



Statens vegvesen

Finstoffbestemmelse av bergskjæringsmateriale

Ny analysemetode i R210 Laboratorieundersøkelser

Arnhild Ulvik, Statens vegvesen, Vegdirektoratet



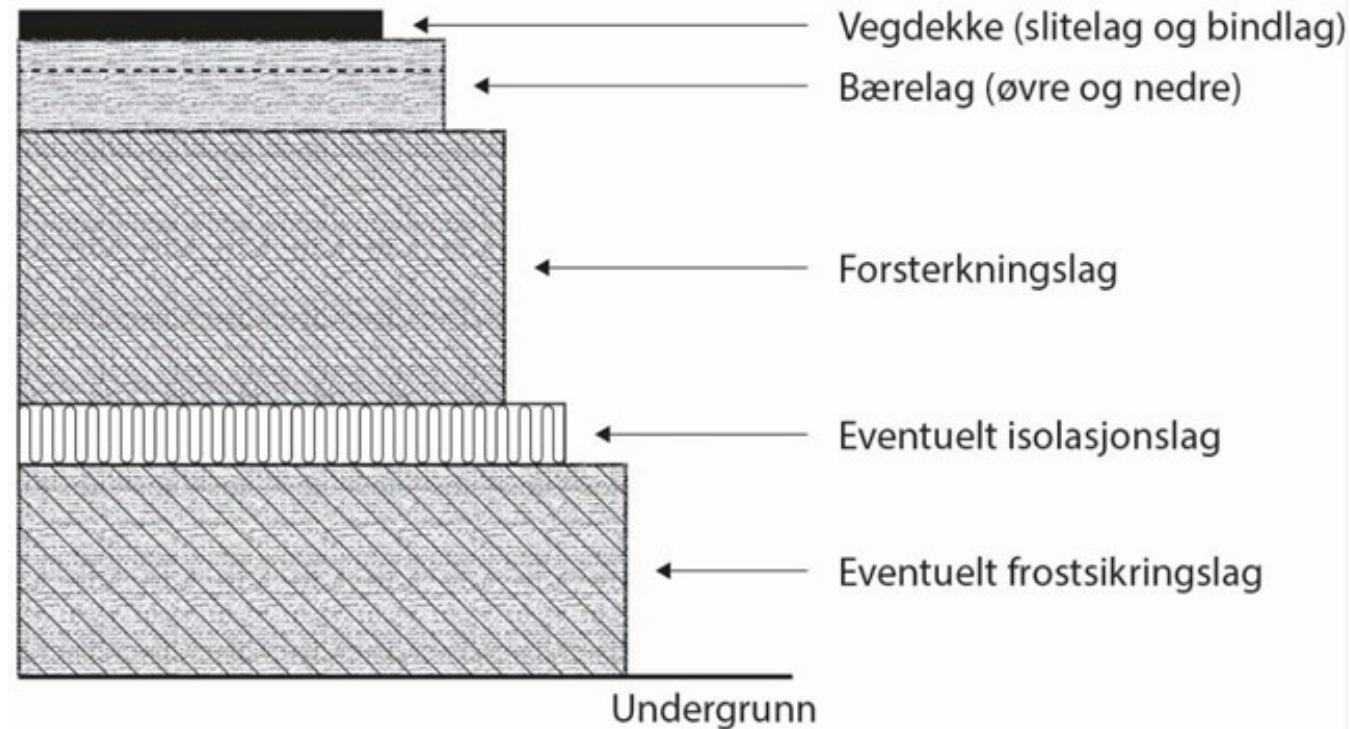
Dagens agenda

- Dypsprengning og grunnsprengning
- Krav i N200
- Sammenheng mellom finstoff og telefarlig materiale
- Tidligere og nye undersøkelser
- Ny metode for finstoffbestemmelse



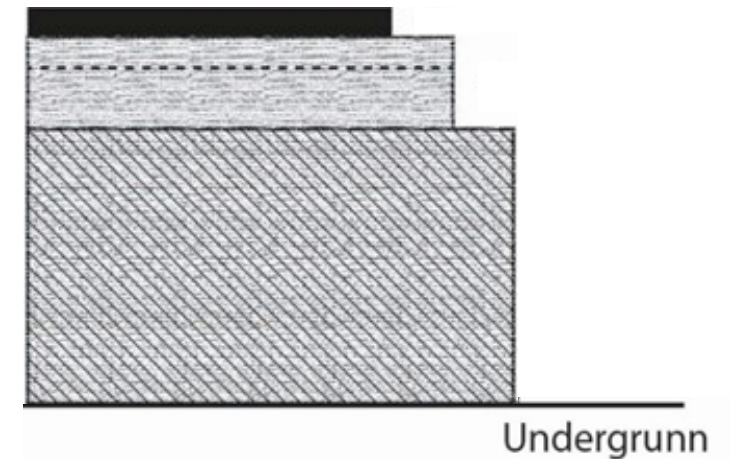
Overbygning og underbygning

- Typisk overbygning for nybygd veg i dagen



Undergrunn = sand, grus, morene, leire, myr, steinfylling

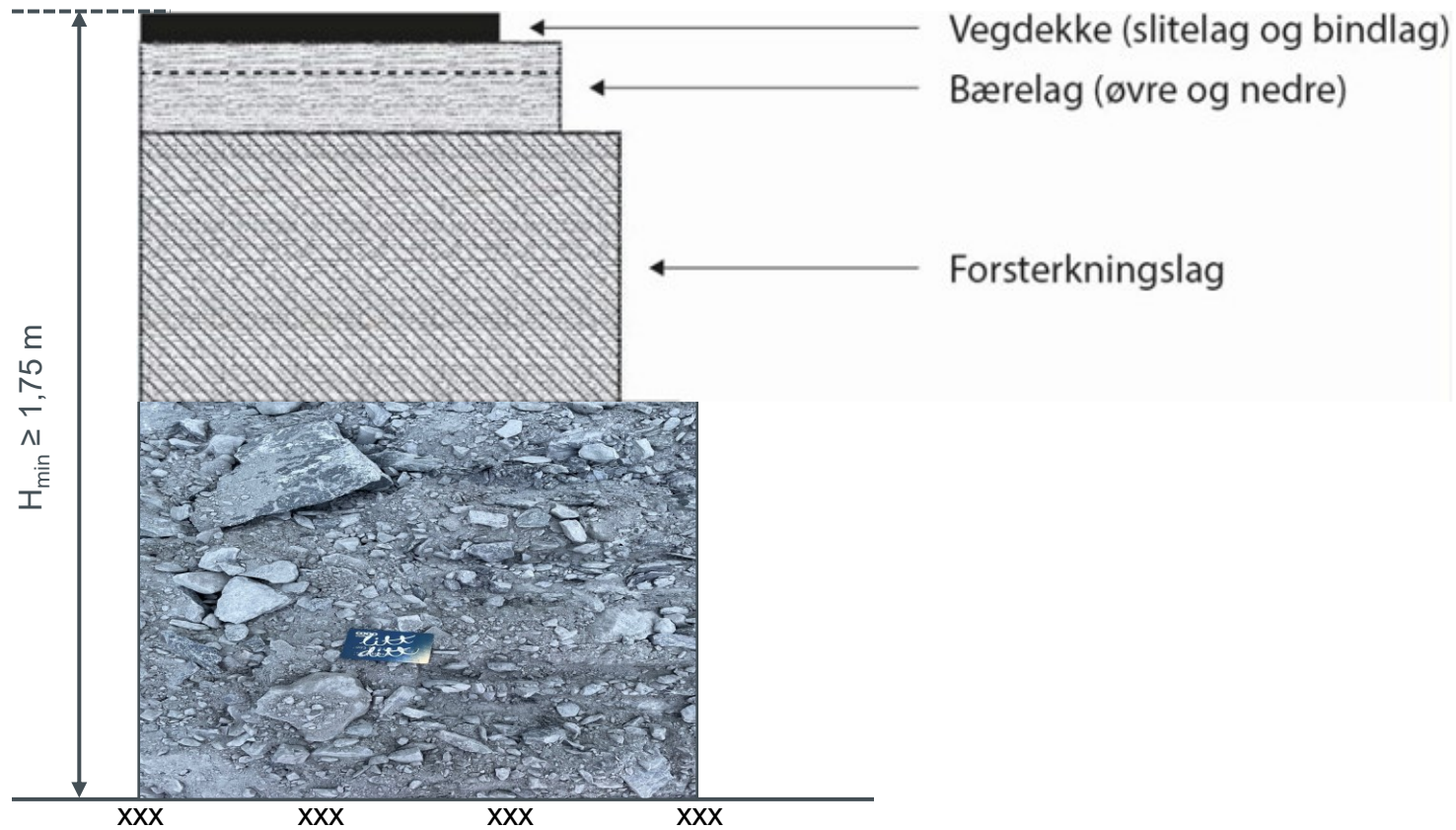
- Typisk overbygning i bergskjæringer



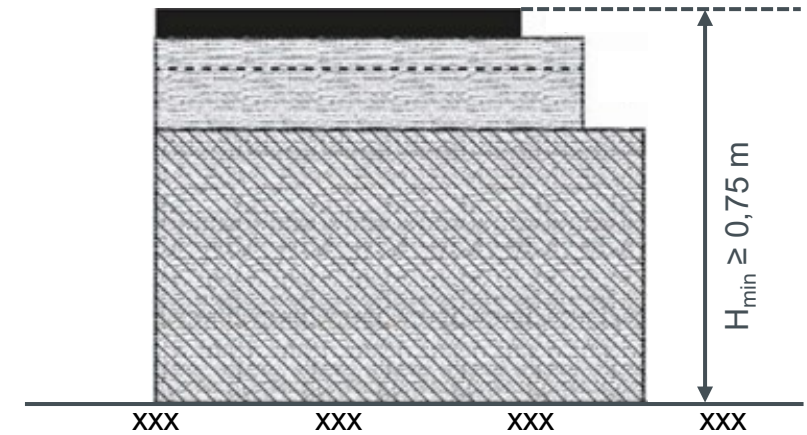
Undergrunn = dypsprengte materialer eller grunnsprengte «materialer» (fast berg)

Dypsprenngte og grunnsprengte materialer

► Dypsprenngte materialer



► Grunnsprengte «materialer»



Kravhistorikk i N200 for sprengte materialer

- 1999, 2005 og 2011: Dypsprengning. Minsteavstand fra asfaltlag til bergsåle 0,75 m. Ingen materialkrav.
- 2014: Dypsprengning. Minsteavstand fra asfaltlag til bergsåle minst 1,75 m. Formål: sikre drenering og avrenning. Ingen materialkrav. Grunnsprengning ved «*svake bergarter*».
- 2018 og 2021: Spesifikke finstoffkrav tilsvarende som for frostsikringsmaterialer ble innført. *Bergarter som ved forundersøkelser er klassifisert til å bli vannømfintlige etter sprengning skal grunnsprenges.*
- 2022: Vannømfintlig materiale erstattes av telefarlig materiale for å samsvare med dimensjoneringstabeller. Formål: sikre drenering og hindre teleskader. Finstoffkrav ble tatt ut.
- 2024: Geologiske *forundersøkelser* inkl. finstoffbestemmelse av LA-knust materiale avgjør sprengningsmetode (dyp-/grunnsprengning)

Dypsprengning
Minimum høyde fra
topp til såle 0,75 m

Dypsprengning
Minimum høyde fra
topp til såle 1,75 m

Dypsprengning
Finstoffkrav som
frostsikring (f_{90})

Dypsprengning v/
T1- og T2-materiale

Grunnsprengning
v/ svake bergarter

Grunnsprengning v/
vannømfintlige mat.

Grunnsprengning v/
telefarlig (T3/T4) mat.

← 2011

2014

2018

2021

2022

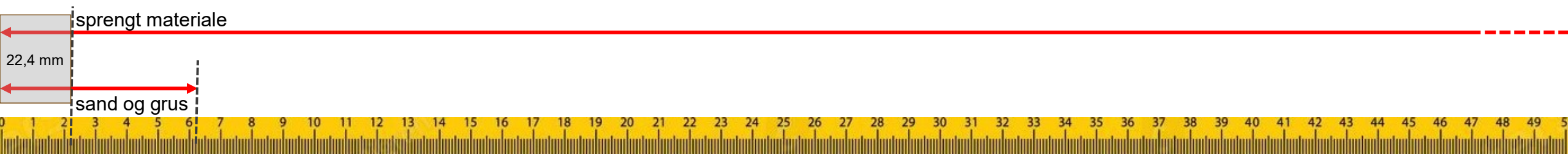
2024

Ulogisk rekkefølge på dokumentasjon mht. dimensjonering

Logisk rekkefølge

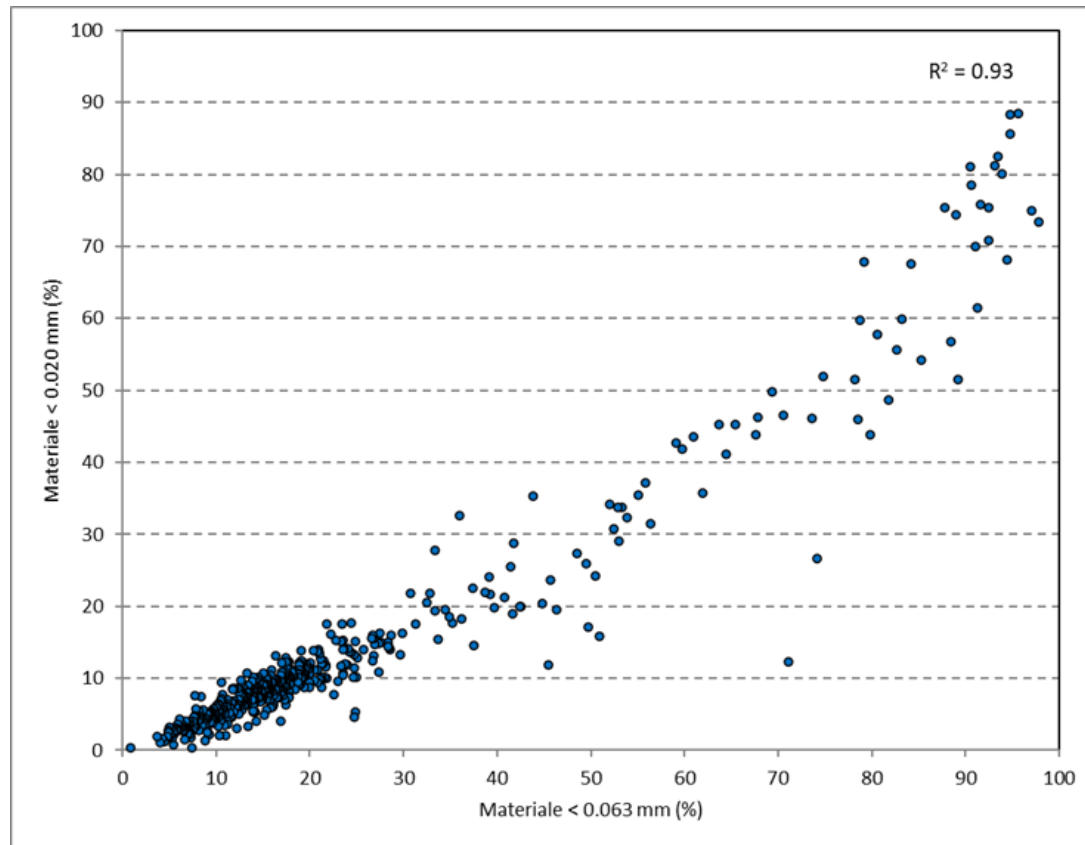
Krav til finstoff

- Finstoff (f) = kornstørrelser mindre enn 0,063 mm (63 μm) regnet av hel kurve eller av materiale < 90 mm (f_{90})
- Telefarlig materiale = kornstørrelser mindre enn 0,020 mm (20 μm) regnet av materialandel < 22,4 mm
- For overbygningsmaterialer stilles det krav til finstoff (f eller f_{90})
- For underbygningsmaterialer stilles ikke krav til finstoff – men materialenes bæreevne bestemmes ut fra jordart, telefarlighetsklasse (T1, T2, T3, T4) og gradering. Dimensjonering av overbygningen tilpasses undergrunnen.
- Bergskjæringer og steinfyllinger er underbygningsmaterialer. Materialet klassifiseres iht. telefarlighet.
- Sand, grus og leire domineres av mindre kornstørrelser, mens spregnte materialer kan variere i kornstørrelse fra 0 – 500 mm i bergskjæringer og fra 0-1000 mm i steinfyllinger
- Selv med en lav andel finstoff vil spregnte materialer kunne bli klassifisert som telefarlig eller svært finstoffrikt (kunstig høy verdi) når det regnes ut fra materialandel < 22,4 mm



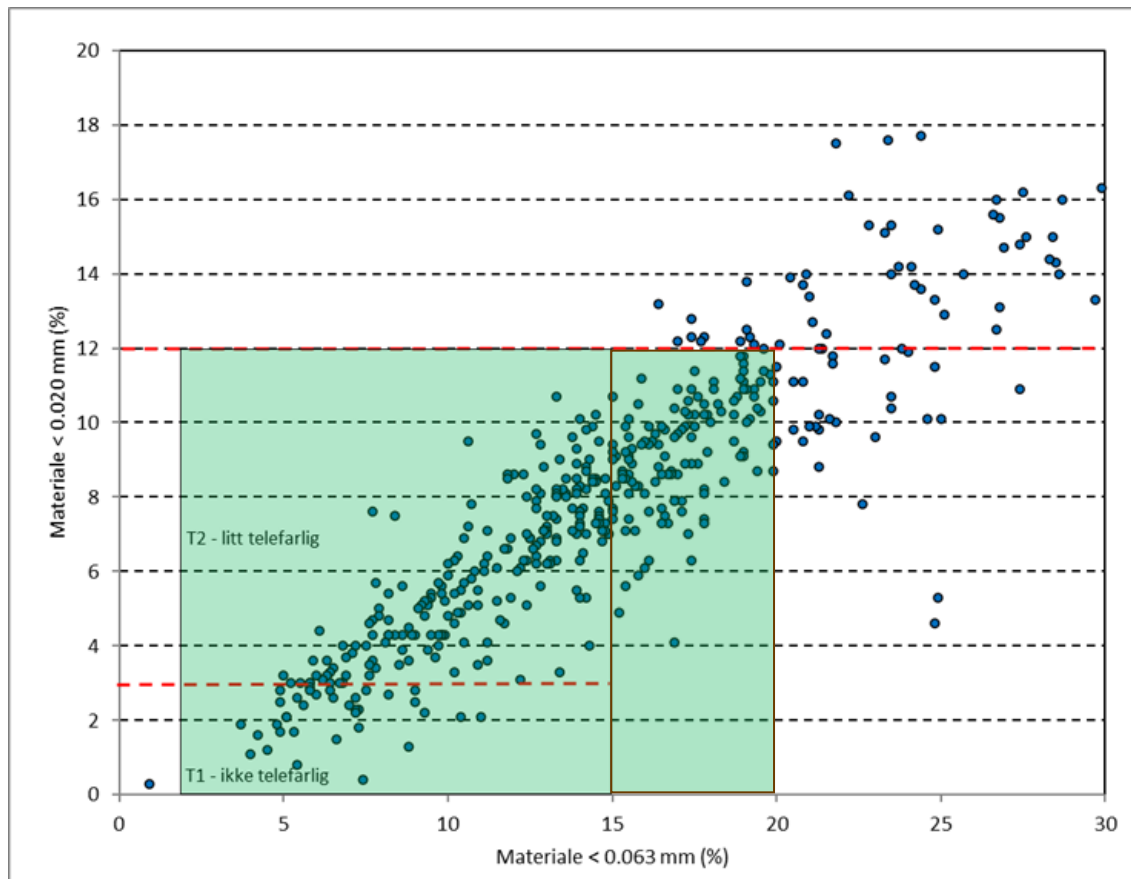
Sammenheng mellom 0,063 mm og 0,020 mm

- Finstoffinnhold (materiale < 0,063 mm) og telefarlige kornstørrelser (materiale < 0,020 mm) viser godt samsvar



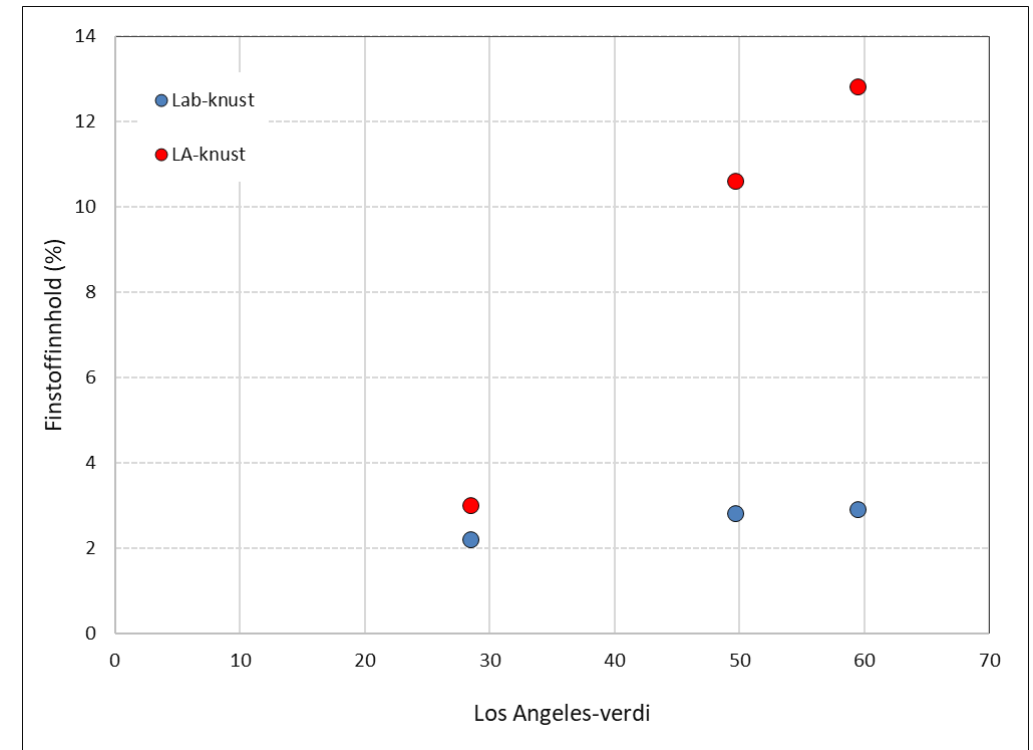
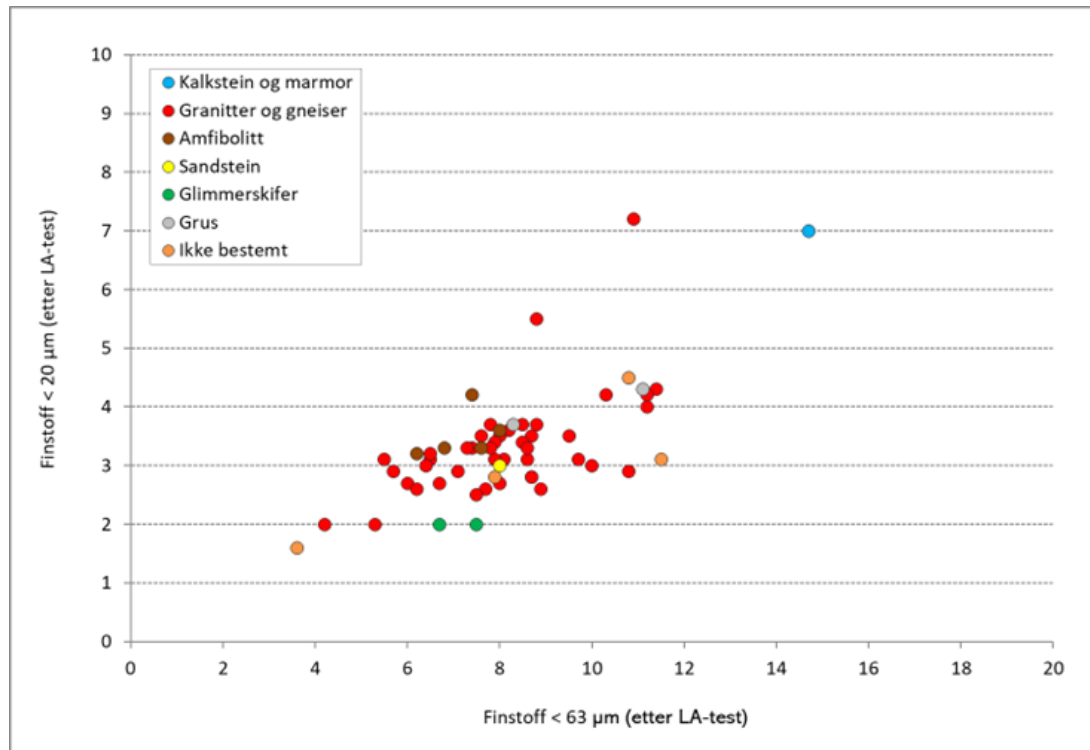
Frostsikringskrav finstoff vs. telefarlighetsklasser

- Det er godt samsvar mellom finstoffinnhold (0,063 mm) og telefarlighetsklassene T1 og T2



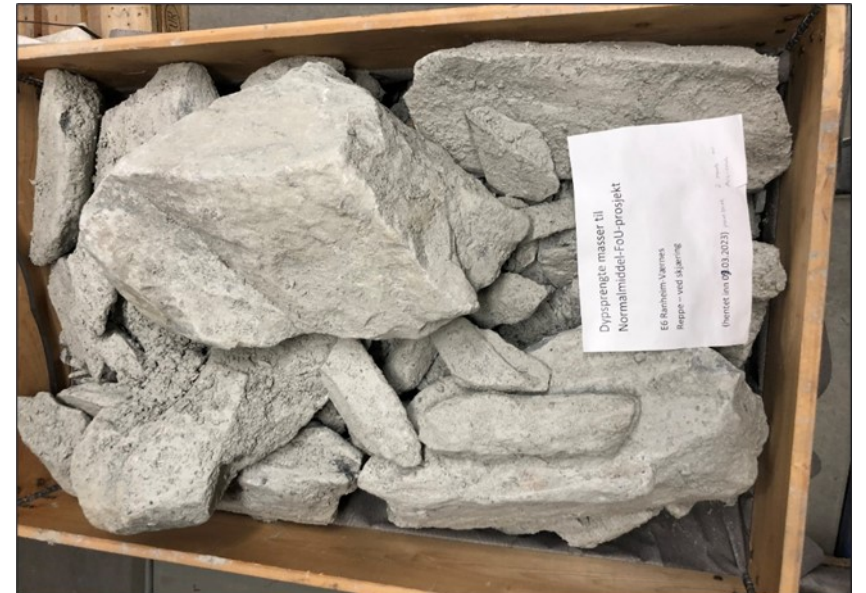
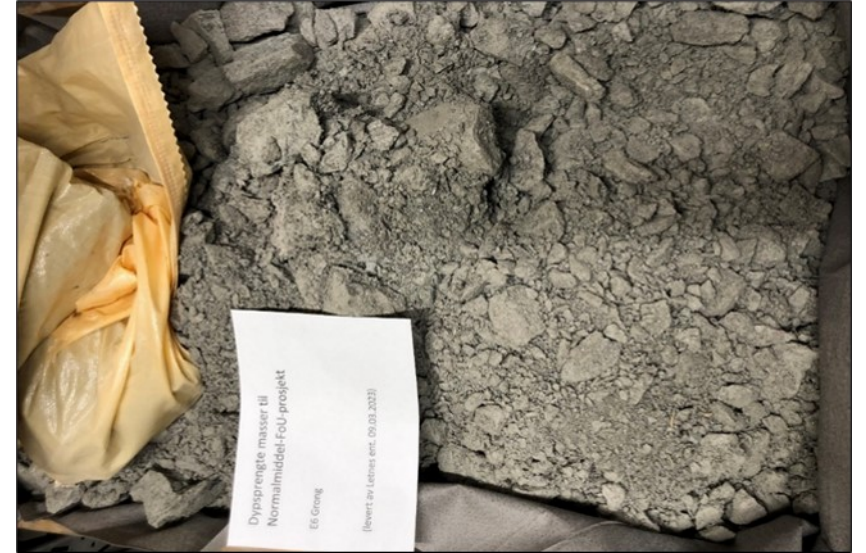
Tidligere undersøkelser i Statens vegvesen

- Trend at finstoffverdi øker med økende Los Angeles-verdi
- God sammenheng mellom LA-knust materiale for kornstørrelser $< 0,063$ mm og $< 0,020$ mm
- LA-knust materiale viser høyere finstoffinnhold enn laborierknust materiale

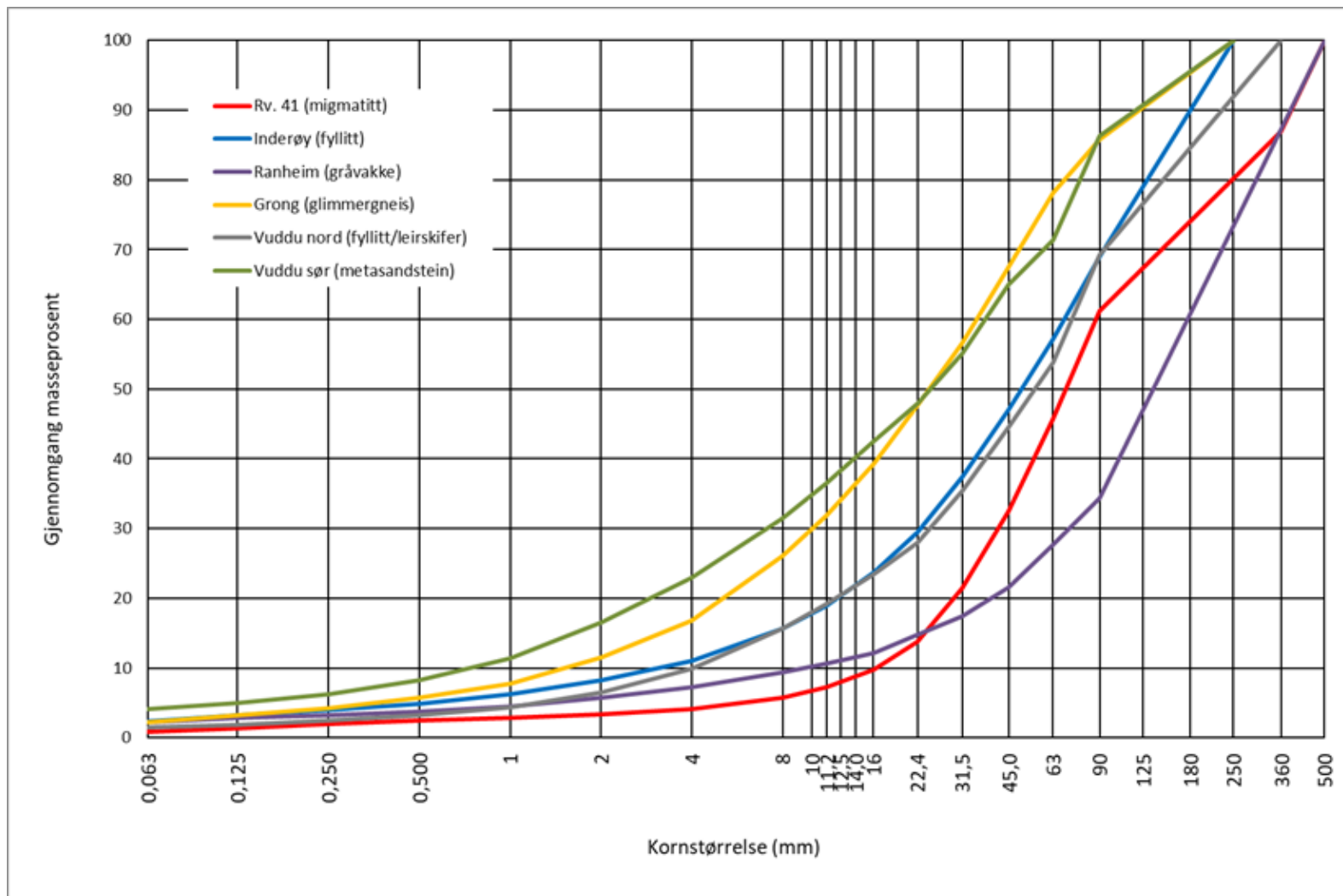


Forsøk med dypsprenngte materialer

- 6 materialer (ulike bergarter) i prosjektet
- Prøvemengder fra ca. 200-800 kg
- Finstoffinnhold for dypsprenngte materialer (fasit)
- Finstoffinnhold for laboratorieknuste (dypsprenngte) materialer
- Finstoffinnhold for Los Angeles-knust materiale etter utført LA-test



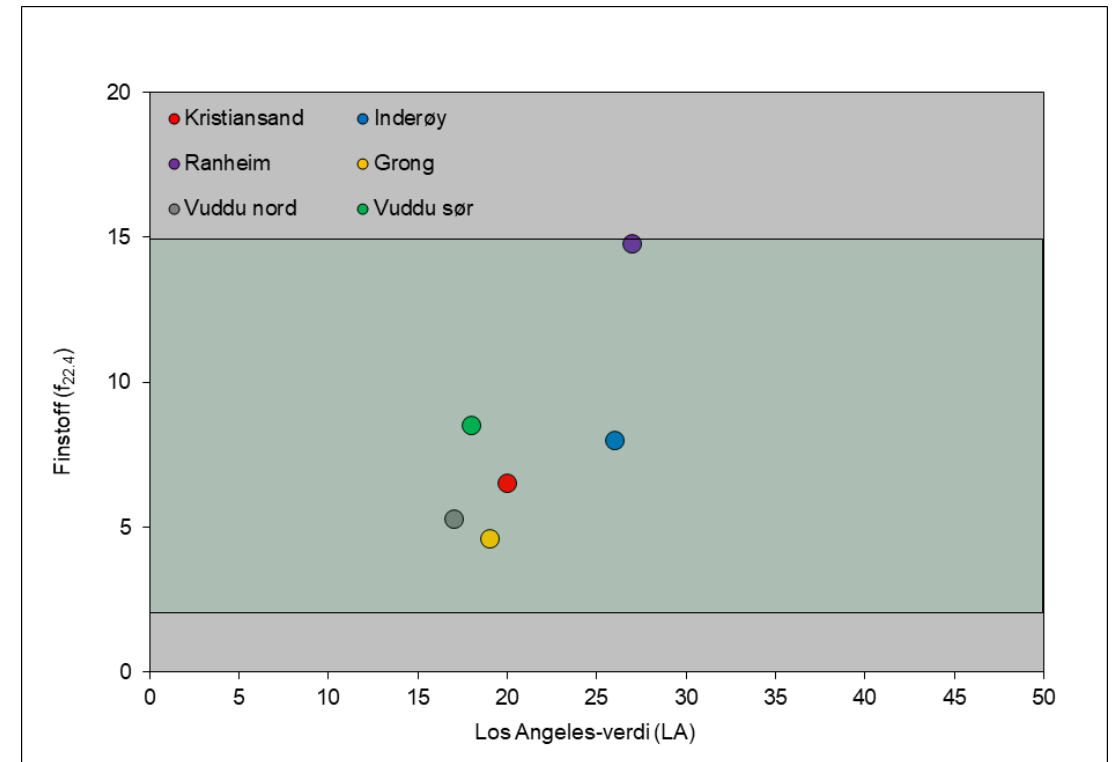
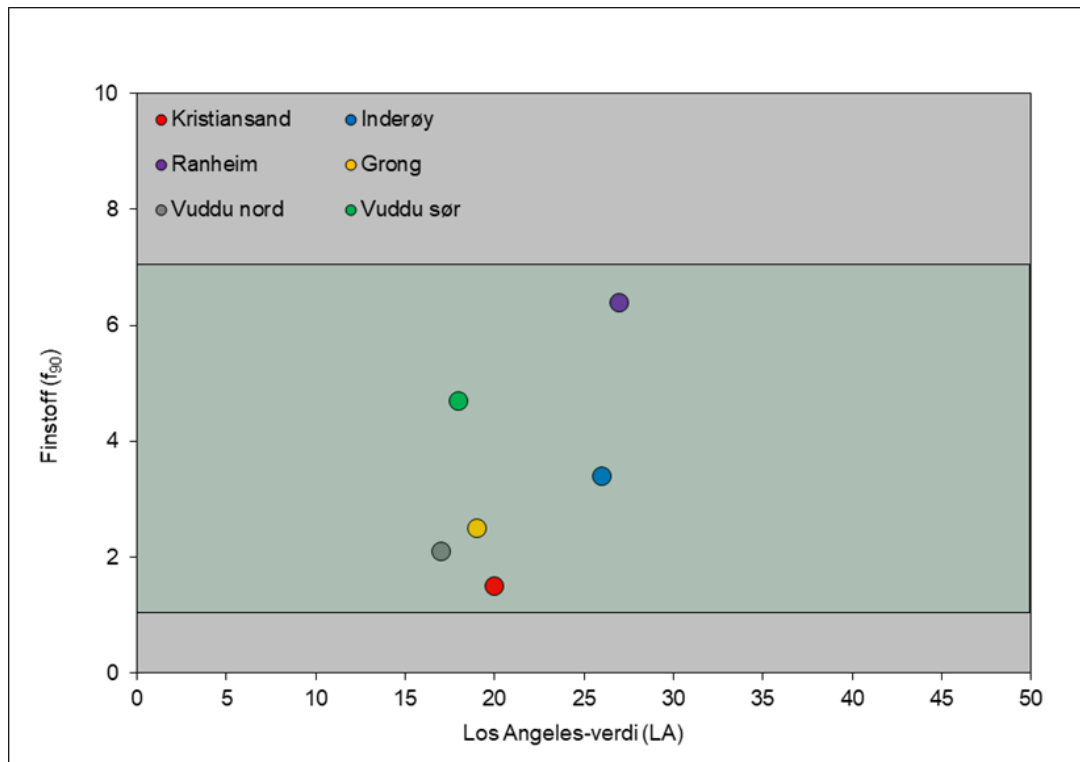
Resultater – finstoff (f) av hel kurve



Bergart	f
migmatitt	0,9
fyllitt	2,4
gråvakke	2,2
glimmergneis	2,2
fyllitt/leirskifer	1,5
metasandstein	4,1

Sprengt materiale målt mot krav til frostsikring

- Alle materialer oppfyller finstoffkravene satt til frostsikring, både regnet av materialandel < 90 mm og < 22,4 mm



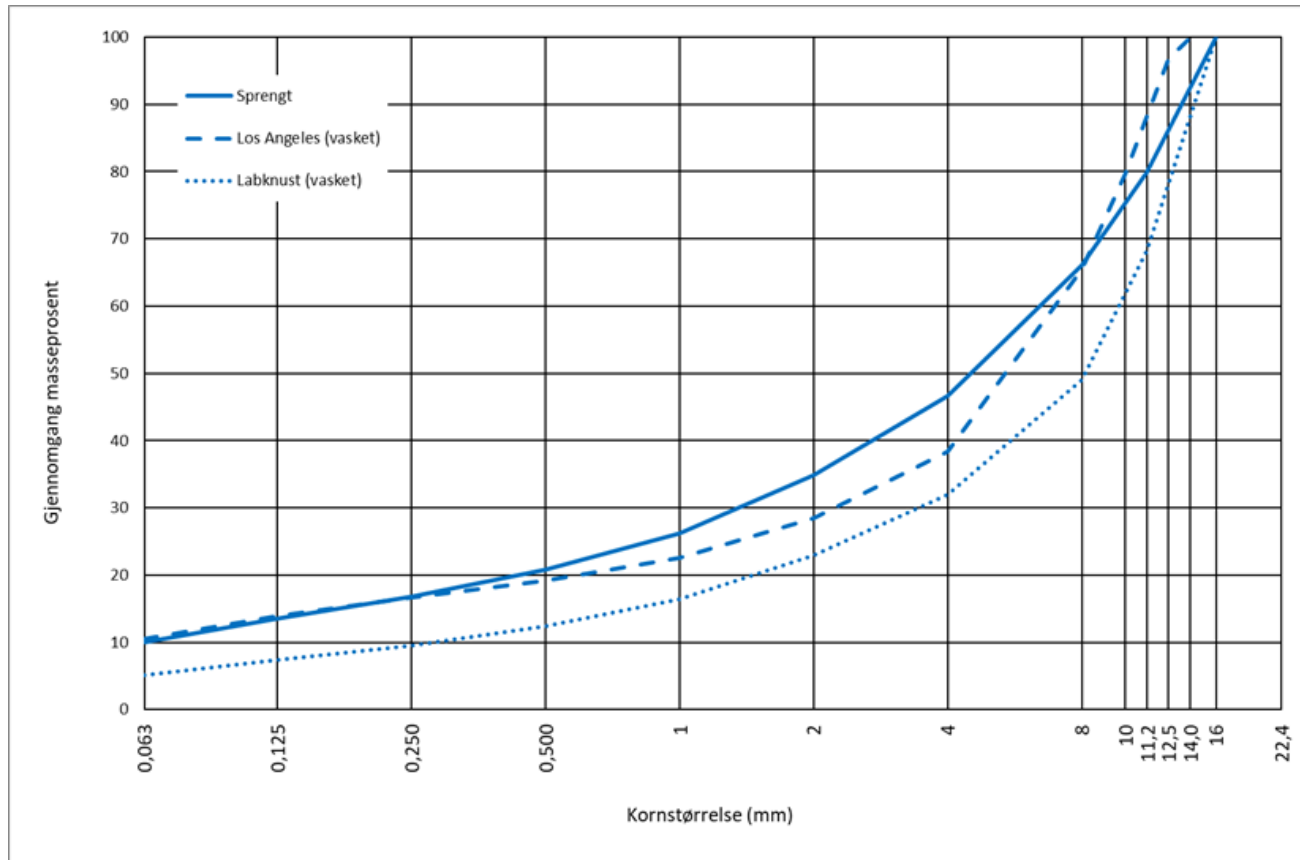
Laboratorie- og LA-knust materiale

- Knyttneve store steiner er knust ned i laboratoriet i to trinn – først enkeltstein for enkeltstein, deretter samlet knusemasse
 - Oppnår knuseprodukt ca. 0-22 mm med laboratorieknusing
 - Sikting og registrering av finstoff (f)
-
- Los Angeles er utført på 10-14 mm store korn fra laboratorieknust materiale
 - Knuseproduktet etter tromling inneholder kornstørrelser fra 0-14 mm
 - Sikting og registrering av finstoff (f_{14})

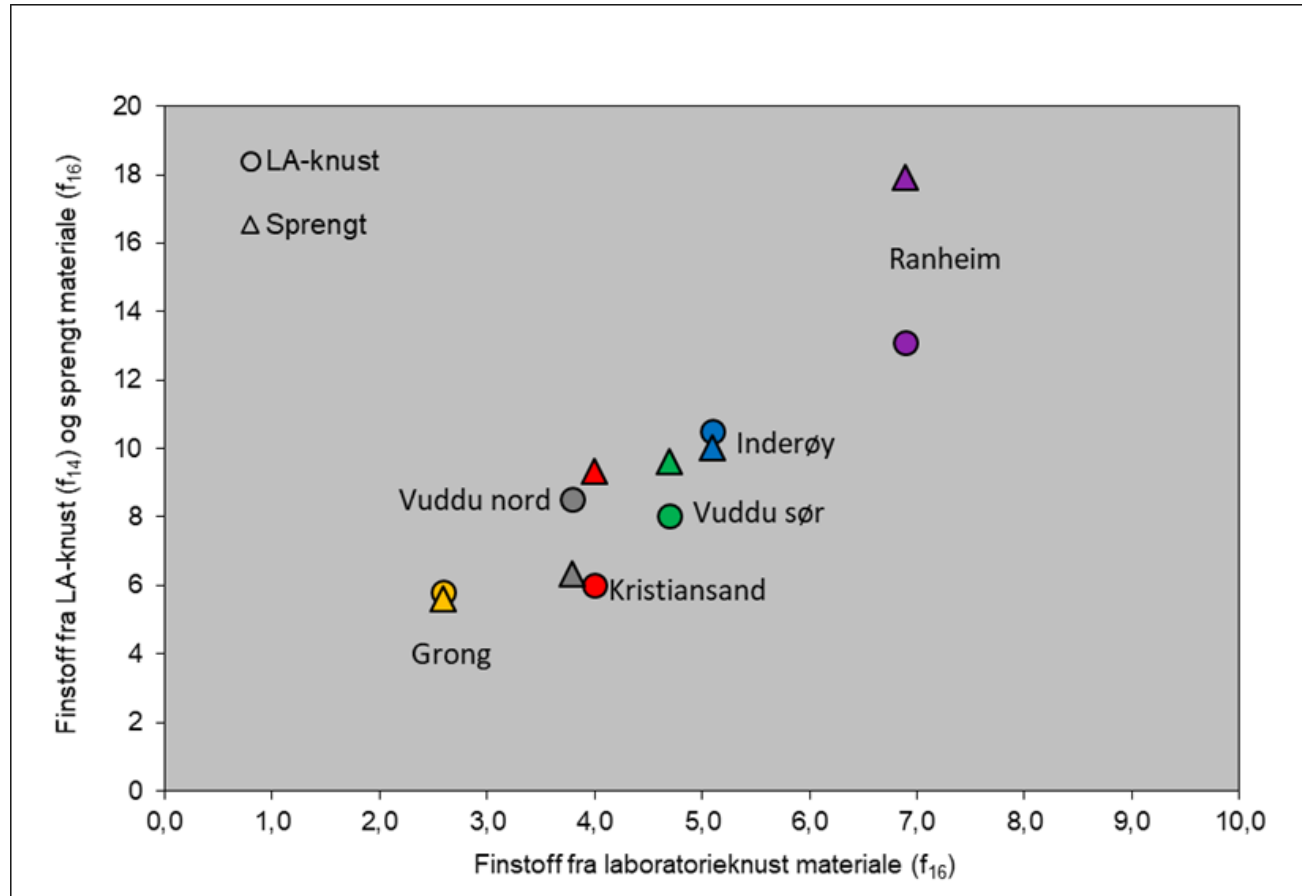


Sprengt, laboratorie- og LA-knust materiale

- Laboratrieknust materiale genererer minst finstoff – godt samsvar mellom sprengt og LA-knust materiale



Resultater for dypsprengt og LA-knust materiale



Bergartsnavn kan være en indikator på finstoffproduksjon, men også boremønster og sprengeteknikk har innvirkning på «produktet» man sitter igjen med etter at en salve har gått.

Bergart	f_{16} sprengt	f_{14} LA-knust	f_{16} lab-knust
migmatitt	9,3	6,0	4,0
fyllitt	10,0	10,5	5,1
gråvakke	17,9	13,1	6,9
glimmergneis	5,6	5,8	2,6
fyllitt/leirskifer	6,3	8,5	3,8
metasandstein	9,6	8,0	4,7

Endringer i N200 versjon 2024

- En utvidet forundersøkelse med finstoffbestemmelse på LA-knust materiale for bestemmelse av sprengningsmetode (krav 1.6.3-4 og krav 3.1.3.2-2) skal utføres
- Endring i krav 1.10.3.1-1 og krav 1.10.3.2-1 for bergskjæringer gjelder *geologiske forundersøkelser* for å oppnå logisk rekkefølge på dokumentasjon

Finstoffbegrepet er fremdeles basert på telefarlighetsklasse (bestemt med slemmeanalyse) for å samsvare med dimensjoneringstabeller

- Konsekvens - ny analysemetode er utarbeidet i R210 Laboratorieundersøkelser



Ny analysemetode i R210 Laboratorieundersøkelser

Statens vegvesen R210 Laboratorieundersøkelser

Metode 135, juni 2024

135 Finstoffbestemmelse av bergskjæringsmateriale

Juni 2024 (ny)

1. Hensikt

Metoden vil kunne være et hjelpemiddel for valg av sprengningsmetode (grunnsprengning eller dypsprengning), som er forutsetning for å kunne dimensjonere vegoverbygning i bergskjæringer.

Metoden gir en indikasjon på forventet finstoffproduksjon i et materiale ved sprengning basert på geologiske forundersøkelser i planleggingsfasen, kombinert med allerede kjente laboratoriemetoder.

Metoden vil kunne utføres parallelt med andre geologiske forundersøkelser som er pålagt gjennomført i planfasen.

Geologisk kartlegging av berg utføres iht. metode 1.4.1 i R211, og prøvetaking av berg iht. metode 1.4.3 i R211. Prøvetaking kan utføres på berg i fra eksisterende eller fra omkringliggende vegskjæringer og vegtrasé.

2. Definisjoner

f : finstoff – kornstørrelser mindre enn 0,063 mm
 M : masse til en prøve målt i gram

3. Utstyr

- laboratorieknuser
- siktemaskin
- sikt
- vekt
- tørkeskap
- Los Angeles-maskin
- bakke/opsamlerkasse

4. Fremgangsmåte

4.1 Prøvetaking

Hvis mulig tas prøvemateriale i eksisterende bergskjæringer med tilsvarende geologi som for planlagte bergskjæringer.

4.2 Prøvepreparering

Rundt 30 kg med steiner så store som knyttnever knuses ned i laboratoriet i to trinn, etter metode 102 i R210. Laboratorieknust materiale får normalt et knuseprodukt med kornstørrelser opp til 22,4 mm.

Det nedknuste materialet siktes, og kornstørrelser mellom 10–14 mm tas ut og settes sammen til Los Angeles-test etter metode 141 i R210. Los Angeles-metoden for fraksjon 10–14 mm utføres med 500 omdreininger.

4.3 Finstoffbestemmelse

Når prøvematerialet utsettes for påkjenningene i Los Angeles-trommelen genereres det finstoff. Dette finstoffmaterialet viser likhetstrekk med det man kan finne i dypsprengte masser.

Alt materialet (dvs. fra 0 til 14 mm) etter Los Angeles-testen siktes etter metode 131 i R210, men materialet vaskes ikke.

Bruk følgende sikt: 11,2 mm, 8 mm, 4 mm, og 1,6 mm, samt bunnpanne.

Materialandel større enn 1,6 mm registreres (M_1) for å beregne Los Angeles-verdi. Los Angeles-verdien er underordnet i denne metoden, men benyttes indirekte i beregningene, men finstoffandelen i prøvematerialet, samtidig som den gir en indikasjon på bergets mekaniske styrke.

Alt materiale mindre enn 1,6 mm kan siktes, men det anbefales å splitte materialet i bunnpanna ned til en egnet prøvestørrelse for kornstørrelser mindre enn 1,6 mm (ca. 200 g) for å spare siktetid. Vekta noteres som M_2 , uavhengig av om det er en delprøve eller hele mengden med materiale mindre enn 1,6 mm.

4.4 Skjæringer eller blotninger ikke er tilgjengelig i nærheten av prosjektet, må det utføres lettere sprengningsarbeid for prøvetaking.

Prøvemengdebehov utgjør ca. 30 kg.

5. Resultater

5.1 Beregning av Los Angeles-verdi

Los Angeles-verdien (LA) beregnes slik:

$$LA = \frac{(5000 - M_2)}{50}$$

hvor:

- M_1 : er vekt av materiale større enn 1,6 mm, angitt i hele gram.
- LA-verdien oppgis med heltall.

5.2 Beregning av finstoff

Finstoffinnhold (f) for hele prøven beregnes slik:

$$f = \frac{M_2}{M_1} \times LA$$

hvor:

- M_2 : er vekt av materiale mindre enn 1,6 mm, angitt i hele gram
- M_1 : er vekt av materiale mindre enn 0,063 mm, angitt i hele gram
- LA er Los Angeles-verdien

6. Rapportering

Prøvningsrapporten skal inneholde:

- referanse til denne metoden
- sted og dato for prøvetak
- materialtype
- navn og adresse på laboratorium
- prøvenummer og dato for analysen
- veiedata (M_1 , M_2 , M_3)
- analyseverdi (LA)
- andel finstoff (f)

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R210.

NS-EN 1097-2 (2020): Prøvningsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag. Del 2: Metoder for bestemmelse av motstand mot knusing.

NS-EN 933-1 (2012): Prøvningsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag. Del 1: Bestemmelse av kornstørrelsesfordeling. Sikteanalyse.

Statens vegvesen retningslinje R210 Laboratorieundersøkelser (2016)

Statens vegvesen retningslinje R211 Feltundersøkelser (2018)

Metode 135, juni 2024

R210 Laboratorieundersøkelser side 70

Drift- og vedlikehold 2024

Statens vegvesen

Laboratorieundersøkelser

RETNINGSLINJE Håndbok R210



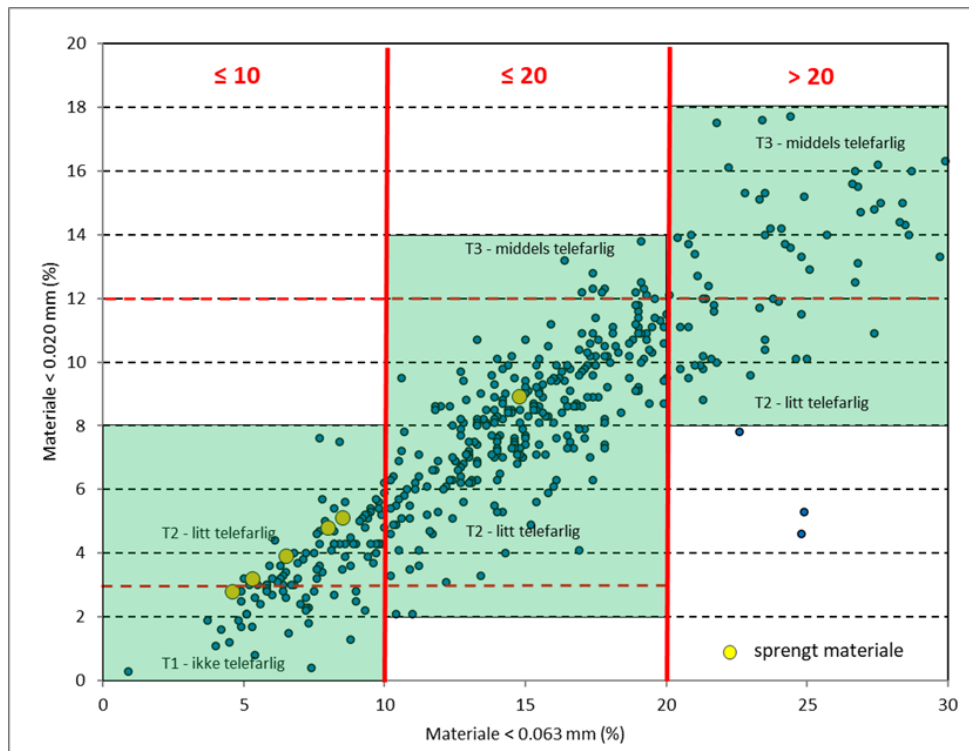
Metodebeskrivelse (nr. 135 i R210)

- Innsamling av ca. 30 kg bergskjæringsmateriale (ved geologiske forundersøkelser)
- Knuses ned i laboratorium og Los Angeles utføres ith. standard
- Knuseproduktet fra Los Angeles-testen siktes og finstoff (f_{14}) bestemmes
- Evt. utføres slemmeanalyse på materialet for bestemmelse av telefarlighetsklasse



Videre arbeid og muligheter

- Telefarlighet av bergskjæringsmaterialer beregnes på feil grunnlag – se på mulighet for å gå over til finstoffinnhold
- Samsvar mellom kornstørrelser $< 63 \mu\text{m}$ og $< 20 \mu\text{m}$ gjør det overflødig å utføre slemmeanalyse for telefarlighetsklassifisering av bergskjæringsmaterialer (tilsvarende som for frostsikringsmaterialer)
- Se på mulighet for å bygge på bergskjæring med lavere bæreevne, tilsvarende T3-masse?



Undergrunn	Bæreevnegruppe
Bergskjæring, steinfylling, $f_{22,4} \leq 10 \%$	1
Grus, $C_U \geq 15$, T1	2
Bergskjæring, steinfylling, $f_{22,4} \leq 20 \%$	3
Grus, $C_U < 15$, T1	
Sand, $C_U \geq 15$, T1	
Sand, $C_U < 15$, T1	4
Grus, sand, morene, T2	
Isolasjonslag av XPS, skumglass eller lettklinker	
Bergskjæring, steinfylling, $f_{22,4} > 20 \%$	5
Grus, sand, morene, T3	5
Leire, silt, morene, T4	6
Myr	7