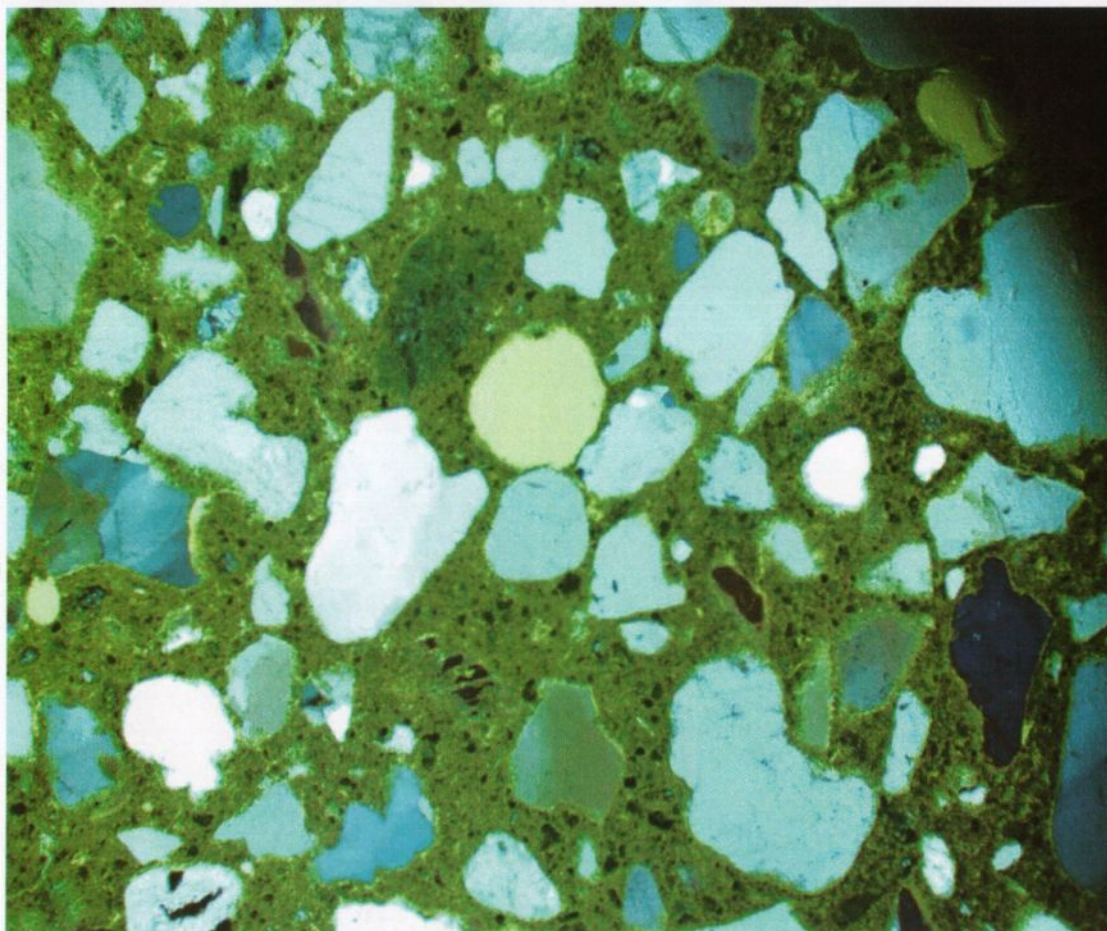


Rapport – NIKU, Miljøovervåking

## Test av hydrauliske kalkmørtler

Analysen av egenskapene til et utvalg av NHL-mørtler

Forfattere: Annika Haugen  
Ellen Hole



NIKUs upubliserte rapporter nr 8/2006

## 1. Forord

Prosjektet er en videreføring av prosjektene "Middelalderske kalkmørtler" og "Evaluering av gjennomførte konserverings- og restaureringstiltak på middelalderruiner" i 2005. Det førstnevnte prosjektet konkluderte blant annet med at svært mange av de middelalderske kalkmørtlene hadde dårlig froststyrke. Froststyrken har sammenheng med porestrukturen og porestørrelsen som i sin tur er avhengig av blant annet bearbeiding av mørtelen. Prosjektet "Evaluering av gjennomførte konserverings- og restaureringstiltak på middelalderruiner" konkluderte med at hovedproblemet med middelalderruiner i dag fremst er knyttet til fukttilførsel og frostsprengning. Resultatene av de to prosjektene viste at det fantes et behov for mer kunnskap om og utvikling av mer frostbestandige kalkmørtler.

Prosjektet har hatt som mål å prøve noen av de viktigste fukt- og frostegenskapene til de hydrauliske St.Astier-mørtlene.

Prosjektet er gjennomført som et oppdrag fra Riksantikvaren og i samarbeid med Terje Berner.

Arbeidet med denne rapporten er utført av Ellen Hole og Annika Haugen.

Oslo, 30. november 2006.

Annika Haugen  
Prosjektleder

## 2. Bakgrunn

Testprogrammet som har blitt benyttet tilsvarende det som ble brukt i middelalder-prosjektet fra 2005. Det vil si at prøvene har blitt analysert med hensyn på froststyrke, kapillærsugingsevne og uttørkingsevne, og i dette prosjektet også damppermeabilitet. Alle prøvene har blitt analysert ved tynnslipsmikroskopi.

Følgende mørteltyper har blitt testet:

NHL 3,5

NHL 5

Hver av disse typene har blitt fremstilt henholdsvis med blandedrill og med tvangsblender og med litt forskjellige blandingstider, for om mulig å se om produksjonsprosessen kan ha betydning for mørtelens egenskaper.

Prøvene ble støpt i former i juni 2006, og analysene startet i november 2006, så de har hatt god tid til karbonatisering.

Resultatene presenteres fortløpende i rapporten med henvisning til vedlagte resultater fra 2005.

## 3. Gjennomføring av analyser og tester

### 3.1. Frostsyklustester

Prøvene er blitt tørket til referansevekt i 50°C. Mørtelprøvene fikk suge vann kapillært fra overflaten i 20 timer fra et fuktig underlag, deretter ble de veid, pakket inn diffusjonstett, og fryst i sykler. Antall frostsykler ble målt i forhold til prosentuell vektminskning. Ved dårlig frostbestandighet vises tydelig nedbryting etter 5 sykler, mens en middels - god frostbestandighet vises i at prøven tåler minst 10-20 frostsykluser. Til sammenligning kan nevnes at en fullstendig frostbestandig nyprodusert mørtel i dag skal tåle minst 40 frostsykluser.

### 3.2. Kapillærsugingstester

Prøvene ble tørket ved 50°C til de hadde oppnådd en stabil tørrvekt. Når prøvene hadde blitt kalde ble de plassert med overflaten i kontakt med et fuktig underlag som hadde fri tilgang til vann. Deretter ble prøvene veid i bestemte tidsintervaller.

### 3.3. Uttørkingstester

Prøvene ble først tørket i 50°C. Deretter fikk de trekke opp vann kapillært fra et fuktig underlag i 4 døgn. Så ble de dekket med en tynn plastfolie på alle sider bortsett fra "uttørkingssiden". Prøvene ble plassert i sand slik at luft bare kunne komme til fra en side. Arealet til uttørkingssiden ble målt og hastigheten på uttørkingen per arealenhet ble målt ved veiing en gang per døgn i fire døgn.

### 3.4. Damppermeabilitetsprøver

En flat mørtelprøve ble plassert som et lokk over en skål med vann. Kantene ble grundig tettet med modelleire. Ved at skålen inneholdt vann var den relative luftfuktigheten i skålen 100%. Skålen ble deretter plassert i et klimarom. Ved å veie skålen før og etter et bestemt tidsintervall var det mulig å definere hvor mye vann som hadde fordampet ut gjennom prøven. Siden både klimaet utenfor og inne i skålen og tykkelsen på prøven var kjent var det deretter mulig å beregne damppermeabiliteten til prøven.

Følgende formel ble brukt:

$$\delta = (d * (\Delta \text{vannvekt})) / (\text{areal} * \Delta \text{tid} * \Delta v)$$

$\delta$  = damppermeabilitetskoeffisient

d = tykkelse på prøve

$\Delta$ vannvekt = differensen i vekten på prøven etter tiden  $\Delta$ tid

areal = det areal av prøven som damp kunne diffundere gjennom

$\Delta$ tid = den tid vannet i skålen fordampet gjennom prøven

$\Delta v$  = differensen i mengden damp inne i skålen og utenfor

Verdien på  $\delta$  (damppermeabilitetskoeffisient) varierer fra ca. 1,6 – 4,0 m<sup>2</sup>/s for ren kalkmørtel mens KC-mørtel ofte har verdier på ca 0,8-1,9 m<sup>2</sup>/s.

### 3.5. Tynnslipsanalyser

Tynnslipspreparatene er blitt laget av Geologisk museum, Universitetet i Oslo.

Utregning av innholdet i en mørtel har blitt gjort ved kvantitative analyser i form av punkttelling av bestanddeler i tynnslip under mikroskop. Det vil si at bestanddelenes innbyrdes mengdeforhold i volum er blitt bestemt ved hjelp av punkttelling. Volumprosent for hvert enkelt delmateriale er blitt regnet ut på grunnlag av punkttellingen.

Prinsippet er at man teller alle bestanddelene i slipet. Kravet i NT Build 370<sup>1</sup> er minst 500 punkter jevnt fordelt over et område på 24x36 mm. I samtlige prøver har mellom 600 og 1000 punkter blitt telt. Når hele slipet er telt, omgjøres tallene til volumprosent.

I samtlige prøver har en kvantitativ vurdering av mengden og typen bindemiddel og tilslag blitt gjennomført. I tillegg har store (>0,3 mm) og små (<0,3 mm) luftporer blitt registrert.

I en ren kalkmørtel vurderes froststyrke først og fremst ut fra mengden små (<0,3 mm) og store (>0,3 mm) luftporer. Hvis andelen små porer er mer enn 5-6% og samtidig andelen store porer er under ca. 10% så vurderes mørtelen å ha en god froststyrke. I tillegg er porestrukturen viktig. En skadet porestruktur med et kollapset poresystem gir dårlig frostbestandighet. Dette er også viktige parametre ved bedømming av en hydraulisk mørtels froststyrke, men det må tas i betraktning at hydrauliske komponenter gjerne gir økt froststyrke, og at verdiene ovenfor må betraktes som en omtrentlig rettesnor.

Tynnslipsanalysen gir også kvalitativ informasjon om revner, sprekkdannelser, sammenkitting mellom tilslag og bindemiddel med mer.

Alle tynnslipsanalyseresultatene er blitt systematisert og arkivert i et databaseverktøy.

<sup>1</sup> <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/build370.pdf>

### 3.6. Prøvemateriale

Prøver er blitt laget av et flertall blandinger av St.Astier.mørtel; NHL 3,5 respektive NHL 5

Tabell nedenfor viser prøvebetegnelser, innhold og fremstillingsmetode.

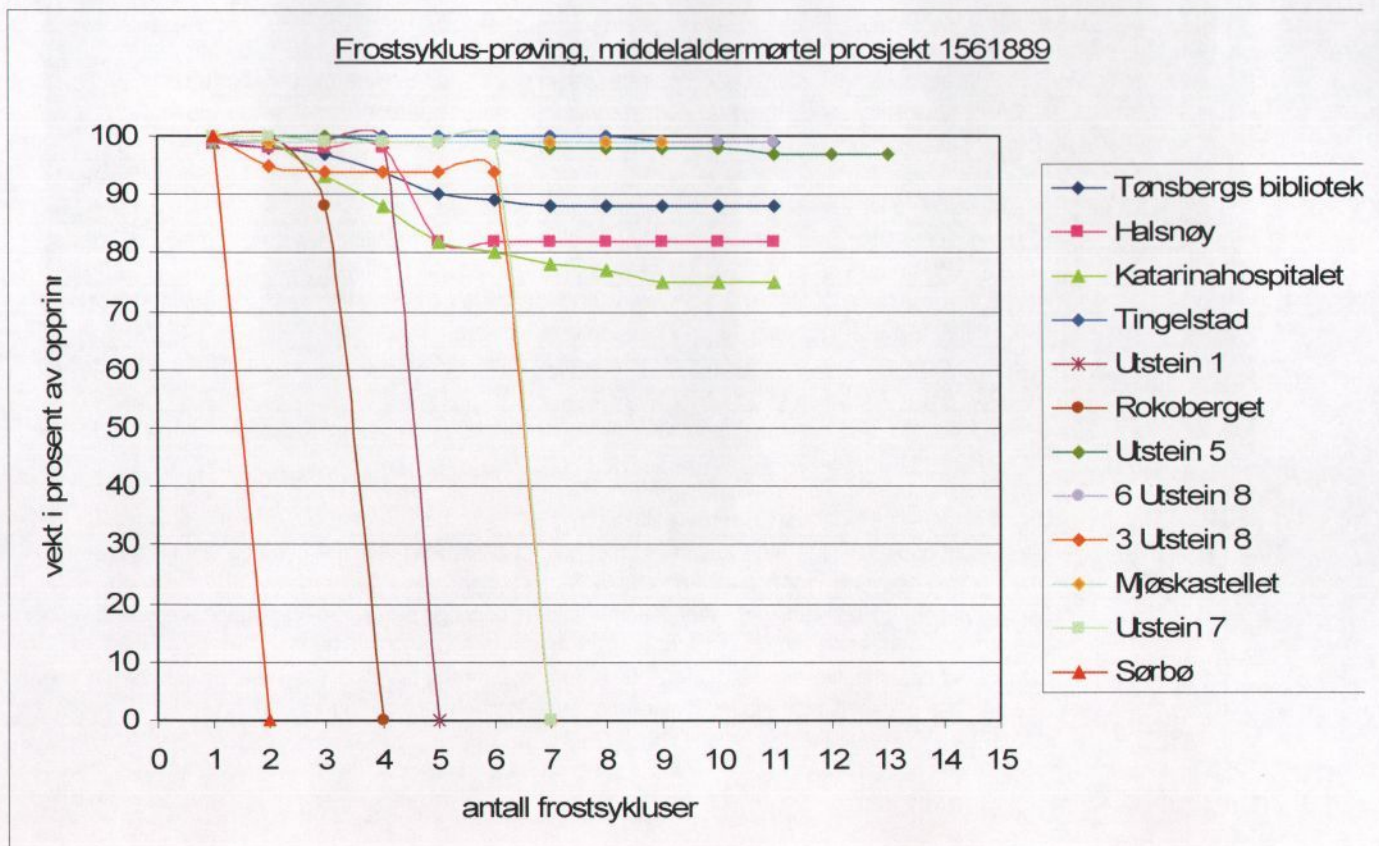
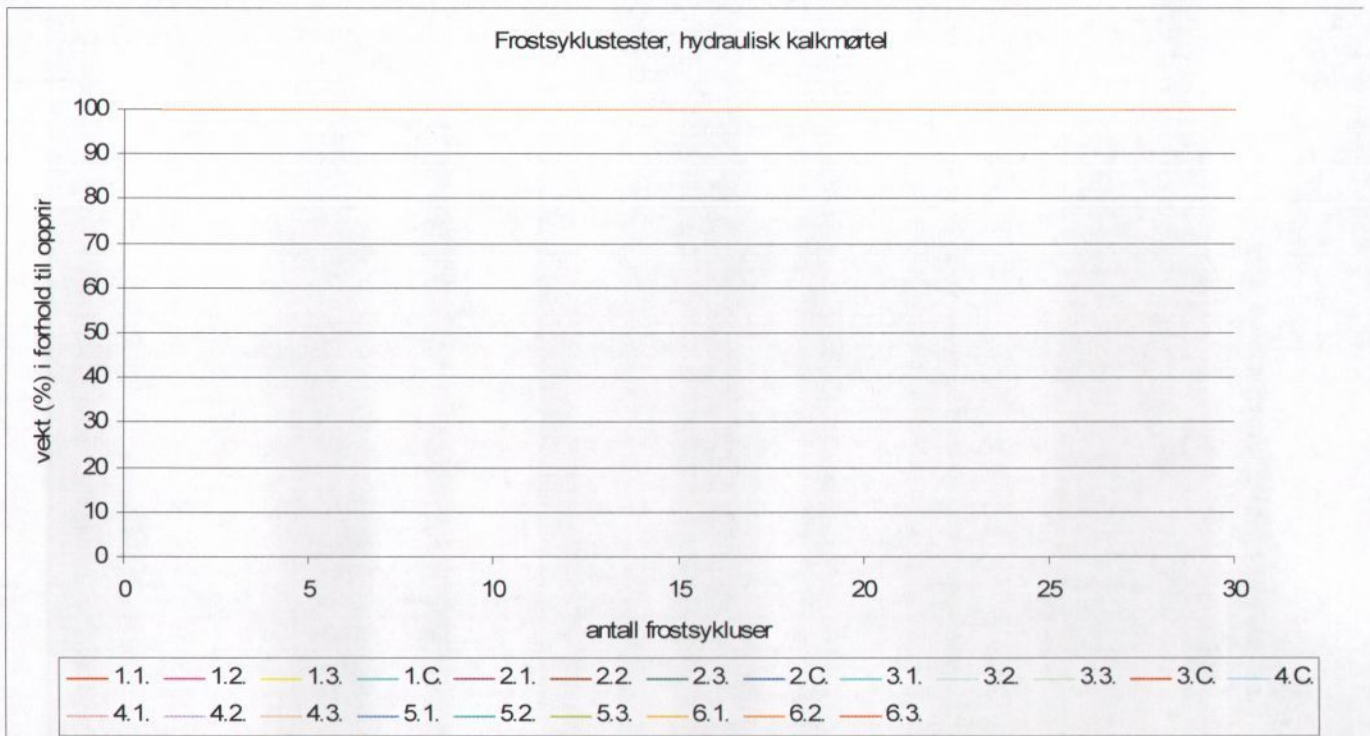
Prøve nr	Prøvebeskrivelse
1.1.	NHL 3,5, blandedrill 10 min, 1:1,5. Konsistens litt tykkere enn grunningsmørtel som sprites ut. (Kan ha kommet noen fremmedlegemer oppi fra bøtte eller blandedrill.) Støpeform 40 x 40 x 160 mm
1.2.	NHL 3,5, blandedrill 10 min, 1:1,5. Konsistens litt tykkere enn grunningsmørtel som sprites ut. (Kan ha kommet noen fremmedlegemer oppi fra bøtte eller blandedrill.) Støpeform 40 x 40 x 160 mm.
1.3.	NHL 3,5, blandedrill 10 min, 1:1,5. Konsistens litt tykkere enn grunningsmørtel som sprites ut. (Kan ha kommet noen fremmedlegemer oppi fra bøtte eller blandedrill.) Støpeform 40 x 40 x 160 mm
1.A.	NHL 3,5, blandedrill 10 min, 1:1,5. Konsistens litt tykkere enn grunningsmørtel som sprites ut. (Kan ha kommet noen fremmedlegemer oppi fra bøtte eller blandedrill.) Flatt "damppermeabilitetsprøve".
1.B.	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 1. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Flatt "sandkakeprøve".
1.C.	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 1. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Flatt "damppermeabilitetsprøve".
2.1.	NHL 3,5, tvangsblender 20 min, 1:1,5, Konsistens som grunningsmørtel. Støpeform 40 x 40 x160 mm
2.2.	NHL 3,5, tvangsblender 20 min, 1:1,5, Konsistens som grunningsmørtel. Støpeform 40 x 40 x160 mm
2.3.	NHL 3,5, tvangsblender 20 min, 1:1,5, Konsistens som grunningsmørtel. Støpeform 40 x 40 x160 mm
2.A.	NHL 3,5, tvangsblender 20 min, 1:1,5, Konsistens som grunningsmørtel. Støpeform 40 x 40 x160 mm Flatt "damppermeabilitetsprøve".
2.B.	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 2. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Flatt "sandkakeprøve".
2.C	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 2. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Flatt "damppermeabilitetsprøve".
3.1.	NHL 3,5, blandedrill 10 min, 1:2. Konsistens som murmørtel. Støpeform 40 x 40 x 160 mm
3.2.	NHL 3,5, blandedrill 10 min, 1:2. Konsistens som murmørtel. Støpeform 40 x 40 x 160 mm.
3.3.	NHL 3,5, blandedrill 10 min, 1:2. Konsistens som murmørtel. Støpeform 40 x 40 x 160 mm
3A.	NHL 3,5, blandedrill 10 min, 1:2. Konsistens som murmørtel. Flatt "damppermeabilitetsprøve".
3B	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 3. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Flatt "sandkakeprøve".
3.C	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 3. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Flatt "damppermeabilitetsprøve".
4.1.	NHL 3,5, tvangsblender 20 min, 1:2, Konsistens som murmørtel. Støpeform 40 x 40 x160 mm
4.2.	NHL 3,5, tvangsblender 20 min, 1:2, Konsistens som murmørtel. Støpeform 40 x 40 x160 mm
4.3.	NHL 3,5, tvangsblender 20 min, 1:2, Konsistens som murmørtel. Støpeform 40 x 40 x160 mm
4.A.	NHL 3,5, tvangsblender 20 min, 1:2, Konsistens som murmørtel. Flatt "damppermeabilitetsprøve".
4.B.	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 4. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Flatt "sandkakeprøve".
4.C	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 4. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Flatt "damppermeabilitetsprøve".
5.1.	NHL 5, tvangsblender 20 min, 1:2. Konsistens som murmørtel. 2 deler Kilemoen sand 0-4 med mer, 1 del NHL 5 bindemiddel. Støpeform 40 x 40 x 160 mm
5.2.	NHL 5, tvangsblender 20 min, 1:2. Konsistens som murmørtel. 2 deler Kilemoen sand 0-4 med mer, 1 del NHL 5 bindemiddel. Støpeform 40 x 40 x 160 mm
5.3.	NHL 5, tvangsblender 20 min, 1:2. Konsistens som murmørtel. 2 deler Kilemoen sand 0-4 med mer, 1 del NHL 5 bindemiddel. Støpeform 40 x 40 x 160 mm
5.A.	NHL 5, tvangsblender 20 min, 1:2. Konsistens som murmørtel. 2 deler Kilemoen sand 0-4 med mer, 1 del NHL 5 bindemiddel. Flatt "damppermeabilitetsprøve".
6.1.	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 4. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Støpeform 40 x 40 x 160 mm
6.2.	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 4. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Støpeform 40 x 40 x 160 mm
6.3.	Ble menget opp uten tilsetning av vann 24 timer etter opprinnelig blanding 4. Vispet opp med blandevisp ikke mer enn nødvendig for å få rett konsistens. Støpeform 40 x 40 x 160 mm

TABELL 1

## 4. Resultater

### 4.1. Frostsyklustester

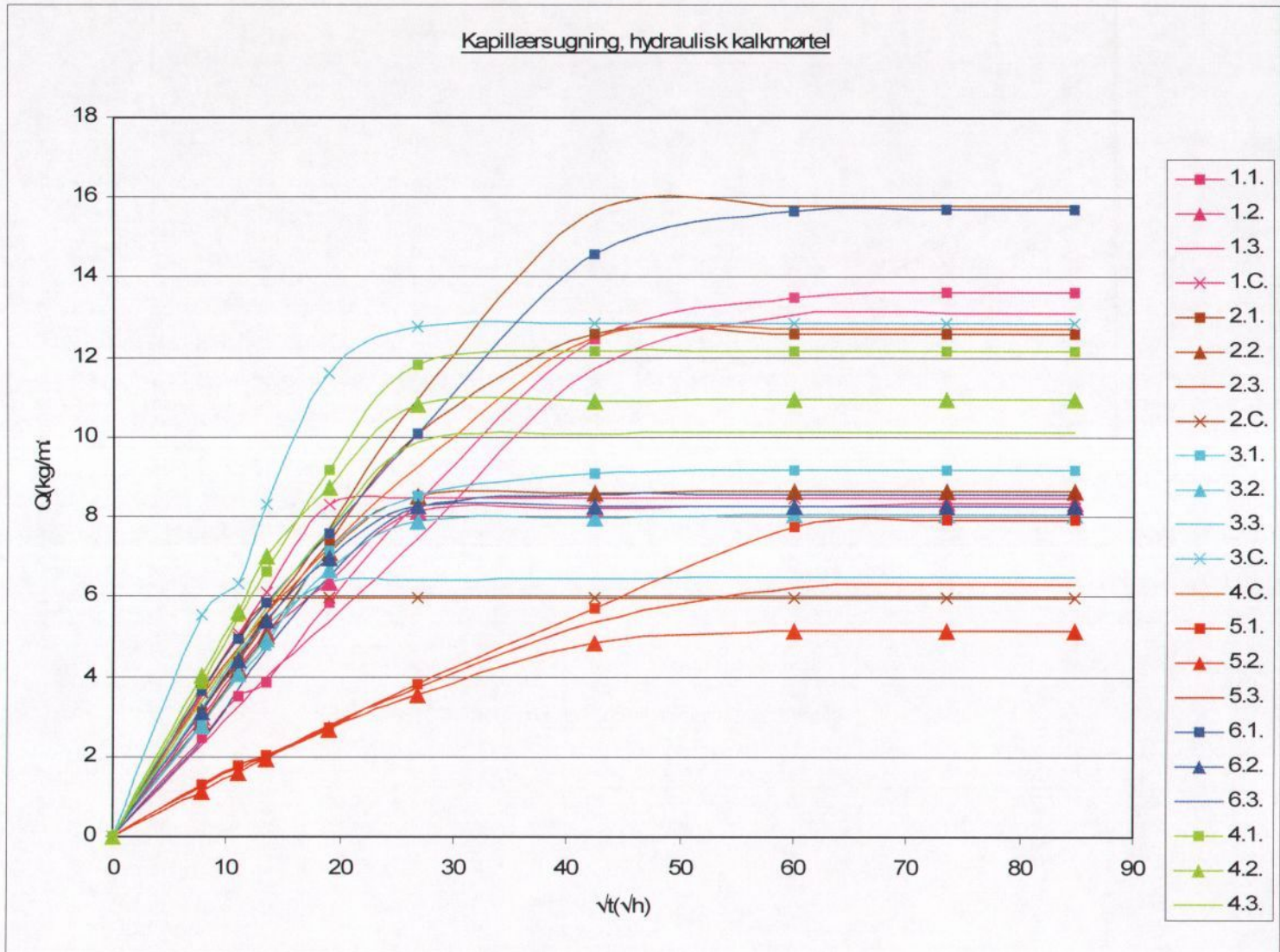
Samtlige prøver viste seg å ha bra froststyrke, de har tålt mellom 25 og 30 frostsykluser uten at noen form for nedbryting har vært synlig. Det øverste diagrammet viser at ingen av de 22 prøvene er blitt brutt ned i løpet av frostsyklustesting. (Samtlige grafer ligger over hverandre.) Til sammenligning vises i det nederste diagrammet resultatene fra frostsyklustesting av middelaldermørtel i 2005.



#### 4.2. Kapillærsugingstester

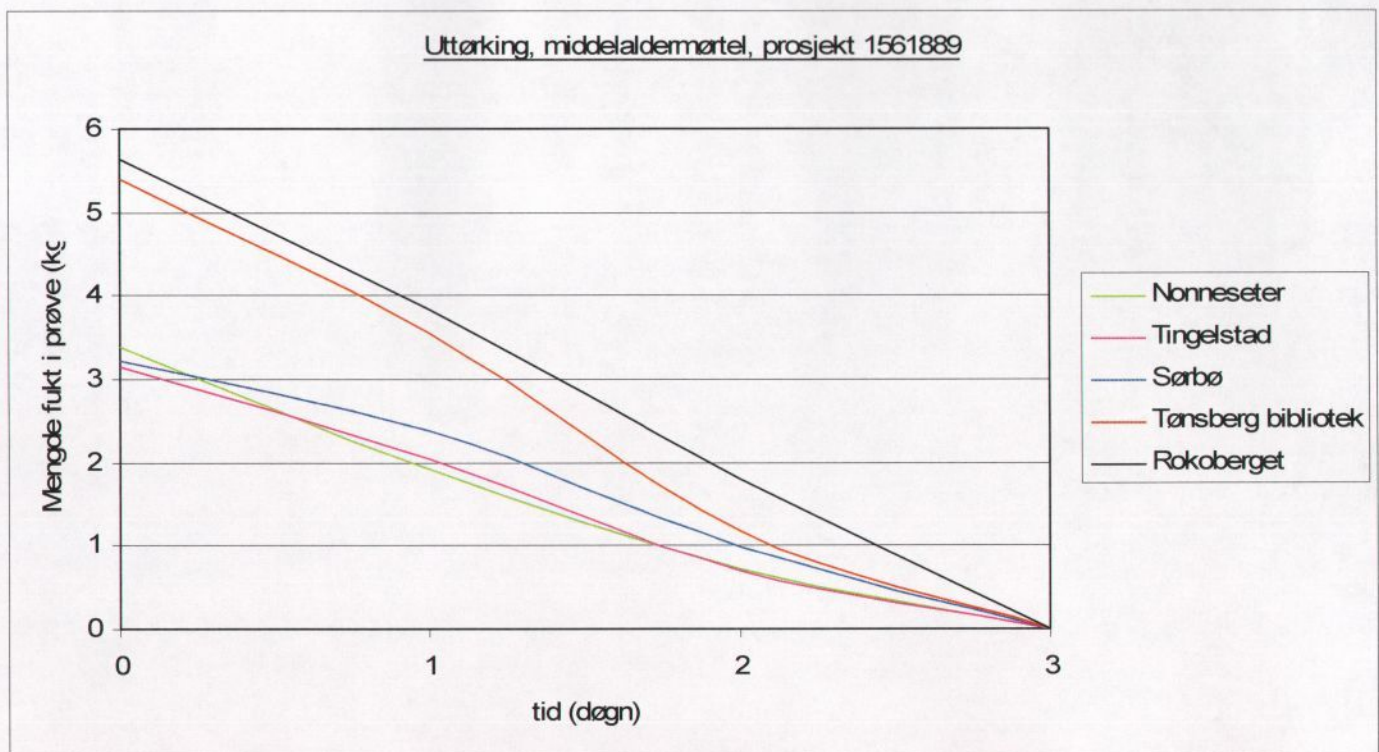
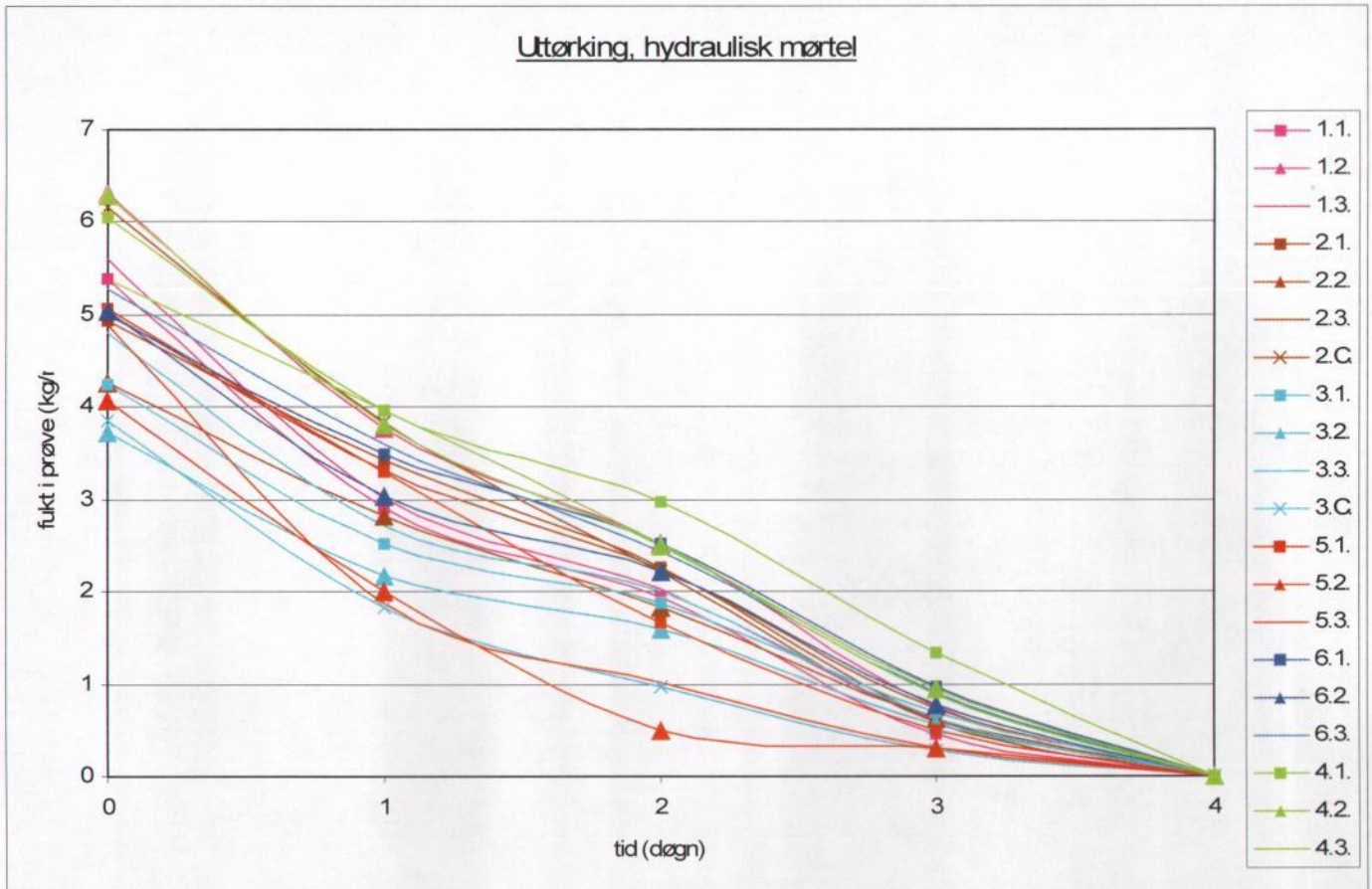
Kapillaritetstallet er forholdet mellom evnen til å trekke opp vann i forhold til tid i begynnelsen av kapillærsugingen. Normalt kapillaritetstall for en moderne ren kalkmørtel er 5-15 kg/m<sup>2</sup>√h, mens en moderne sementmørtel har kapillaritetstall på 1-3 kg/m<sup>2</sup>√h. De analyserte mørtlene viste kapillaritetstall som i hovedsak varierte innenfor intervallet 16,7 – 26,4 kg/m<sup>2</sup>√h, altså forholdsvis høye. Serie 5 (NHL 5) viste dog så lave kapillaritetstall som rundt 6,9 kg/m<sup>2</sup>√h.

Til sammenligning varierte de i 2005 analyserte kalkmørtlene fra middelalderen fra 4,9 -20,2 kg/m<sup>2</sup>√h.



### 4.3. Uttørkingstester

Samtlige tester viste at prøvene hadde forholdsvis god uttørkingsevne, se øvre diagram. Til sammenligning vises, i det nedre diagrammet, resultatene av uttørkingstester gjennomført på kalkmørtel fra middelalderen i 2005.





#### 4.4. Damppermeabilitetstester

Damppermeabiliteten ser ut til å være lav for NHL 5-mørtelen (prøve 5A) men omtrent som en ren kalkmørtel for NHL 3,5, se tabell 2.

Prøve	Damppermeabilitet ( x 0,000001m <sup>2</sup> /s)
1A	2,54
1B	3,52
2A	3,37
2B	3,6
3A	3,52
3B	2,88
4A	1,28
4B	3,36
5A	1,68

TABELL 2. Damppermeabilitetskoeffisienter



Bilde 1, Damppermeabilitetsprøve 5A, Foto: Annika Haugen

#### 4.5. Tynnslipsanalyser

For hver blandingstype var det fremstilt fire paralleller, og siden det er 6 prøvetyper omtales hver samling paralleller som en *serie*. Altså er det 6 serier som analyseres, jamfør oversikt over de forskjellige prøvene i tabell 1.

Generelt kan det sies at alle seriene viste seg å være forholdsvis like, og det var vanskelig å se konkrete forskjeller i bindemiddelet i for eksempel en NHL 3,5-mørtel sammenlignet med en NHL 5. De hydrauliske komponentene er fine partikler som ligger jevnt fordelt i bindemiddelet. Riktignok skiller prøve 1.1 seg noe fra de andre, idet de hydrauliske komponentene ligger mer klumpet sammen. Dette kan skyldes at prøven ble fremstilt ved hjelp av en ikke helt ren blandedrill i en ikke rengjort bøtte (se tabell 1).

Samtlige prøver hadde lav prosentandel luft, både hva angår store og små luftporer (se tabell 3). Porene er velavrundede og porestrukturen er uskadet.

Serie 4 viser en høyere andel store luftporer enn de øvrige seriene, men det ser ut til at dette kan ha sammenheng med kvaliteten på tynnslipspreparatene, og det kan derfor ikke tillegges stor vekt.

Prøvetype/serie	Små luftporer (<0,3 mm)	Store luftporer (>0,3 mm)
1	2 %	3 %
2	1 %	1 %
3	2 %	2 %
4	1 %	6 %
5	2 %	0 %
6	2 %	2 %

TABELL 3. Andel luftporer (små og store) i NHL-mørtler, basert på tynnslipsanalysen.

Tynnslipsanalysen viste lav andel luftporer (både små og store). Allikevel hadde samtlige prøver svært god frostbestandighet (se kap. 4.1.). Dette kan trolig tilskrives de hydrauliske egenskapene.

Alle prøvene har velgradert tilslag av granitt, og observert blandingsforhold (bindemiddel og tilslag) stemmer godt overens med blandingsoppskriftene. Det er god sammenkitting mellom bindemiddel og tilslag, og det ble observert minimalt med revner.

Det er ikke mulig å se signifikante forskjeller avhengig av om prøvene er blandet med tvangsblender eller blandedrill. Heller ikke blandetiden ser ut til å ha påvirket mørtelen.

## Diskusjon og konklusjoner

St.Astier-mørtelen ser ut til å ha gode frostegenskaper; froststyrken er meget høy i samtlige prøver. Dette skiller den tydelig fra den rene kalkmørtelen fra middelalderen.

For øvrig ser det dog ut til at særlig NHL 3,5 – mørtelen har egenskaper som til store deler likner på egenskapene til de eldre kalkmørtlene. Den kapillærsuger omtrent som en kalkmørtel fra middelalderen. Kapillaritetstallene for denne hydrauliske mørtelen er like høye og til og med en anelse høyere enn for kalkmørtlene fra middelalderen. Denne mørteltypen tørker også ut forholdsvis fort. Uttørkingsevnen til disse hydrauliske kalkmørtlene ser ut til å være omtrent den samme som for ren kalkmørtel.

NHL5 - mørtelen skiller seg dog ut med meget lave kapillaritetstall. Denne mest hydrauliske mørtelen suger altså ikke like lett opp vann kapillært som den mindre hydrauliske. Men denne mørteltypen har like gode egenskaper vedrørende uttørking av fukt som de øvrige, til og med en anelse bedre.

Damppermeabiliteten er like god i NHL3,5 - mørtelen som i en ren kalkmørtel men NHL5 ser ut til å ha dårligere damppermeabilitet.

Det er blitt observert at det er god sammenkitting mellom tilslag og pasta. Dette er gjerne et tegn på god bearbeiding. Både blandedrill og tvangsblander har gitt en homogen pasta med god vedheft mellom tilslag og bindemiddel. Det er ikke notert noen forskjell i froststyrke, kapillærsugingsevne, uttørkingsevne, damppermeabilitet, innhold eller struktur grunnet blandingstid, blandingsmetode eller produksjonsmetoder.

## Vedlegg

Tynnslipsanalyser, vedlegg 1

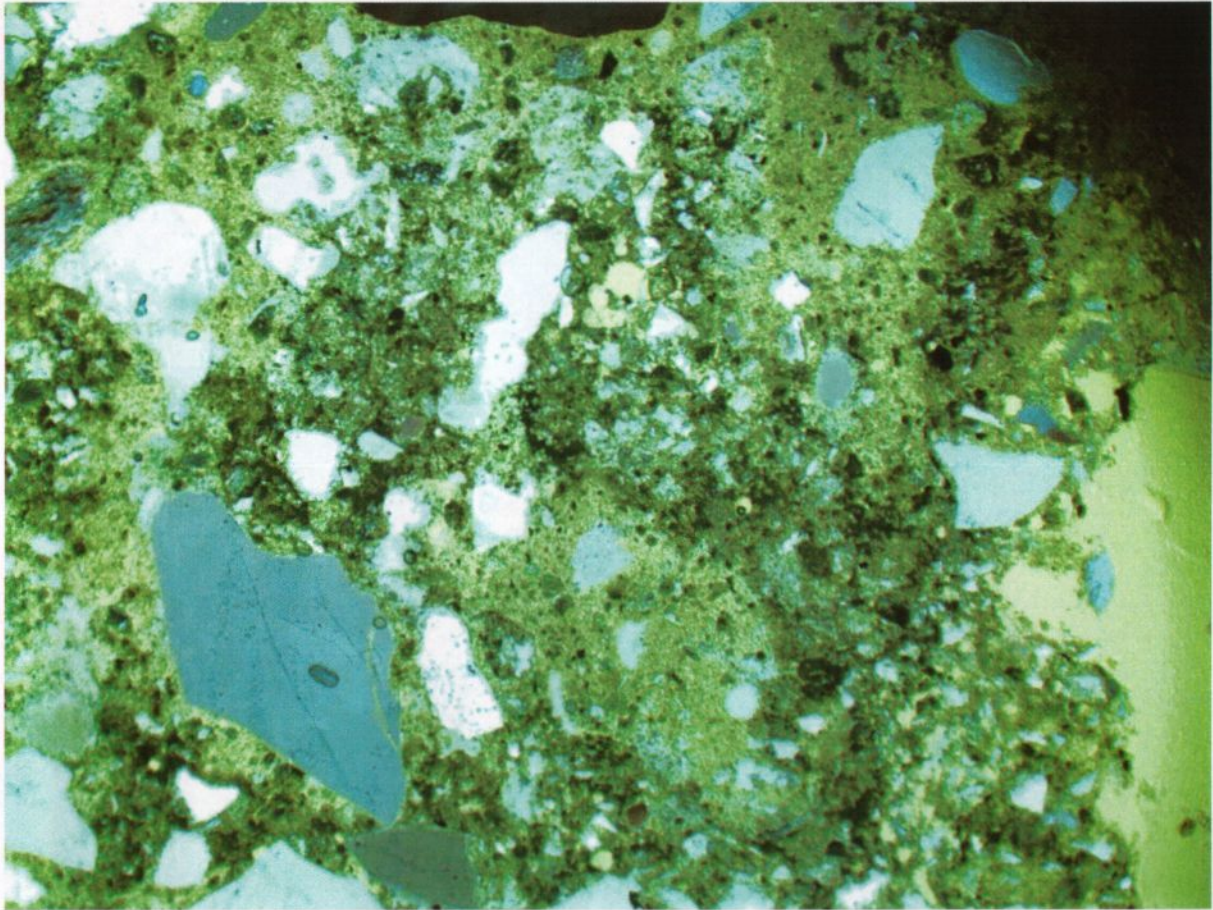
## **FOTO, TYNNSLIP**

Bildene viser at prøvene er forholdsvis like. Forurenset bindemiddel, god sammenkitting mellom tilslag og pasta og lav porøsitet.

Det brune er pasta/bindemiddel, og de sorte prikkene er hydrauliske komponenter.

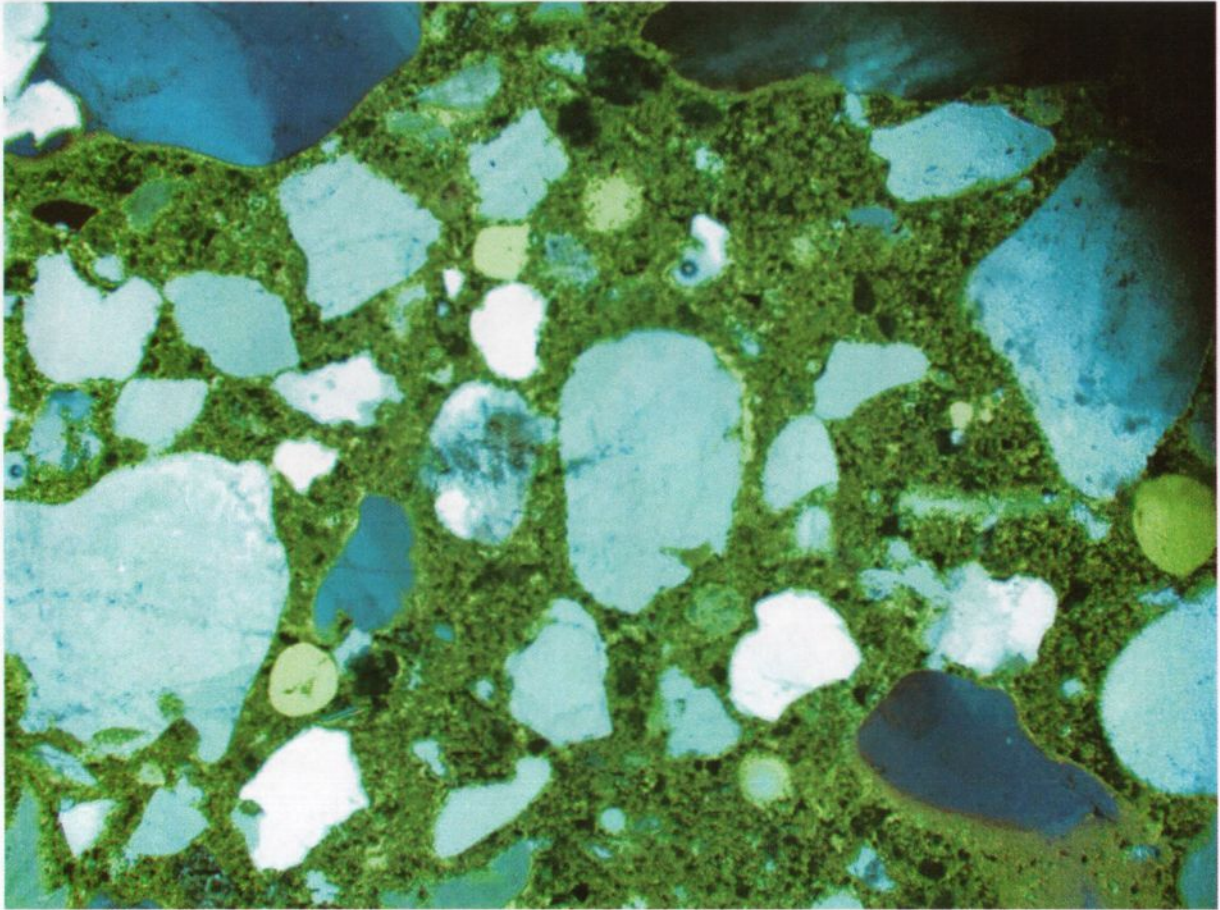
Det gule er luftporer.

De angulære hvite, grå og blå kornene i forskjellige størrelser er tilslag.

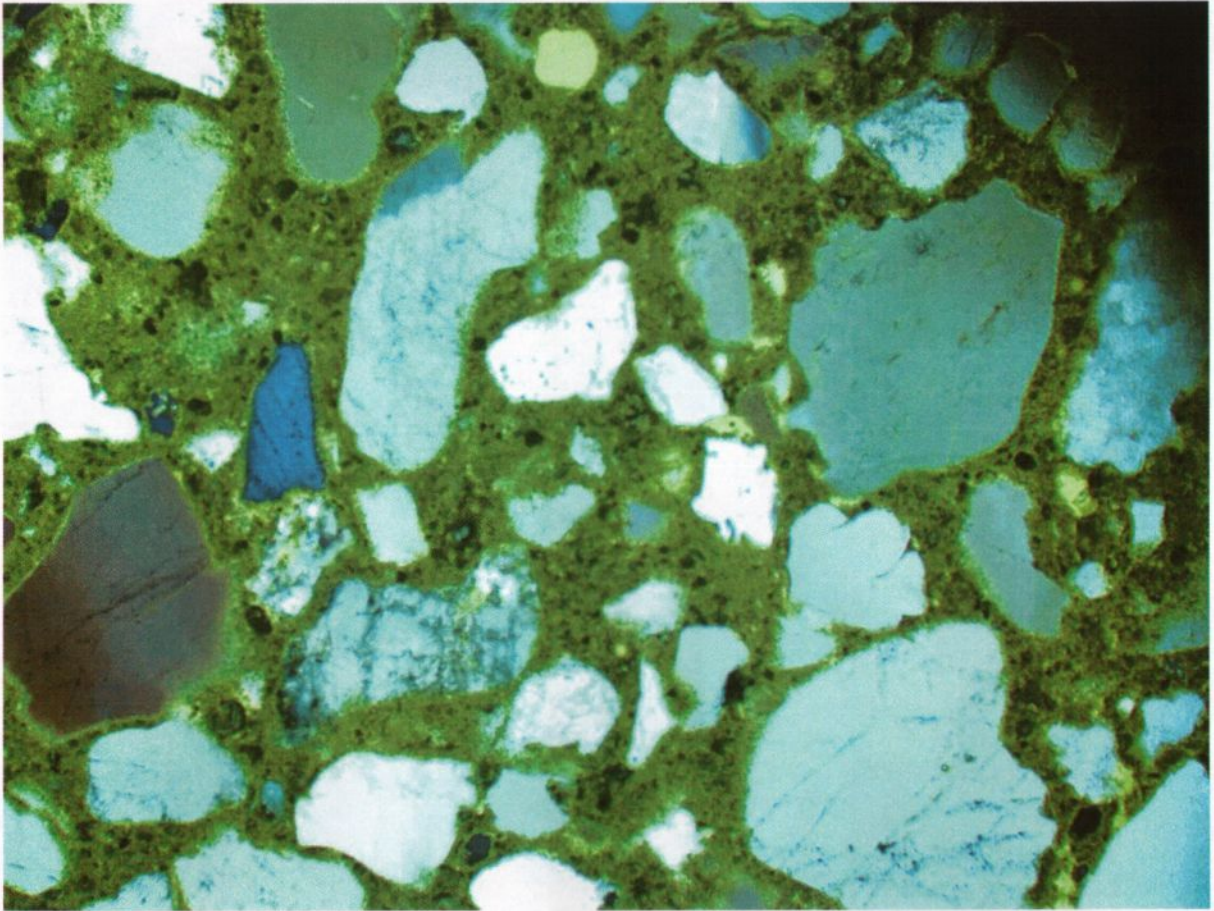


SERIE 1, prøve 1.1, 40x forstørrelse.

Sorte partier i pastaen viser at denne prøven er mer inhomogen enn de øvrige.

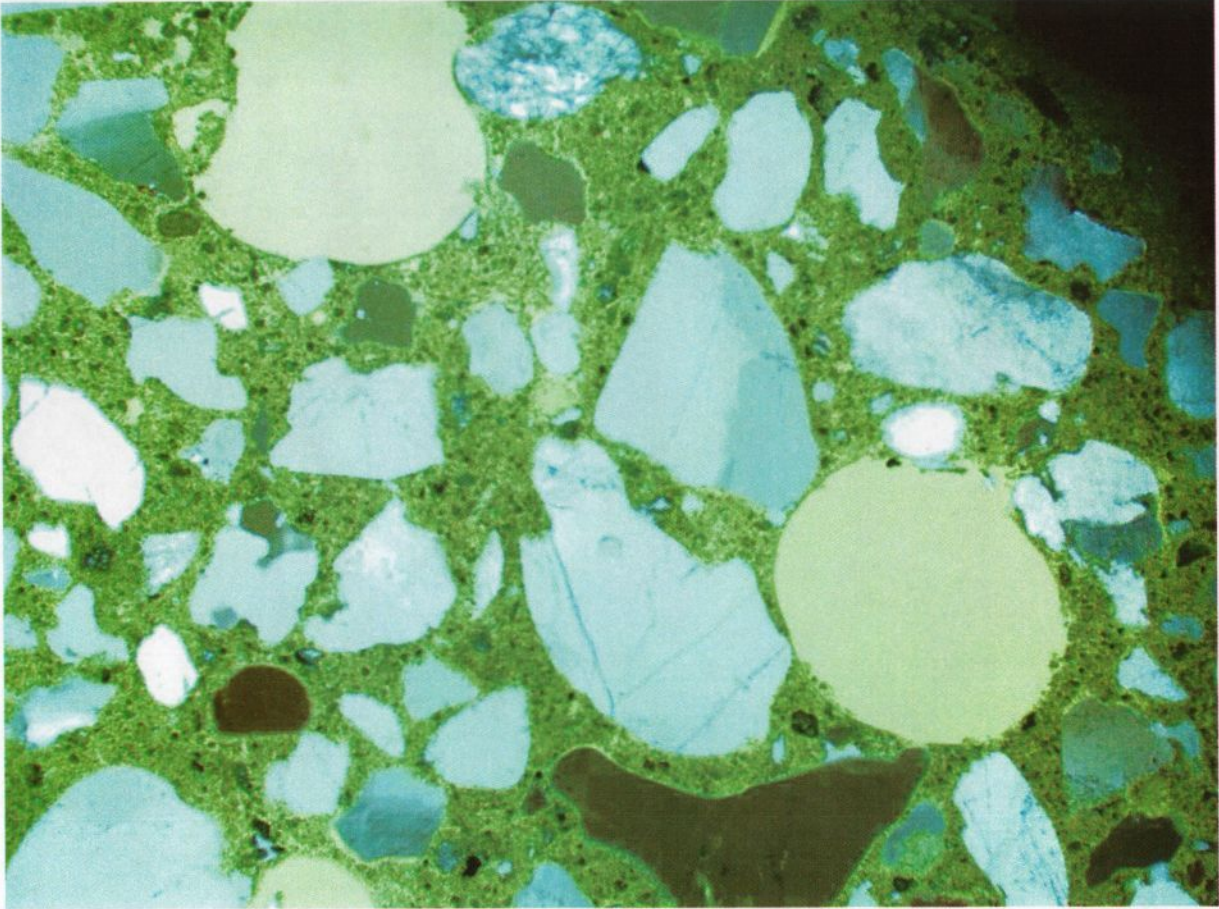


SERIE 2, prøve 2.1, 40x forstørrelse.

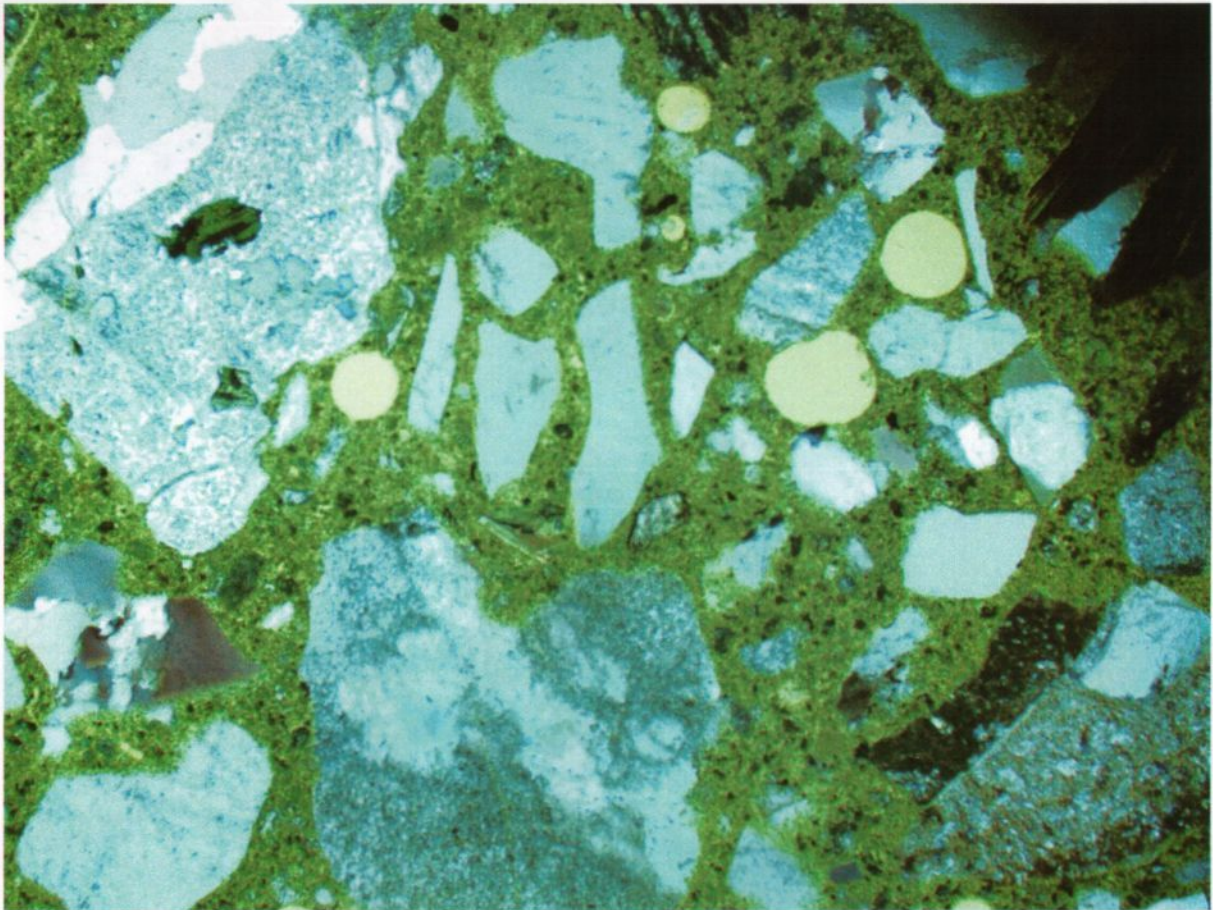


SERIE 3, prøve 3.1, 40x forstørrelse.

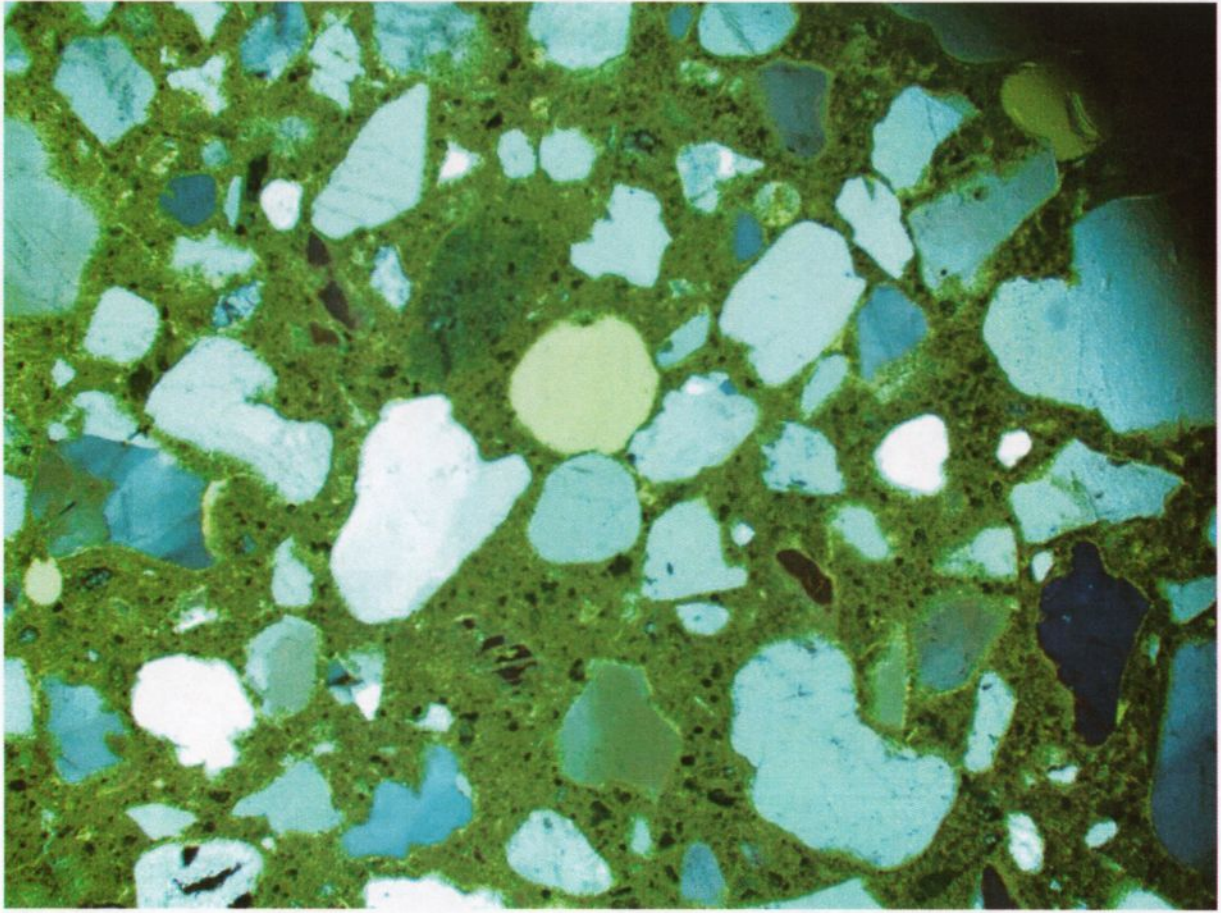




SERIE 4, prøve 4.1, 40 x forstørrelse. Store luftporer.



SERIE 5, prøve 5.1, 40x forstørrelse.



SERIE 6, prøve 6.2, 40x forstørrelse.

# NIKU MØRTELANALYSE - Tynnslipsanalyse

Prosjekt: 2086 Middelalder

NHL-mørtler

Prøve nr. 11

Lagnr. 11

Lokalisering:

Beskrivelse:

Oppr. merking

NIKU merking

Revner

Svært få.

Materialbortfall

Nei.

Utfelling

Nei.

Porestruktur

Velavrundede porer.

Tilslag

Velgradert. Noen få store tilslagskorn (0,5mm)

Mineralogi

Granitt.

Form

Angulær.

Gradert

Kommentar:

Lagtype:

fugemørtel

Lagtykkelse:

Antatt datering:

Oppdatert: 01.12.2006 10:00:35

	Antall	Andel
Tilslag/sand	418	47%
Bindemiddel(pasta)	328	37%
Luft mindre enn 0,3 mm	20	2%
Luft større enn 0,3 mm	24	3%
Rene kalkklumper	0	0%
Forurensede kalkklumper	1	0%
Klinker	0	0%
Annet	99	11%

SERIE 1

Konklusjon:

Alt bindemiddel er urent, men noen partier er svært urene (ca. en femtedel). God sammenkitting mellom tilslag og bindemiddel, og tilslaget er velgradert.

NIKU

# NIKU MØRTELANALYSE - Tynnslipsanalyse

Prosjekt: 2086 Middelalder

NHL-mørtler

Prøve nr. 21

Lagnr. 21

Lokalisering:

Beskrivelse:

Oppr. merking

NIKU merking

Revner

Nei

Materialbortfall

Nei

Utfelling

Nei

Porestruktur

Velavrundede porer, svært få.

Tilslag

Velgradert

Mineralogi

Granitt

Form

Angulær

Gradert

Kommentar:

Lagtype:

fugemørtel

Lagtykkelse:

Antatt datering:

Oppdatert:

	<b>Antall</b>	<b>Andel</b>
Tilslag/sand	302	48%
Bindemiddel(pasta)	314	50%
Luft mindre enn 0,3 mm	9	1%
Luft større enn 0,3 mm	4	1%
Rene kalkklumper	0	0%
Forurensede kalkklumper	0	0%
Klinker	0	0%
Annet	0	0%

SERIE 2

Konklusjon:

Jevnt forurenset (hydraulisk) bindemiddel. Lav luftandel. God sammenkitting mellom tilslag og bindemiddel, velgradert tilslag.

**NIKU**

# NIKU MØRTELANALYSE - Tynnslipsanalyse

Prosjekt: 2086 Middelalder

NHL-mørtler

Prøve nr. 31

Lagnr. 31

Lokalisering:

Beskrivelse:

Oppr. merking

NIKU merking

Revner

Nei

Materialbortfall

Nei

Utfelling

Nei

Porestruktur

Velavrundede

Tilslag

Mineralogi

Granitt

Form

Angulært

Gradert

Kommentar:

Lagtype:

fugemørtel

Lagtykkelse:

Antatt datering:

Oppdatert: 01.12.2006 10:01:54

## Antall Andel

Tilslag/sand	345	51%
Bindemiddel(pasta)	297	44%
Luft mindre enn 0,3 mm	14	2%
Luft større enn 0,3 mm	16	2%
Rene kalkklumper	0	0%
Forurensede kalkklumper	0	0%
Klinker	0	0%
Annet	0	0%

SERIE 3

Konklusjon:

Jevnt forurenset (hydraulisk) pasta. Porene er velavrundede. God sammenkitting.

NIKU

# NIKU MØRTELANALYSE - Tynnslipsanalyse

Prosjekt: 2086 Middelalder

NHL-mørtler

Prøve nr. 72

Lagnr. 72

Lokalisering:

Beskrivelse:

Oppr. merking

NIKU merking

Revner

Nei

Materialbortfall

Nei

Utfelling

Nei

Porestruktur

Velavrundede

Tilslag

Mineralogi

Granitt

Form Angulært

Gradert

Kommentar:

Lagtype:

fugemørtel

Lagtykkelse:

Antatt datering:

Oppdatert: 01.12.2006 10:02:17

	<b>Antall</b>	<b>Andel</b>
Tilslag/sand	342	52%
Bindemiddel(pasta)	276	42%
Luft mindre enn 0,3 mm	6	1%
Luft større enn 0,3 mm	37	6%
Rene kalkklumper	0	0%
Forurensede kalkklumper	0	0%
Klinker	0	0%
Annet	0	0%

SERIE 4

Konklusjon:

Jevnt forurenset pasta. Mange store luftporer. God sammenkitting.

**NIKU**

# NIKU MØRTELANALYSE - Tynnslipsanalyse

Prosjekt: 2086 Middelalder

NHL-mørtler

Prøve nr. 51

Lagnr. 51

Lokalisering:

Beskrivelse:  Oppr. merking  NIKU merking

Revner	Minimalt		
Materialbortfall	Nei		
Utfelling	Nei		
Porestruktur	Svært få velavrundede porer		
Tilslag	Vælgradert tilslag		
Mineralogi	Granitt	Form <input type="checkbox"/> Angulær	Gradert <input type="checkbox"/>
Kommentar:	<input type="text"/>		

Lagtype:  fugemørtel Lagtykkelse:  Antatt datering:  Oppdatert: 01.12.2006 10:00:55

	Antall	Andel
Tilslag/sand	529	61%
Bindemiddel(pasta)	325	37%
Luft mindre enn 0,3 mm	18	2%
Luft større enn 0,3 mm	2	0%
Rene kalkklumper	0	0%
Forurensede kalkklumper	0	0%
Klinker	0	0%
Annet	0	0%

SERIE 5

## Konklusjon:

Hydrauliske komponenter jevnt fordelt i bindemiddelet. God sammenkitting.

**NIKU**



# NIKU MØRTELANALYSE - Tynnslipsanalyse

Prosjekt: 2086 Middelalder

NHL-mørtler

Prøve nr. 62

Lagnr. 62

Lokalisering:

Beskrivelse:

Oppr. merking

NIKU merking

Revner

Nei

Materialbortfall

Nei

Utfelling

Nei

Porestruktur

Velavrundede

Tilslag

Mineralogi

Granitt

Form

Angulær

Gradert

Kommentar:

Lagtype:

fugemørtel

Lagtykkelse:

Antatt datering:

Oppdatert: 01.12.2006 10:02:40

	<b>Antall</b>	<b>Andel</b>
Tilslag/sand	378	56%
Bindemiddel(pasta)	274	40%
Luft mindre enn 0,3 mm	12	2%
Luft større enn 0,3 mm	15	2%
Rene kalkklumper	0	0%
Forurensede kalkklumper	0	0%
Klinker	0	0%
Annet	0	0%

SERIE 6

Konklusjon:

Jevnt forurenset (hydraulisk) pasta. God sammenkitting.

**NIKU**