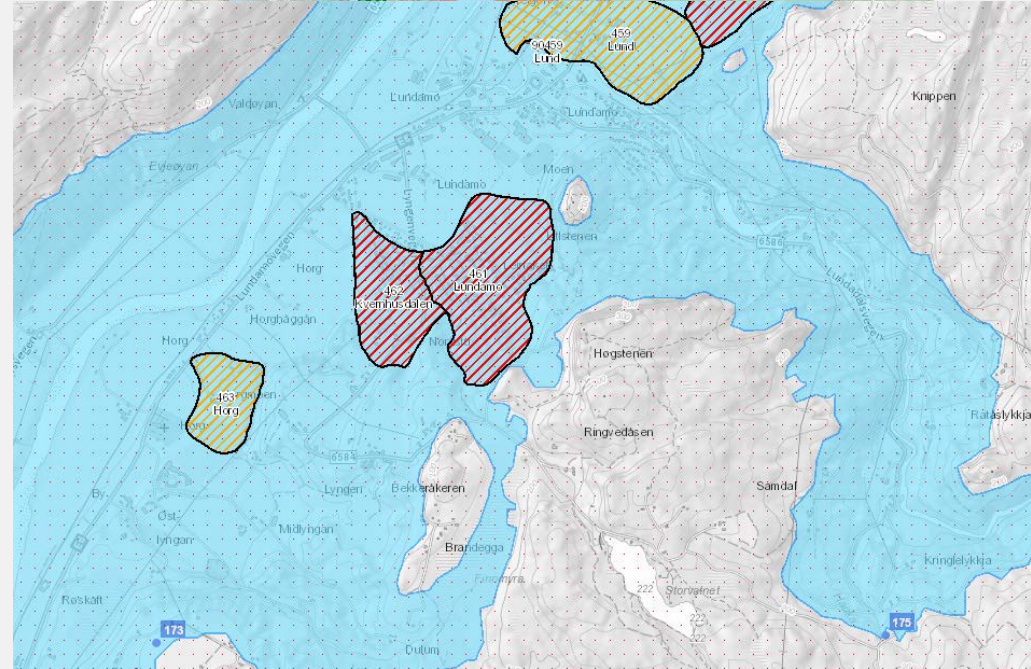
Fra Larsson (2003)

- ↗ Bindemiddelmengde kan reduseres ved:
 - Øke pelediameter
 - Øke stigningen i mm/omdr
 - Øke antall pinner
 - Redusere strømningshastigheten
- ↗ Evt. er lavere BRN mulig i kvikkleire
- ↗ Krever systematiske forsøk

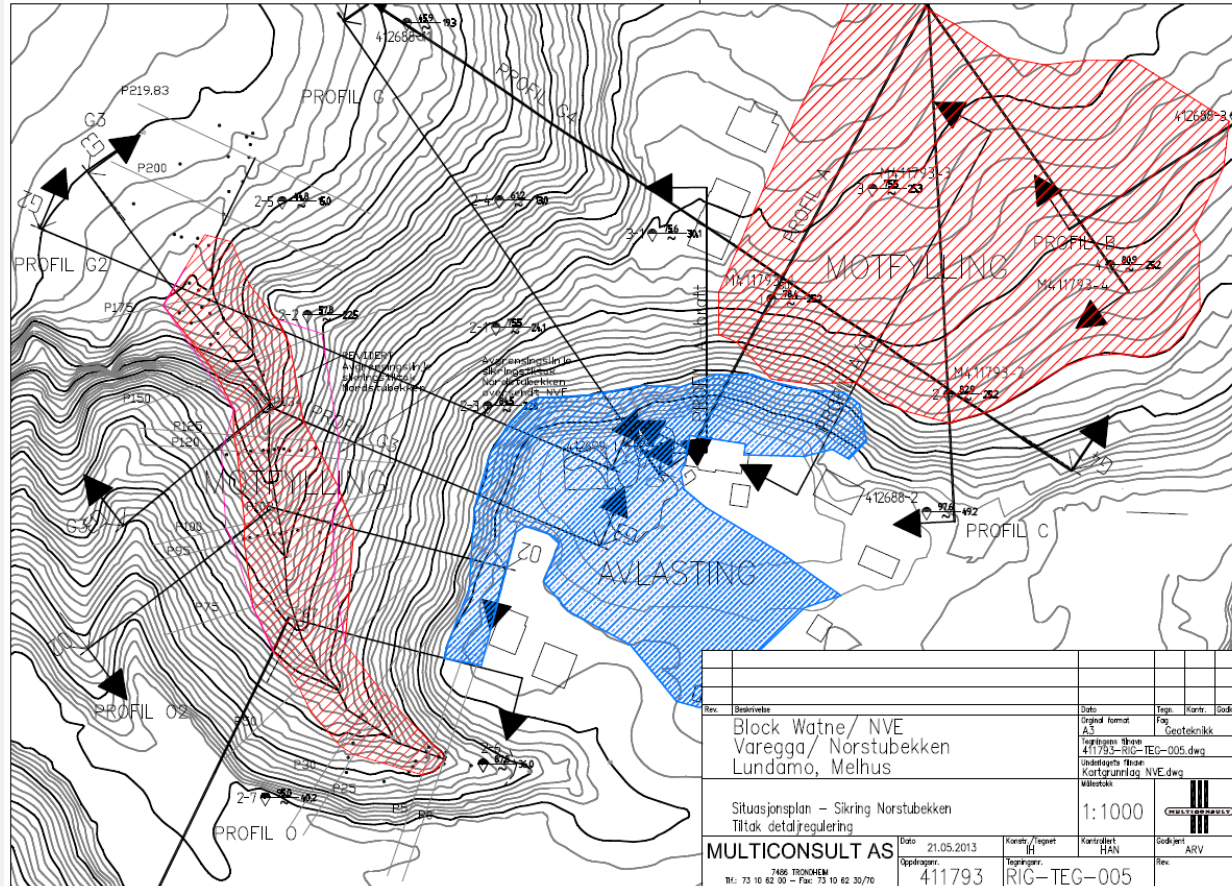
Lundamo

- ↗ Kvikkleiresone
«Kvernhusdalen» i Melhus
- ↗ Høy faregrad
- ↗ Topografiske tiltak prosjektert

- ↗ Sammenlignes med KS
 - Tradisjonelt
 - Optimert fra SUSI

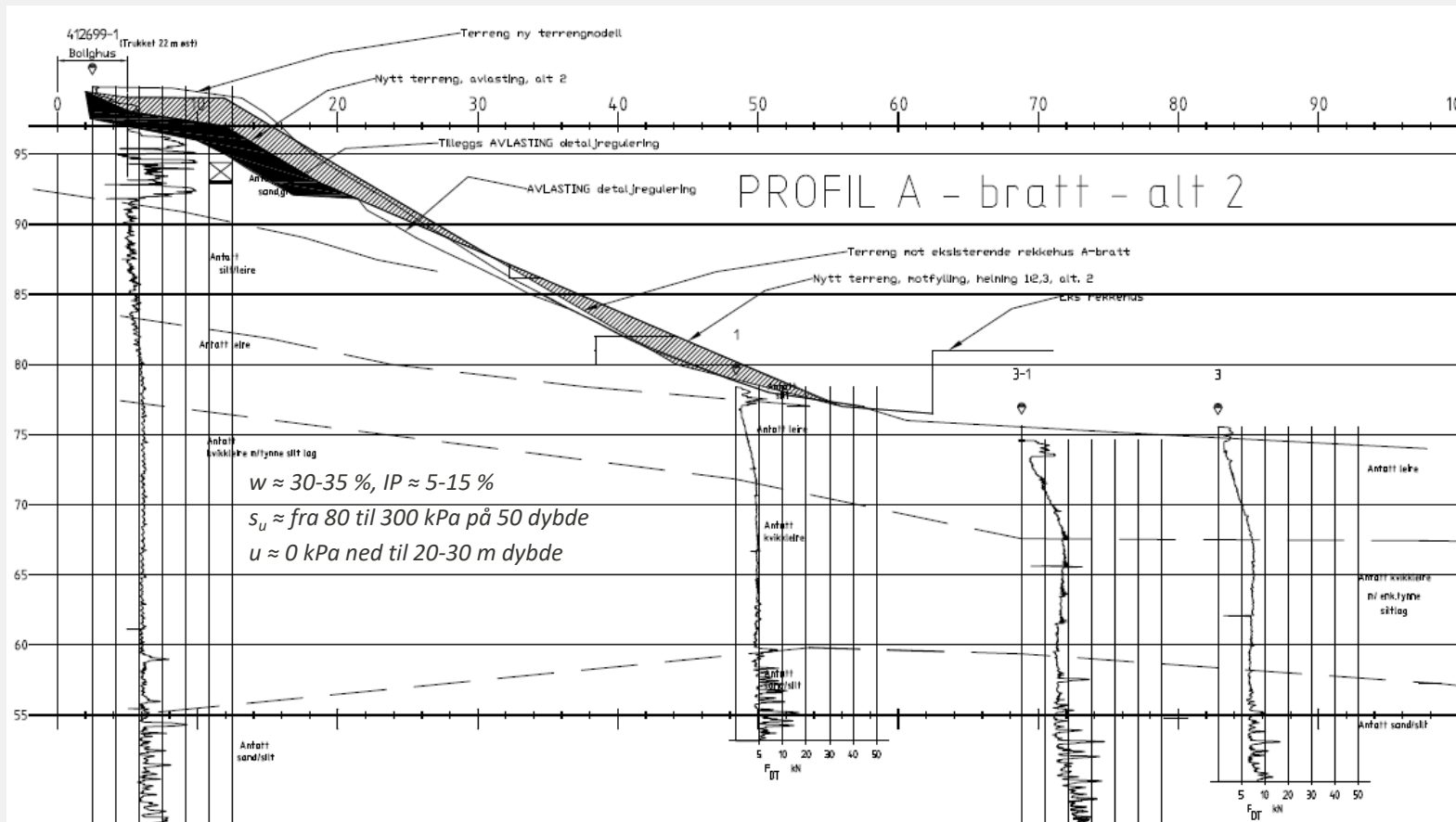


Lundamo



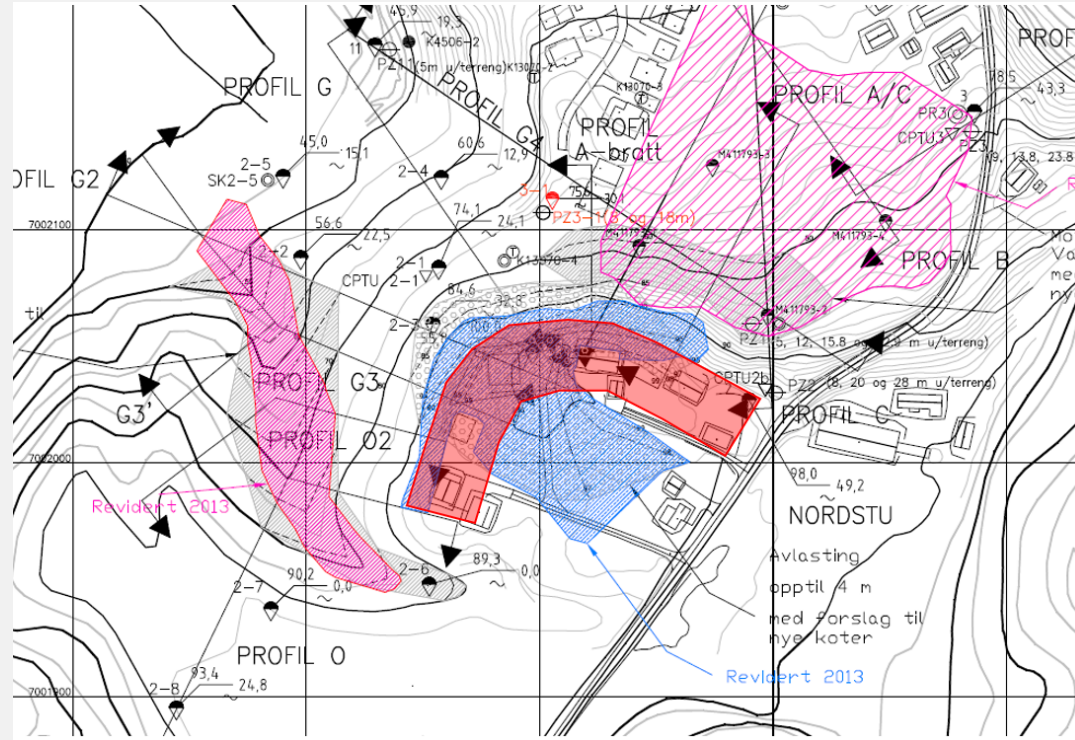
Rev.	Beskrivelse	Subo	Typo	Kants	Duks
	Block Watne/ NVE Varegg/ Norstubbekken Lundamo, Melhus	Grand format A3	Fag	Geoteknikk	
	Situasjonsplan - Sikring Norstubbekken Tiltak detalregulering	Utsagnings tittel 411793-RIG-TEG-005.dwg			
		Underlagstittel Kartogrammet NVE.dwg			
		Målestokk	1:1000		
		Dato	21.05.2013		
		Korrigert	RI		
		Kontrollert	FIH		
		Godkjent	ARV		
		Oppdrager	411793		
		Rev.	RIG-TEG-005		

Lundamo



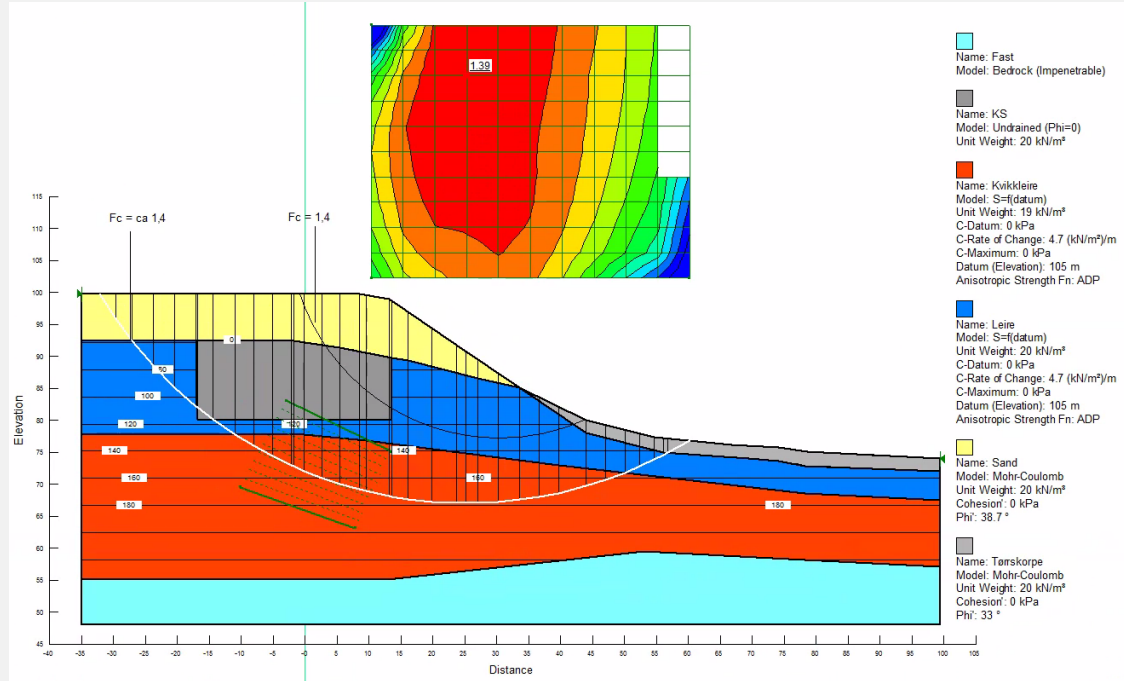
KS-stabilisering

- Forenklet løsning
- Resultater fra AP1 brukes



KS-stabilisering

- ↗ KS-stabilisering
- ↗ $s_u = 250$ kPa
- ↗ $a \approx 30\%$
- ↗ $V \approx 22\,000$ m³
- ↗ $F \approx 1,4$
- ↗ Flere usikkerheter



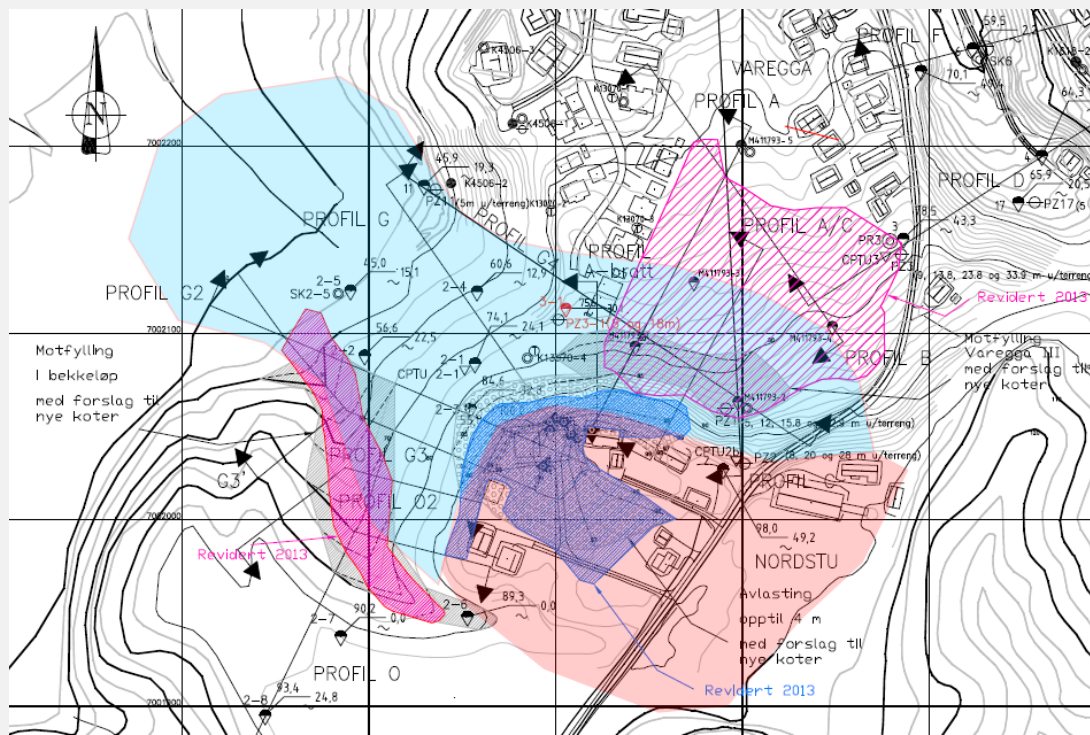
Faregradsevaluering

- Score 28 før erosjonssikring
- Score 22 etter erosjonssikring
- Topografiske tiltak -6 og -9
- KS-stabilisering -3x3 = -9
- Årlig gjentaksintervall

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Geologisk kart for området viser at området ligger i en gammel skredgrop. Det har også vært flere mindre lokale skred på området, både i ravinene i Leirtaket og lenger sør i Kvernhusdalen.
Skråningshøyde	2	3	6	Total høydeforskjell mellom terrengrygg i sør (kt+100) og de flate partiene i nord (kt +50) ca H= 50 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger ved topp skrånning er gjennomsnittlig overkonsolideringsgrad i dybden OCR=2.0, basert på spissmotstand. OCR ved dalbunnen er høyere. I denne vurderingen settes OCR= 2.0.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger indikerer mindre enn hydrostatisk fordeling i dybden. Antar imidlertid i denne sammenheng hydrostatisk.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er registrert på opptil ca 30 m, dvs. > H/2, der H=50 m
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten er for enkeltprover målt opptil St= 265 i kvikkleira (St>100)
Erosjon	3	3 (1)	9(3)	Det er pågående erosjon i dalbunn langs Kvernhusbekken og i ravedaler sør og øst for Leirtaket. Erosjonen er spesielt stor i profil D opp mot Leirtaket og i profil K. (tall i parentes ved sikring av disse)
Inngrep	3/-3	0	0	Ingen inngrep. Gjelder både for dagens situasjon. Ved evt. framtidig sikring kan en forbedring medregnes.
Poengverdi			28(22)	Gir faregradsklasse "høy" ("middels" ved sikring)

Verdier som sikres

- ↗ 8 stk. bolighus (trehus)
- ↗ 6 stk. garasjer
- ↗ Ca. 200 m fylkesveg
- ↗ Ca. 150 m privat vei
- ↗ Ca. 11 000 m² åker

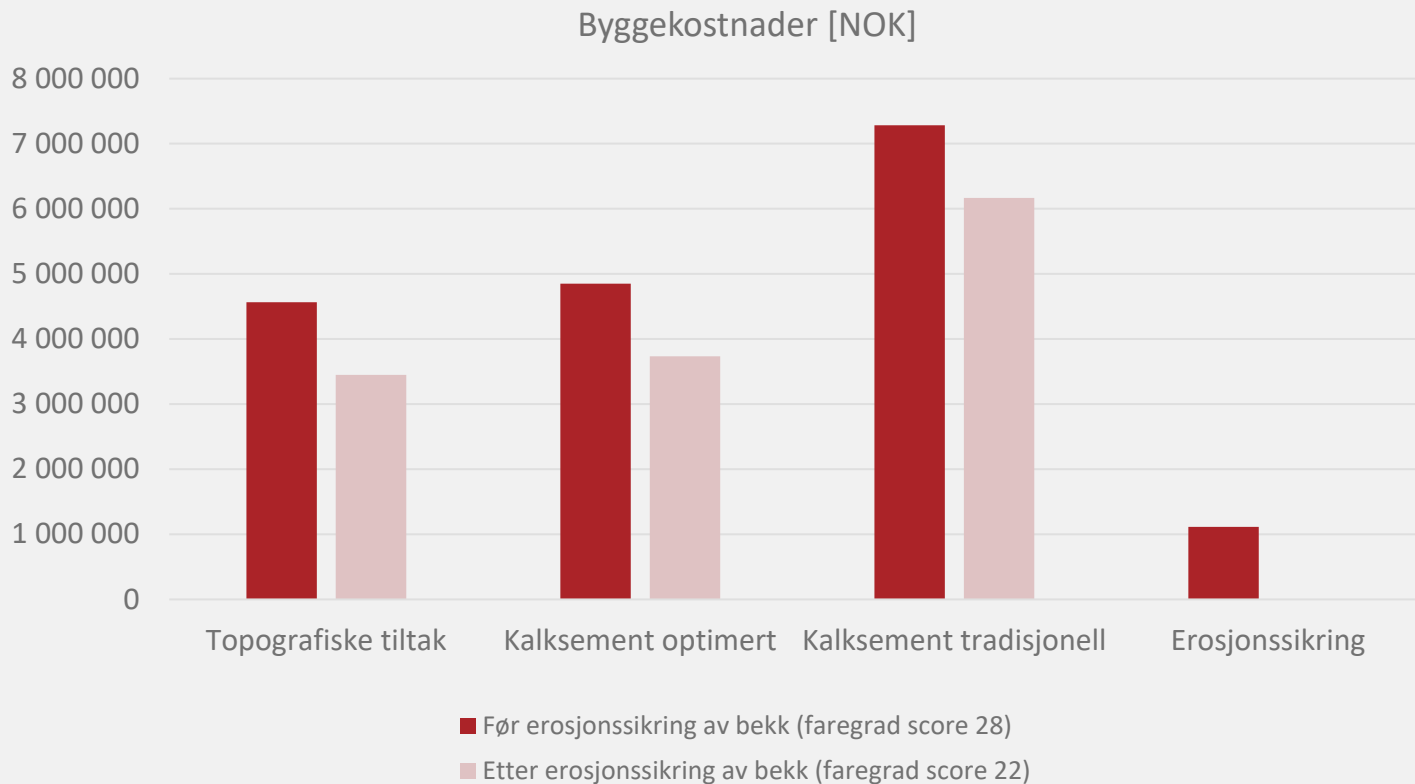


Nytte/kost-beregning

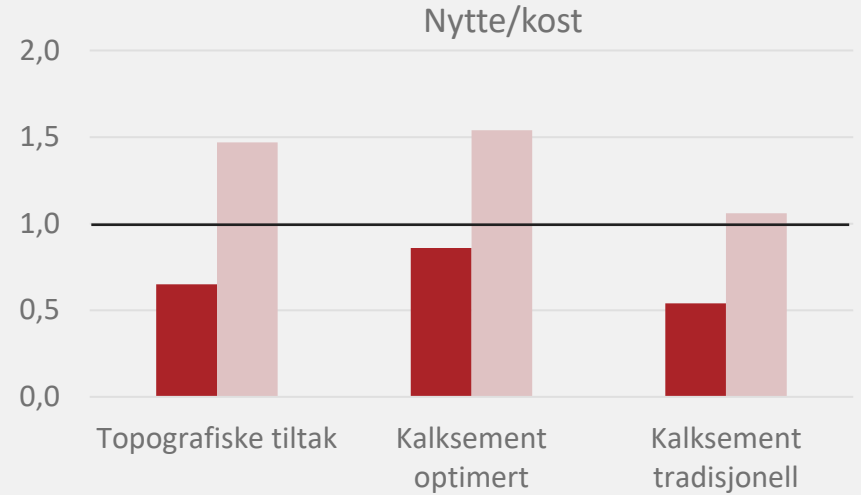
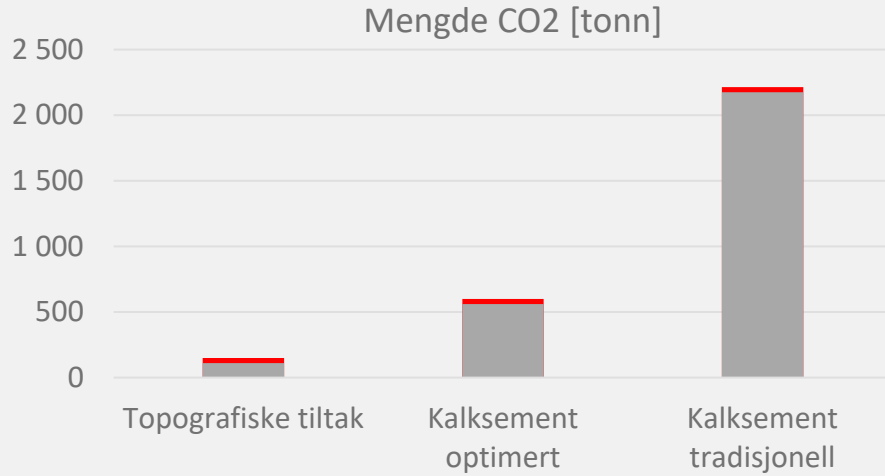
- ↗ Beregning utført for tre alternativer
 - Topografiske tiltak
 - Kalksement tradisjonell
 - Kalksement optimert (resultater fra SUSI)

- ↗ Før og etter erosjonssikring

Nytte/kost-beregning



Nytte/kost-beregning



Konklusjon

- ↗ For Lundamo har erosjonssikring «spist» mye av nytten
- ↗ Resultater fra SUSI reduserer kostnad og CO₂-utslipp
- ↗ CO₂-utslipp reduseres med ca. 1 600 tonn hvis kalksement optimeres
- ↗ Kalksement kan være et gunstig alternativ sett til nytte/kost

- ↗ Lave bindemiddelmengder i praksis kan være utfordrende
- ↗ Resultatene gir grunnlag for optimering av KS-stabilisering



#påsikkergrunn

Nytte/kost-beregning

	Tiltak	Faregrad før - etter	Totale bygge-kostnader (NOK)	Mengde CO2 (tonn)	Nytte/kost
Før erosjonssikring av bekk (faregrad score 28)	1: topografiske tiltak	28 - 16 (13)	4 565 000	149	1,47 (1,69)
	2: KS optimert	28 - 13	4 850 000	599	1,54
	3: KS tradisjonell	28 - 13	7 282 000	2 214	1,06
Etter erosjonssikring av bekk (faregrad score 22)	4: topografiske tiltak	22 - 16 (13)	3 450 000	110	0,65 (0,99)
	5: KS optimert	22 - 13	3 735 000	560	0,86
	6: KS tradisjonell	22 - 13	6 167 000	2 175	0,54
Erosjonssikring av bekk	-	28 - 22	1 115 000	39	4,13