



## Noen erfaringer fra isolering av spunt

Byggegrepkomiteens miniwebinar 2023-04-18

Thomas Sandene, Landfundamentering, NGI

1

### Problemstillingen

- Frost i masser bak spunt medfører telehiv og frosttrykk, som igjen medfører økt belastning på spunt, puter og avstiving
- Mottiltak:
  - Isolering (vintermatter, etafoam, sprøyteisolering)
  - Tildekking og oppvarming
  - Dimensjonere for frosttrykk
  - Gjøre ingenting eller for dårlig innsats og satse på det går bra? Men hvem betaler og hvem tar risiko?
- Personlige erfaringer med isolering er at det ikke alltid er like vellykket

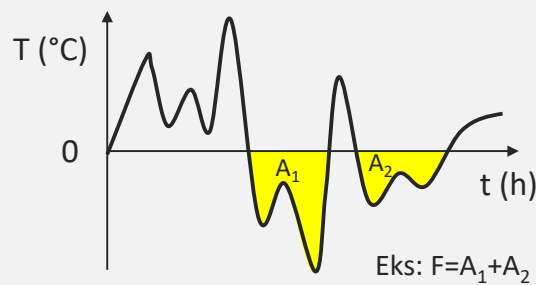


2

1

## Frostmengde

- Frostmengden er et uttrykk for hvor mye frost som kan forventes på et sted med en viss sannsynlighet. Brukes til f.eks. dimensjonering av frostsikring av vei og jernbane
- Frostmengde  $F$  ( $h^{\circ}C$ ) beregnes som integralet av temperaturen  $T$  i de periodene den er under  $0^{\circ}C$  over tiden  $t$ :  $F = \int T dt$
- Oversikt over frostmengder med 10 og 100 års returperioder  $F_{10}$  og  $F_{100}$  pt: [www.vegvesen.no/kart/visning/frostsonekart](http://www.vegvesen.no/kart/visning/frostsonekart)



NGI

3

## Overvåking av frost

- Det er nødvendig med instrumentering for å kunne ha en formening om frostpåvirkning på en støttekonstruksjon
- Lastceller på ankere/stivere er viktigst
  - Vær obs på variasjoner, vurder å måle på naboanker/stiver
- Temperaturmålere i grunnen bak spuntvegg (fordel med sensorer som dyttes inn gjennom boret hull i spuntvegg, f.eks. 100 mm bak spunt)
- Temperaturmålere i luft
- Inklinometer kan bidra til å vurdere bevegelse i vegg
- Automatisk eller manuell? Hvis man skal være trygg på å få data oppdatert og fortløpende når man trenger det, samt mulighet for alarmnivåer, bør det være automatisk (web-grensesnitt). Det er også fordelaktig med flere målinger i døgnet, f.eks. for overvåking av varmeeffekter i innv. Avstiving.



NGI

4

2

## Prosjekteksempel – FP3 påhugg Espatunnelen

- Midlertidig stagavstivet rørstengsel for sikring av løsmasser (morene) ved søndre forskjæring
- Isolert, men lang tid etter at det var frost i bakken (utgraving pågikk på vinterstid)
- Ingen instrumentering, var det frostrykk eller ikke?

NGI

5

## FP3 Espatunnelen

- November 2012, i hvert fall vanntilførsel bak rørvegg



NGI

6

3

## FP3 Espatunnelen

↗ Desember 2012, litt frost ved bergskjæring like i nærheten



NGI

7

## FP3 Espatunnelen

↗ Januar 2013

Februar 2013 – Isolasjon endelig montert, men i seneste laget



Z



4

8

## Prosjekteksempel Nasjonalmuseet

- Midlertidig spuntavstivet byggegrop, 2 til 12 m dybde og 1 til 5 ankernivå (lineankere til berg).
- Bløt leire
- Instrumentert med inklinometer (manuelle), temperaturmålere i løsmasser og lastceller på ankere (automatiske)
- Spunten var beskrevet isolert med vintermatter eller tilsvarende «slik at det ikke blir frost i grunnen bak spunt». Mye diskusjon med entreprenør (utførelsesentreprise) om det er greit å utføre, hvilke krav som egentlig skal tilfredsstilles, holdbarhet, vedlikeholdsbehov osv.
- Til slutt utført med spesialsydd 10 m lange vintermatter som ble hengt fra topp spunt og på utsiden av puter, dvs. 30-50 cm luft mellom spuntrygg og vintermatte

NGI

9

## Nasjonalmuseet

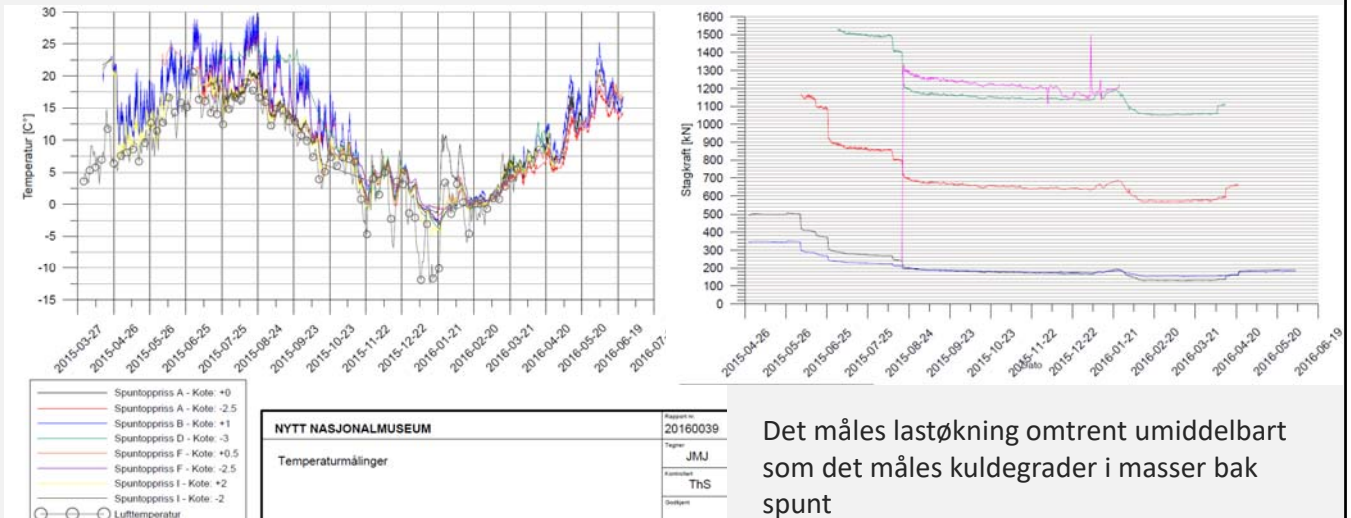


NGI

5

10

## Nasjonalmuseet – Temperatur og laster



Det måles lastøkning omtrent umiddelbart som det måles kuldegrader i masser bak spunt

NGI

11

## Nasjonalmuseet

- Vintermatter montert utenpå puter, stort luftrom bak mattene. Fungerte dårlig?
- «Reddet» av svært mild vinter 2015-2016? Var nesten ikke minusgrader i Oslo sentrum.
- Etterregning av frostrykk samsvarer greit med Eggestads diagram (Geoteknikkdagen 1982) (kommer tilbake til den)

NGI

12

6

## Venjar-Eidsvoll Nord: Wergelandstunnelen

- Ca. 400 m lang og opptil 22 m dyp byggegrop i fast, overkonsolidert leire og siltig leire, 2 til 4 nivå innvendig avstiving
- Instrumentert med inklinometer (automatisk), temperaturmålinger i løsmasser og lastceller på stivere
- Forsøkt med funksjonsbeskrivelse her og (som for Nasjonalmuseet), endte opp med mye diskusjon rundt hva som er en grei løsning. Mye av utfordringen de enorme arealene som måtte isoleres
- Sprøyteisolasjon/skum testet, men ville ikke feste til spunt
- Endt opp med 2 lag etafoammatter som skytes fast, i teorien samme u-verdi som beskrevet vintermatte

NGI

13

## Wergelandstunnelen

- Desember 2019



NGI

14

7

## Wergelandstunnelen

- Mai 2020: Byggegrova er 400 m lang og opptil 22 m dyp. Ca. 12200 m<sup>2</sup> spunt skal isoleres....



15

## Wergelandstunnelen

- Januar 2021 – Kulvert er bygget på store deler av strekningen, men pga kulde får man ikke montert membran på kulvert og derfor heller ikke utført tilbakefylling. Spunt for det meste isolert, men ikke overalt



NGI

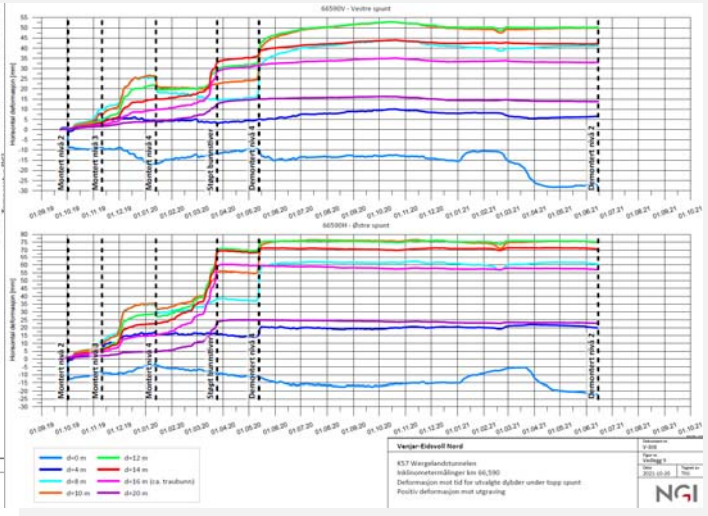
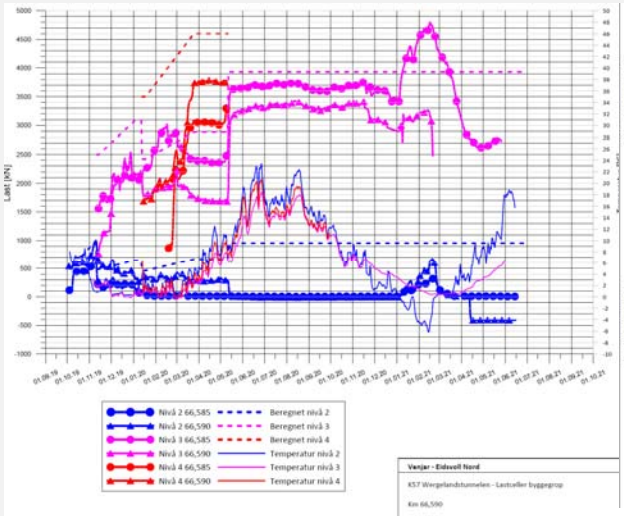
En av de instrumenterte seksjonene

16

8

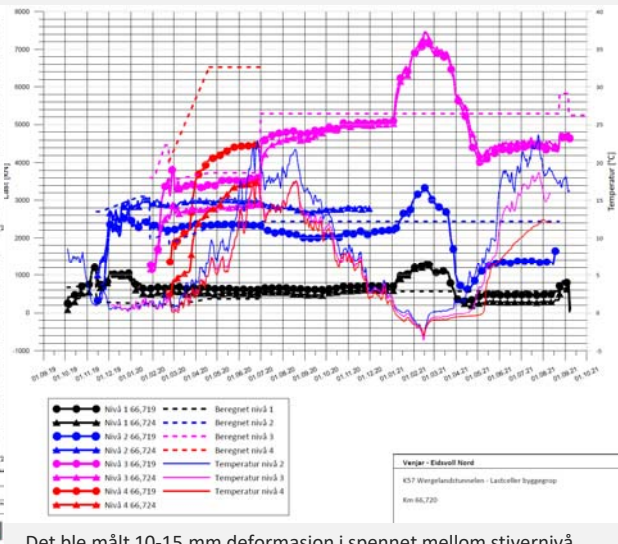
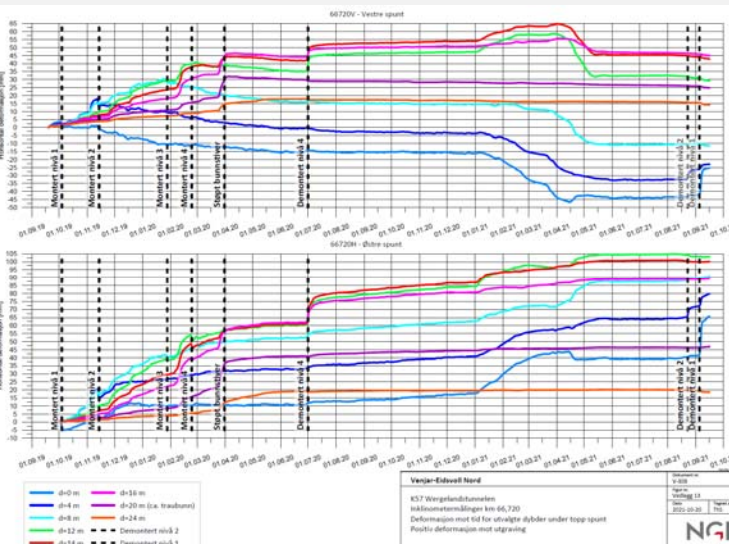


# Måling av stiverlaster og inklinometer km 66,590



17

# Målinger av stiverlast og inklinometer km 66,720



Det ble målt 10-15 mm deformasjon i spennet mellom stivernivå 3 og bunnstiver/bunnplate (stivernivå 4 demontert). Større deformasjon og sideveisforskyvning i topp

18

## Wergelandstunnelen

- ↗ Litt kaldere på innlandet, men reddet av mildværet, 2 sesonger på rad. Størst frosttrykk målt vinter 20-21, med relativt dramatisk lastøkning. Hadde kanskje bare holdt et par uker til med samme temperaturer
- ↗ Lastøkning starter ca. 3-4 dager etter målt minusgrader i lufta
- ↗ Isoleringen fungerte dårlig der hvor den var montert? 2 lag etafoam er for lite?
- ↗ Stiverlaster ved maksimalt frosttrykk på km 66,720:

Stivernivå	Målt last	Dimensjonerende maks last
1	1300 kN	1531 kN
2	3400 kN	6109 kN
3	7400 kN	8063 kN

## UDK02 Drammen - Kobbervikdalen

- ↗ Byggegrep for løsmassekulvert i Drammen
- ↗ Innvendig avstivet i 2 nivå (på aktuell del)
- ↗ Bløt leire
- ↗ Uisolert spunt

## UDK02

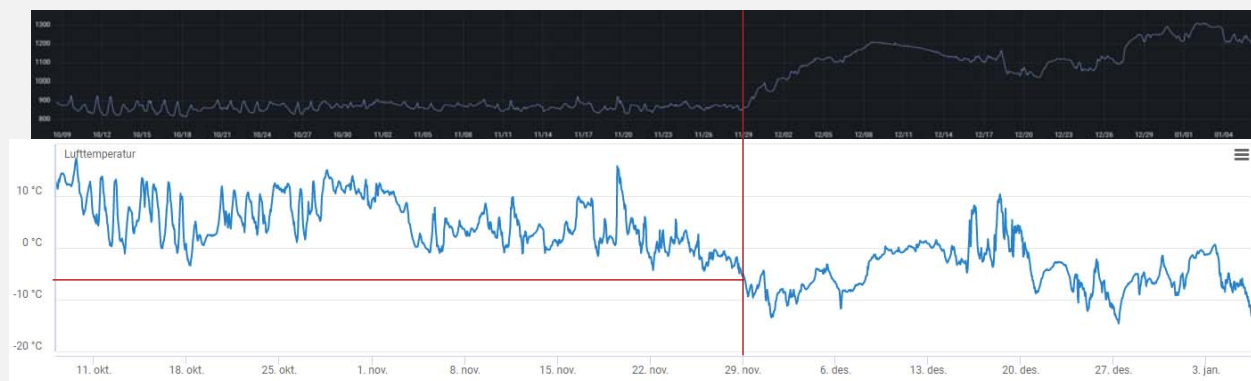


NGI

21

## UDK02 målte stiverlaster

- Flere lastceller på prosjektet, men kun denne stått over lang tid og er upåvirket av samtidig graving eller stivermontering



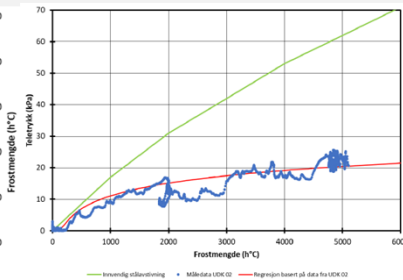
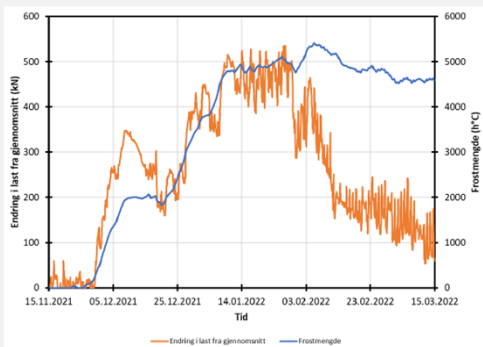
NGI

22

11

## UDK02 målte stiverlaster

➤ Fra Mortensen og Kolberg Stene (Geoteknikkdagen 2022)

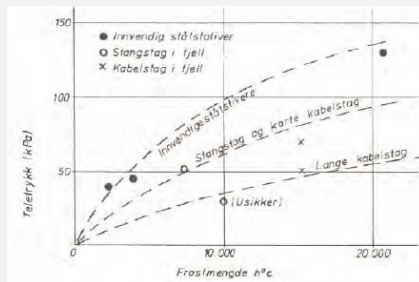


NGI

23

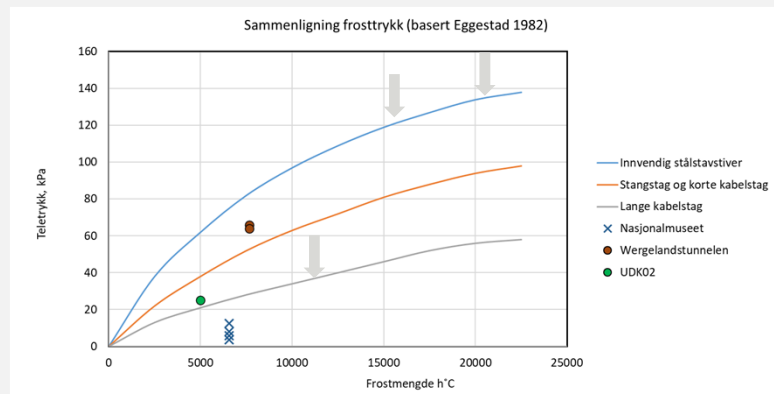
## Frostmengde og estimert frosttrykk

➤ Frostmengde beregnet som gjennomsnitt pr døgn\*24 timer.  
Beregnet for hele sesongen (tom. start fyring for UDK02)



$F_{10}$ :  
Eidsvoll: 20839 h°C  
Oslo: 11343 h°C  
Drammen: 15967 h°C

NGI



Å. Eggestad: Telekrefter mot støttekonstruksjoner (Geoteknikkdagen 1982)

24

12

## Kort oppsummering

- ↗ Spørsmål: Må vi isolere spunten?
- ↗ Svar: Hvor kaldt blir det til vinteren?

## Litt lenger oppsummering

- ↗ I telefarlige masser vil det bli frosttrykk mot støttekonstruksjon når temperaturen i grunnen bak konstruksjonen går under 0 grader. Frosttrykket vil øke så lenge frostmengden øker.
- ↗ Frosttrykkets størrelse kan i tillegg avhenge av massenes teleegenskaper, dybder, overlaging, innspenningsforhold mv. Mao.: Det er litt uoversiktlig.
  - Betyr sesong (fryse-/tineprosesser), vanntilførsel eller slike ting noe? Kan ikke utelukkes? Det gjør i så fall problemstillingen bare mer uoversiktlig (hvis ikke vi isolerer).
  - Eggestads kurver gir et grunnlag for hvor stort frosttrykk du kan forvente, men ganske tvilsomt om det kan brukes i dimensjonering
- ↗ Responsen i avstivingen avhenger av stivhet i systemet (større last for innvendig avstiving enn for lange ankere f.eks.)
- ↗ Det er umulig å vite hvordan systemet ditt påvirkes (og hvilken trygghet du har eller til enhver tid) hvis det er kuldegrader og ikke du måler lasten (og ev. temperatur i massene bak spunt). Mer målinger og datasammenstilling kan også gi oss selv bedre erfaringsgrunnlag.
  - Selv om du måler, hvor sikker er du på du måler på det stedet i byggegruppa hvor det er størst frosttrykk?

## Litt lenger oppsummering forts.

- Isolere, fyre eller dimensjonere for frostrykk? Tillater Eurokode egentlig at vi gjør sistnevnte?

(4)P Det skal tas spesielle forholdsregler, slik som valg av egnet tilbakefyllingsmateriale, drenering eller isolasjon, for å hindre at det dannes islinser i grunnen bak støttekonstruksjonen.

- Min erfaring med «funksjonsbeskrivelse» (type: «.. Skal isoleres slik at det ikke blir frost i grunnen...») kan være vanskelig å følge opp og få utført godt i praksis, sikkert fordi det også kan være vanskelig å forholde seg til og prise/ta hensyn til for entreprenør. Ambisjonen må være at dette kan gjøres bedre.
  - Involvere andre fagspesialister?
  - Valg av type isolasjon og tykkelse etter lokale forhold
  - Uttegnede detaljer for montering og innfesting
  - Tydelige krav til tidspunkt for ferdig montert. Hensyn til midlertidige faser (f.eks. pågående utgraving eller gjenfylling)?

## Litt lenger oppsummering avsluttes

- Støttevegger som prosjekteres i dag er ofte robuste, men frostrykket kommer som et uberegnelig tillegg som de ikke er dimensjonert for. Robusthet varierer også ofte med hvilken fase man er i utgravingen. Det er i prinsippet ikke greit at frostrykket «spiser» av lastfaktorene.
- Eksempler viser at lastøkningen kommer *umiddelbart og uten forsinkelse* ved frost
- Sikkerhet og hensyn til omgivelsene er i alles interesse, frostsikring må prosjekteres, beskrives og utføres skikkelig (og innsatsen må godtgjøres)

## Så hva gjør vi med isolering av spunt

### ↗ Utfordringer:

- Isoleringen er tid- og ressurskrevende å montere og vedlikeholde, penger, det er i veien, er brennbart, mye arbeid i høyden og genererer svært mye avfall.
- Gjentakende utfordringer med å få entreprenøren til å prioritere problemstillingen, monteres for seint, for dårlig, mangler ved utførelse?
- Beskrevne løsninger ofte ikke gode nok (ev. ikke detaljert nok)?
- Utførelsesentrepriser: Konsekvent for lav prising og dermed mye diskusjoner?
- Hva er god nok isolering? Frost vanskelig å unngå, hvor mye må den begrenses? Er praksisen god nok?
- Hva er godt nok i midlertidige faser, f.eks. underveis i en stor utgraving om vinteren?

### ↗ Løsninger:

- Involvere fag med kompetanse på isolering?
- Praktisk gjennomførbarhet på byggeplass må være et fokus
- Instrumentering og målinger, men er vi sikre på at vi måler den/det mest kritiske stiveren eller ankeret?
- Trenger vi en utvidet sammenstilling av erfaringsgrunnlag? Kostnad? Robusthet?

Spørsmål?





#påsikkergrunn

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT  
NGI.NO