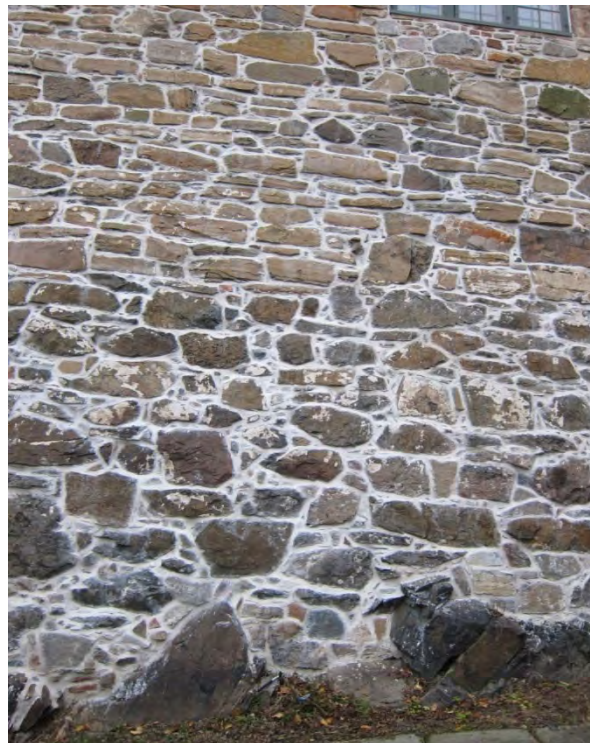


NHL-mørtler brukt de siste 10 år i ruiner i Norge – analyser og sammenlikning av nyproduserte rene og hydrauliske kalkmørtler samt mørtler fra middelalderen



1. prosjektet (2005)

Middelalderske kalkmørtler

(på oppdrag fra Riksantikvaren,
gjennomført av NIKU)

Mål:

Å definere innholdet og
egenskapene til et utvalg av
mørtelprøver tatt fra
middelalderske anlegg.

26 mørtelprøver fra
Riksantikvarens arkiv



2. prosjektet:
(2006)

Test av hydrauliske kalkmørtler

(på oppdrag fra Riksantikvaren, gjennomført av NIKU og murmester Terje Berner)

Mål:

Å definere innholdet og egenskapene til nylaget mørtel basert på NHL 3,5 og 5,0 fra St.Astiers.

- blandingsforhold 1:1,5 og 1:2
- to blandingsmetoder , blandedrill og tvangsblender, og ulik blandingstid: 10 resp 20 minutter
- karbonatiseringstid: juni - november

3. prosjektet: (2007)

Sammenliknende analyser av ren kalkmørtel og naturlig hydraulisk kalkmørtel fra St.Astiers

(på oppdrag fra Riksantikvaren, gjennomført av NIKU og murmester Terje Berner)

Mål:

Å analysere fukt-relaterte egenskaper og frostbestandighet i nylaget mørtel basert på NHL 2,0 og ren kalkmørtel

- blandingsforhold 1:3
- to blandingsmetoder , blandedrill og tvangsblender, og ulik blandingstid: 10 resp 20 minutter
- karbonatiseringstid: mars - september

4. prosjektet:
(2012)

Naturlig hydraulisk kalkmørtel i murverk fra middelalderen

Mål:

Å definere innholdet og egenskapene til NHL-mørtler som har blitt brukt i reparasjoner av middelalderske murverk for minst to år siden.

Gjennomført som et samarbeid mellom University of Aveiro, Portugal, og NIKU

Prøvemateriale

prøve	uttakssted, beskrivelse	datering	Analyser gjennomført
Middelalder 1	Utstein kloster, Rennesøy kommune, Rogaland fylke, Vestlandet	middelalder	2005
Middelalder 2	St Mikael's kirkeruin, Løten kommune, fylke, Østlandet	middelalder	2005
Middelalder 3	St Nikolas ruin, Sarpsborg kommune, Østfold fylke, Østlandet	middelalder	2005
Middelalder 4	«Biblioteket», Tønsberg kommune, Vestfold, Østlandet	middelalder	2005
Middelalder 5	Halsnøy klosterruiner, Kvinnherad kommune, Hordaland fylke, Vestlandet	middelalder	2005
Middelalder 6	Sørbø kirke, Rennesøy kommune, Rogaland fylke, Vestlandet	middelalder	2005
Middelalder 7	Tingelstad kirke, Gran kommune, Oppland fylke, Østlandet	middelalder	2005
Kalkmørtel, våtlesket	1:3, tilslag 0-4 mm	2007	2007
Kalkmørtel, hydratkalk	1:3, tilslag 0-4 mm	2007	2007
NHL 2	1:3, tilslag 0-4 mm	2007	2007
NHL 3,5	1:2, tilslag 0-4 mm	2006	2006
NHL 5	1:2, tilslag 0-4 mm	2006	2006
Rep NHL3,5, Teglkastellet	Tønsberg kommune, Vestfold, Østlandet	2008	2012
Rep NHL 3,5, Olavsklosteret	Tønsberg kommune, Vestfold, Østlandet	2008	2012
Rep NHL 3,5, Akershus festning	Oslo kommune, Østlandet	2008	2012
Rep NHL 3,5, Akershus festning	Oslo kommune, Østlandet	2009	2012
Rep NHL 2,0, Akershus festning	Oslo kommune, Østlandet	2010	2012
Rep NHL 3,5, Munkeby kloster	Trondheim kommune, Sør-Trøndelag	2009	2012
Rep NHL 3,5, Sverresborg,	Trondheim kommune, Sør-Trøndelag	2009	2012





Innhold og **egenskaper**

Tilslag

Bindemiddel

Porositet

Frostbestandighet

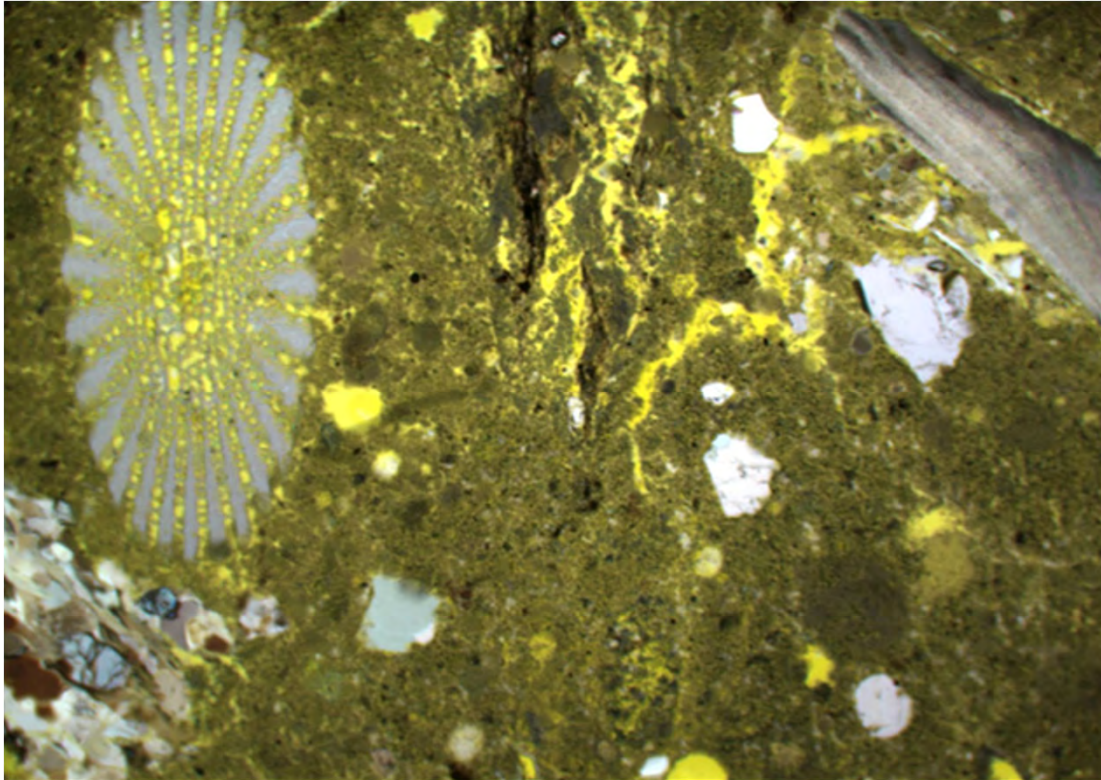
Kapillærsuging

Trykkstyrke

Damppermeabilitet

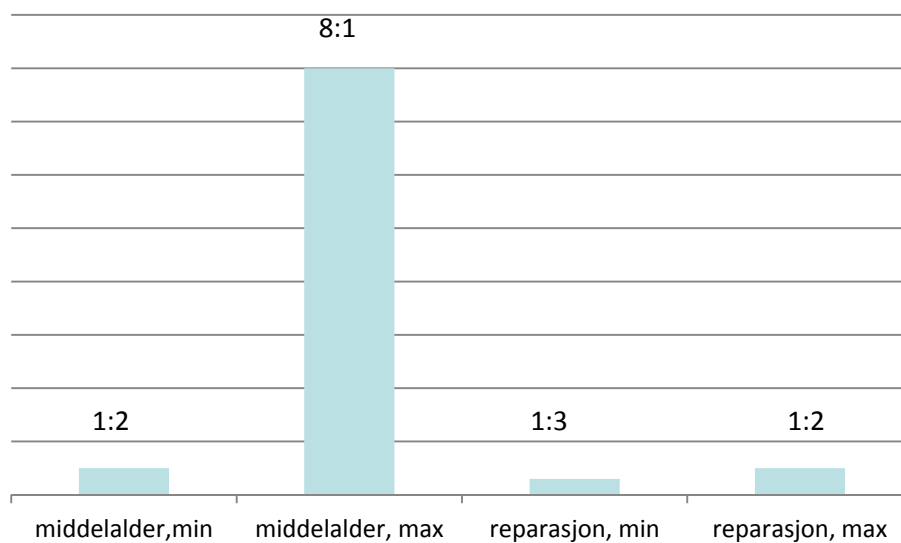
Blandingsforhold

Metoder: tynnslipsanalyser og oppløsning i saltsyre



Blandingsforhold

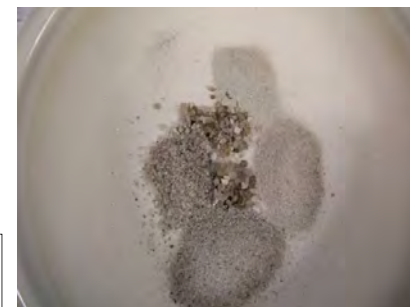
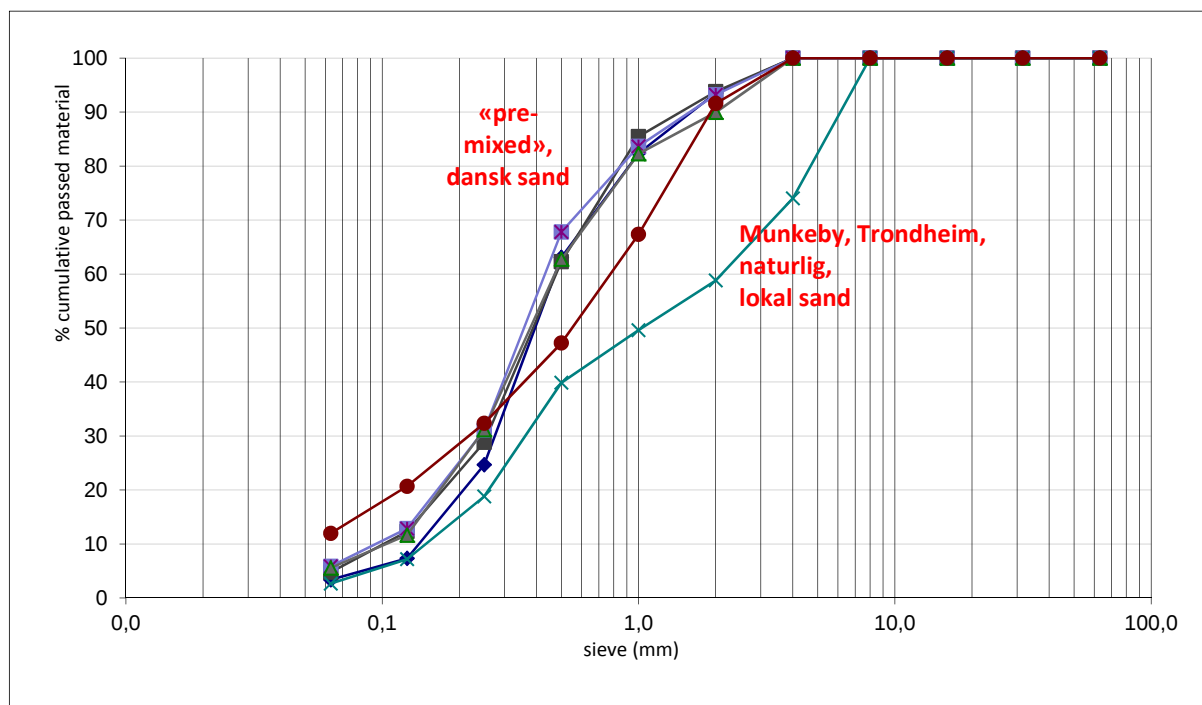
Resultater



Mørtel fra middelalderen sammenliknet med mørtel brukt ved reparasjon av ruiner for minst 2 år siden, basert på NHL 3,5.

Tilslag - kornstørrelsesfordeling

NHL brukt som reparasjonsmørtler i murverk fra middelalderen



Dansk sand



Spesialdesignet sand med stort tilslag (Akershus)



Naturlig lokal sand, Trondheim

Porositet

Middelalder, Utstein kloster – ca 15 %

Middelalder, St Mikael's kirkeruin – ca 17%

Middelalder, St Nicholas ruin – ca 22 %

Middelalder, «Biblioteket», Tønsberg – ca 3%

Middelalder, Halsnøy kloster – ca 9%

Middelalder, gjennomsnitt – ca 13%

Ny våtlesket kalk – ca 13% (12%-15%)

Ny hydratkalk – ca 15% (13%-16%)

Ny NHL 2 (1:3) – ca 9%

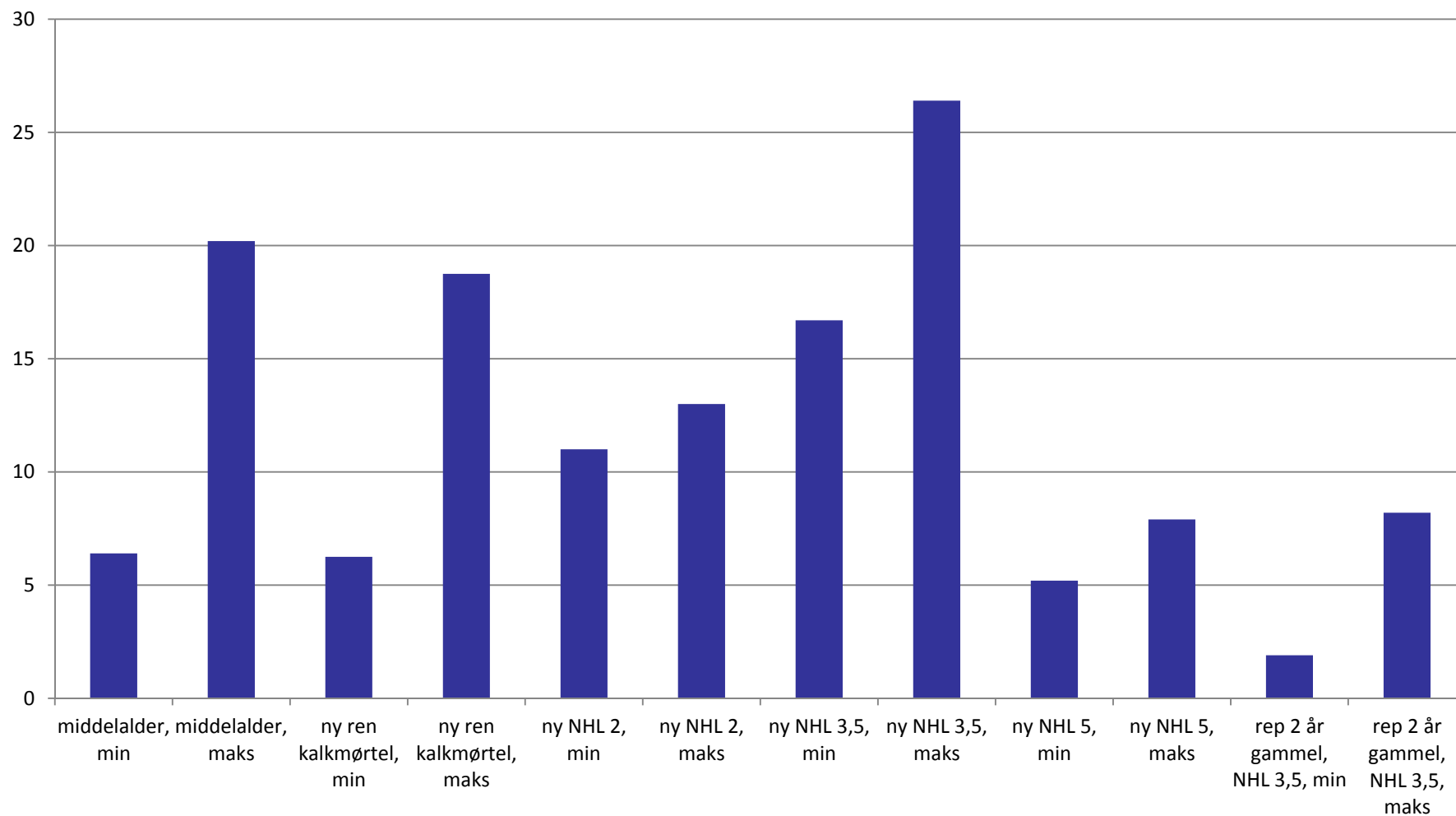
Ny NHL 3,5 (1:2) - ca 4% (2%-7%)

Ny NHL 5 (1:2) - ca 3% (2%-4%)

Reparasjonsmørtel, NHL 3,5, minst 2 år gammel - ca 6% (4%-9%)

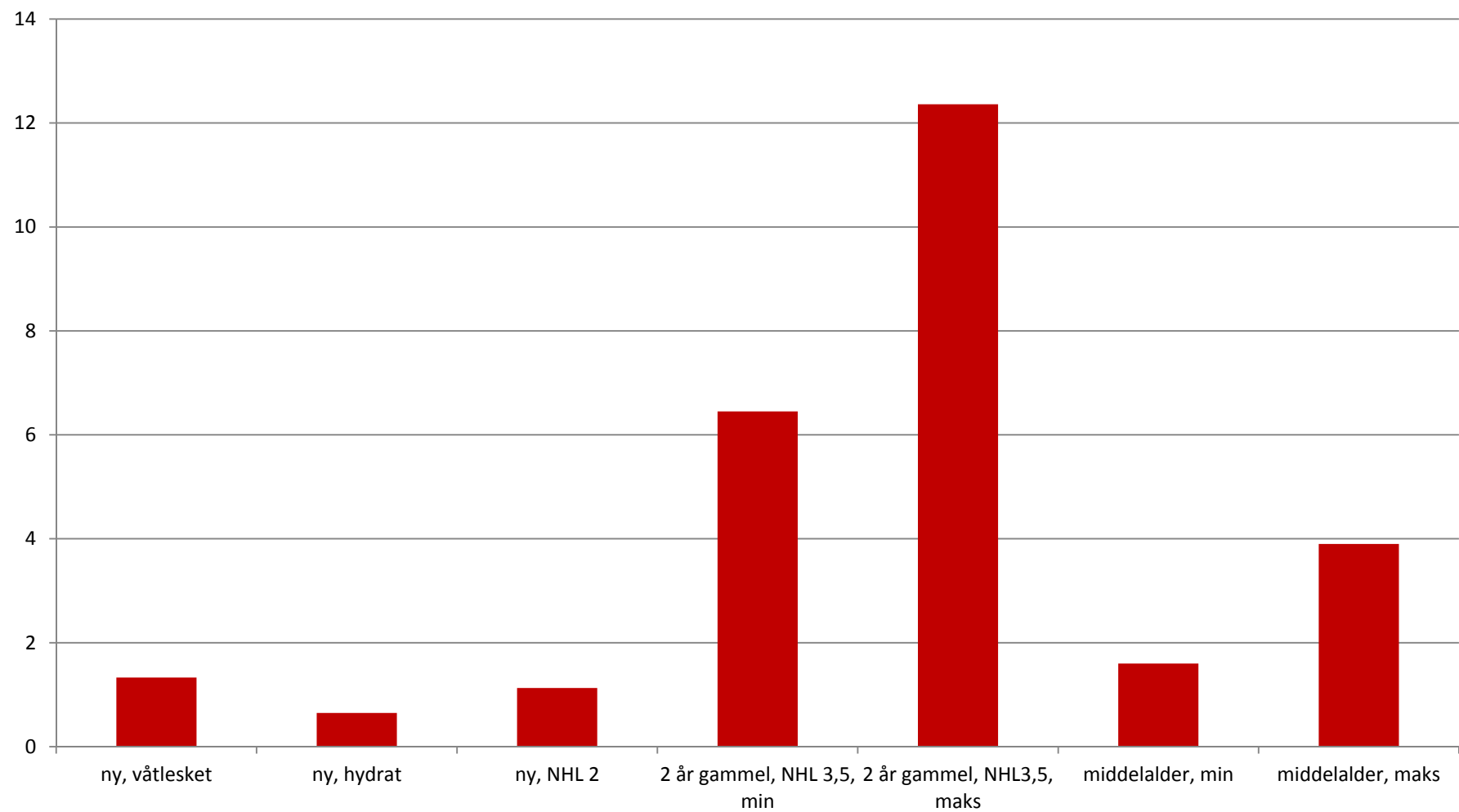
Kapillærsuging

kg/m²·h^½



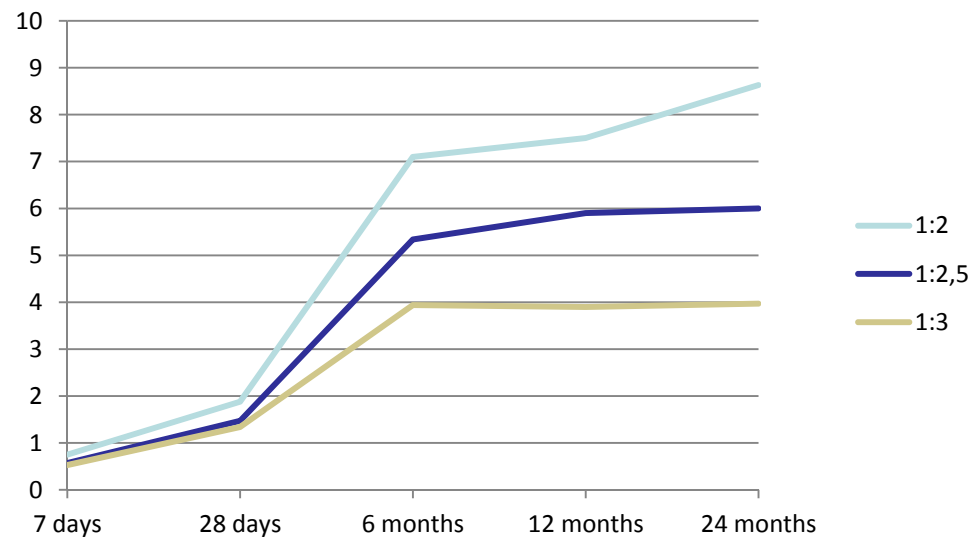
Trykkstyrke

(MPa)



Trykkstyrke

Utvikling over tid, NHL 3,5, ifølge produktdata



Properties	Values studied mortars	Requirements conservation mortars	Requirements EN 998-1	Requirements
	NHL3,5	(Veiga, 2010)	Rendering mortars	EN 998-1
	(2 years)	(90 days)	(28 days)	Renovation mortars
				(28 days)
Cs (MPa)	6,45-12,36	0,4 – 2,5	0,4 – 2,5	1,5 – 5,0

Frostbestandighet

1. frostsykkeltesting (4=dårlig, 10-20=god, nyprodusert, god=40)
2. porositet (mer enn 5-6% små, <0,3 mm, mindre enn 10% store, >0,3 mm)

Middelaldermørtel (både tynnslip og frostsyklus) :
~ halvparten dårlig froststyrke

Ren kalkmørtel, NHL 2, nyproduserte:
middels – god froststyrke

NHL 3,5 og 5 , nyproduserte:
god froststyrke



Resultater

Blandingsforhold:

- Middelaldermørtelen mer variabel og fetere enn forventet.
- Naturlig lokal sand har gitt god fordeling.

Porositet:

- Lavere i NHL-mørtel enn i gammel mørtel fra middelalderen og i ren kalkmørtel

Kapillærsuging:

- Mørtel fra middelalderen, ren kalkmørtel og ny NHL 3,5 –mørtel ser ut til å kapillærsuge omtrent likt
- NHL 5 og reparasjonsmørtel, NHL 3,5 som er mer enn 2 år gammel kapillærsuger betraktelig mindre.

Trykkstyrke:

- Reparasjonsmørtel, NHL 3,5 som er mer enn 2 år gammel, har betydelig høyere trykkstyrke enn ren kalkmørtel eller gammel mørtel fra middelalderen.
- NHL 3,5 ser ut til å ha høyere trykkstyrke enn hva som vurderes som kompatibelt med eldre mørteltyper.

Damppermeabilitet:

- Rene, nyproduserte kalkmørtler, og NHL 2 samt 3,5 har god damppermeabilitet
- NHL 5 ser ut til å ha betraktelig dårligere.

Froststyrke:

- Middelaldermørtelen ser ut til å ha i gjennomsnitt dårlig froststyrke, men de som har god styrke har mange små luftporer.
- NHL, nyproduserte ser ut til å ha bra froststyrke.

Resultater sammendrag

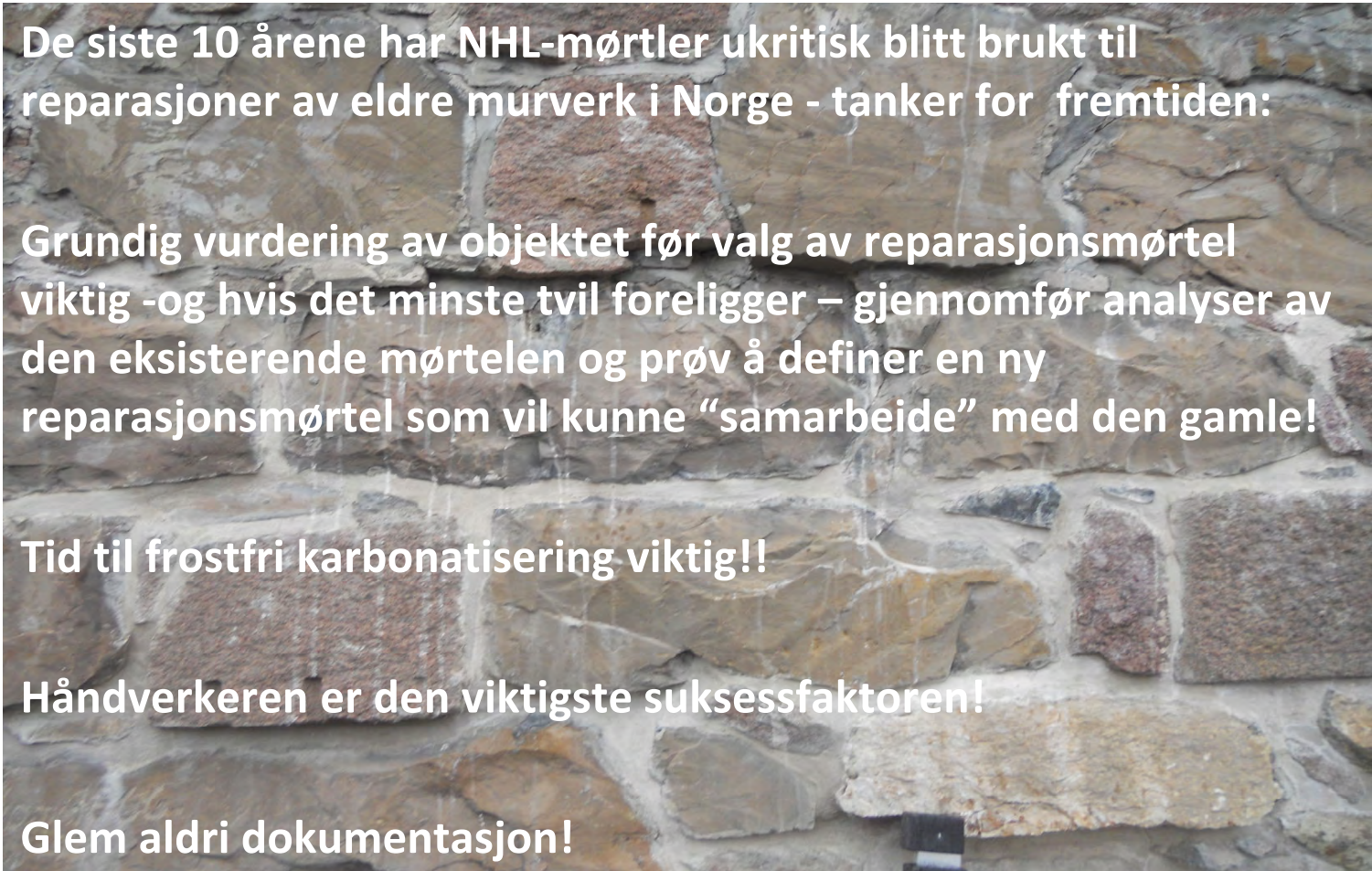
- ▶ En reparasjonsmørtel bør være så lik eksisterende mørtler i murverket at eventuelle bevegelser ikke gir skader.
- ▶ Analyser av eksisterende mørteltyper sier noe om ønsket innhold i en reparasjonsmørtel.
- ▶ Egenskaper relatert til trykk, fukt og frost er viktige i Skandinavia.



Praktiske råd

- NHL2 er så lik rene kalkmørtler at man like gjerne kan bruke ren kalkmørtel
- NHL5 er tett og sterk
- NHL3,5 har gode tekniske egenskaper, men høyere trykkstyrke krever varsomhet.
- Vær kritisk til bruk av NHL 3,5 der mye original ren kalkmørtel er bevart (for eksempel middelalderruiner) - men den kan være bra til bruk der lite originalmørtel er bevart (for eksempel bygårder)





De siste 10 årene har NHL-mørtler ukritisk blitt brukt til reparasjoner av eldre murverk i Norge - tanker for fremtiden:

Grundig vurdering av objektet før valg av reparasjonsmørtel viktig -og hvis det minste tvil foreligger – gjennomfør analyser av den eksisterende mørtelen og prøv å definere en ny reparasjonsmørtel som vil kunne “samarbeide” med den gamle!

Tid til frostfri karbonatisering viktig!!

Håndverkeren er den viktigste suksessfaktoren!

Glem aldri dokumentasjon!

Annika Haugen, Norsk institutt for kulturminneforskning, Oslo

annika.haugen@niku.no

Ellen Hole, Multiconsult, Oslo

ellen.hole@multiconsult.no