

# Intern rapport

**Intern rapport  
nr. 1697**

**Høyfast lettbetong, erfaringer fra  
bruanlegg. Gjenganger-  
problemer på byggeplassen**



**Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet

**Juni 1994**

**Veglaboratoriet**

## Høyfast lettbetong, erfaringer fra bruanlegg. Gjenganger- problemer på byggeplassen

### Sammendrag

Rapporten inneholder Reidar Kompens innlegg om brubetong på Statens vegvesens interne kurs for kontrollingeniører og byggeledere på Scandic Hotel, Bergen 28. - 30. januar 1992. Innleggene omhandler:

- Høyfast lettbetong, erfaringer fra bruanlegg
- Gjengangerproblemer på byggeplassen

Emneord: *Brubetong, Lettbetong*

Seksjon: *45 Betong*  
Saksbehandler: *Reidar Kompen*  
Dato: *Juni 1994*

*/KØ*



KURS FOR KONTROLLINGENIØRER  
OG BYGGELEDERE  
DEL II

28.-30. januar 1992  
Scandic Hotel, Bergen

---

HØYFAST LETTBETONG  
ERFARINGER FRA BRUANLEGG

FORELESER:  
Siv. ing. Reidar Kompen,  
Veglaboratoriet

## HØYFAST LETTAGGREGATBETONG

De siste par årene har høyfast lettbetong fått stor anvendelse i brubygging. Både som følge av dette og den forskningen som har pågått, har det blitt publisert en god del informasjon om dette "nye" materialet.

Dette innlegget tar ikke sikte på å resymere det som er publisert, men å gi en del synspunkter og erfaringer fra bruken av høyfast betong.

### Lettaggregater og prosjekter

De produkter som til nå har vært aktuelle i Norge er:

- Liapor, produsert i Tyskland
- Høyfast Leca, produsert av Norsk Leca A/S

Begge produkter kan produseres i ulike densitetsklasser, og dermed med forskjellige egenfastheter. Liapor produseres f.eks. i variantene Liapor 6, Liapor 7 og Liapor 8. Norsk Leca A/S oppgir at høyfast Leca kan produseres i densitetstrinn på 50 kg/m<sup>3</sup> med toleranse  $\pm$  50 kg/m<sup>3</sup>. De kvalitetene som har blitt benyttet til nå er Liapor 8 og Leca med densitet 750  $\pm$  50 kg/m<sup>3</sup>.

Bruprosjekter med høyfast lettaggregat betong er:

PROSJEKT	FASTHETSKL.	LETTAGGR.	STARTES
Sandhornøya	LC55	Liapor	} fullført
Boknasundet	LC60	Liapor	
Bergsøysundet pontonger	LC55	Liapor	
Ny Sundbru, Eidsvoll	LC55	Leca	} under ut -førelse
Salhusbrua pontonger	LC55	Liapor	
Salhus skråkabelbru	LC55	Leca?	} ikke opp -startet
Støvseth	LC55	Leca?	
Ny Varoddbu (?)	?	Leca?	

### Hva er spesielt med lettaggregatbetong?

Alle de erfaringer en har med normalvekts høyfast betong gjelder også for høyfast lettbetong. I tillegg har en alle effektene av at lett-tilslaget suger til seg en betydelig del av vannet i betongen. Dette suget varer i prinsippet hele tiden fram til sementen starter å suge vann tilbake, pga. hydrasjon, dvs. til betongen størkner. Absorpsjonen av vann har innvirkning bl.a. på:

- konsistenstap
- masseforhold
- fasthet
- målt densitet
- volum
- plastisk setning

Det totale vanninnholdet i tilslaget kan være høyt, over 100 liter pr. m<sup>3</sup>. Til sammenligning vil vannet som inngår i sementlimet og som skal medregnes i det effektive masseforholdet være i størrelsesorden 155 kg/m<sup>3</sup>. I og med at vannabsorpsjonen i tilslaget øker med tid etter blanding, har en altså en betong som forandrer seg hele tiden. Mht. kontroll og dokumentasjon har en ikke bare problemet med målemetodenes egnethet og nøyaktighet, men i tillegg at måleresultatene vil variere med hvilket tidspunkt målingene utføres på. Kort sagt: Kontroll av lettaggregat betong er som å måle lengden av en meitemark med strikk.

Jo tørrere lett-tilslaget er i utgangspunktet, til større blir selvfølgelig mengde vann absorbert fra betongen. Også fuktig tilslag suger så mye vann at det totale fuktinnholdet i tilslaget i betong øker vesentlig med økt initiell fuktighet. En kunne tenke seg å vannmette tilslaget mer eller mindre fullstendig på forhånd for å unngå problemene med vannabsorpsjon fra betongen, men dette vil ha negativ innvirkning på densitet og fasthet. I Norge har en hittil valgt å utnytte fordelene som vannabsorpsjonen gir, framfor forenklingen som vannmetting av tilslaget gir.

For høyfast lettaggregatbetong er det et betydelig motsetningsforhold mellom støpelighet, dvs. mulighetene for å oppnå god utstøpning og densitet. I praksis må en finne et kompromiss mht. initiell fukt i lett-tilslaget, slik at både densitetskrav og brukstid (konsistenstap) kan tilfredsstilles med akseptabel margin.

Mht. spesifisering av densitetskrav tror jeg en må gå over til andre vurderinger enn det som gjøres idag. Det er vanskelig å tro at densiteten til fersk betong eller 28 døgn's vannlagrede terninger skal være avgjørende for en konstruksjons egenlast etter f.eks. 10 år.

## Brukerfaringer med høyfast lettaggregatbetong.

### Betongproduksjon

-----  
 Forfukting av lett-tilslaget i blandemaskinen ved tilstning av den vannmengden som antas eller "beregnes" absorbert av lett-tilslaget, synes å være en effektiv produksjonsmetode. En må sette av noe tid til forfuktingen, og mister dermed blandekapasitet. Videre må en "lure" blanderiets styringssystem til å ikke korrigere blandingen for fukt i lett-tilslaget.

### Utstøping

-----  
 Betongstøperene er generelt meget godt fornøyd med lettbetongen, fordi den er lett å arbeide med. Betongen krever imidlertid ekstra kraftig og tett vibrering. Erfarne betongstøpere feilbedømmer lett vibreringsbehovet. En trenger flere vibratorer i drift enn ved normalvekts betong. Risikoen for overvibrering av betongen slik at lett-tilslaget blir overrepresentert i toppen, er betydelig overdrevet. Separasjon som skjer under plassering av betongen har en vanskelig for å bøte på ved vibrering.

### Pussing

-----  
 Lettaggregat betongen er nærmest umulig å pusse. En kan klappe den rimelig lett i overflaten, men en greier ikke å trekke opp finstoffet med vanlig pussebrett. Dette har selvsagt konsekvenser for utseendet/strukturen til ikke-forskalede flater.

### Glidestøping

-----  
 Erfaringen fra pontongene til Bergsøysundet tyder ikke på at dette er noen enkel hverdagsaffære.

### Herdnetemperatur

-----  
 Betongtemperaturen under herdning går vesentlig høyere enn for normaldensitets betong. Dette skyldes lavere varmekapasitet pr. volumenhet og lavere ledningsevne. Den adiabatisk temperaturutviklingen blir 15-20% høyere, men for normale betongtverrsnitt vil forskjellen i temperaturstigning gjerne bli enda større. Hittil er det intet som tyder på at betongen tar skade av dette. Høyere herdnetemperatur gir raskere fasthetsutvikling.

### Trykkfasthet

-----  
 Fasthetsklasse LC55 kan oppnås med rimelig god kontroll. Med eksepsjonell kontroll og "presset" betongresept kan LC65 oppnås. Fasthetsprøving krever stor nøyaktighet. Prøveterninger må utstøpes i stålform på vibrobord.

### Fasthet kontra densitet

-----  
 Jeg kan ikke forestå at betong som oppfyller de relasjoner mellom fasthet og densitet som forskningsmiljøene oppgir, kan være brukbare i praksis. I henhold til de densitetsdefinisjoner som idag benyttes, skal en tøye gresene kraftig for å oppnå LC55 med densitet under 1930 kg/m<sup>3</sup>.

### Leca kontra Liapor

-----  
 Da høyfast lettbetong lå i startgropa, pådro Leca seg et mindreverdighetsstempel i forhold til Liapor. Det er slett ikke sikkert at dette stempelet er berettiget lenger. Det synes som om Leca kan gi lavere densitet for LC55 enn Liapor. Erfaringene med Leca fra Sundbrua på Eidsvoll synes å være meget positive. Dette skal både tilslagsprodusenten og betongleverandøren ha æren for.

### KONKLUSJONER

Høyfast letttaggregatbetong er et meget brukbart byggmateriale, som burde ha fått anledning til en "normal" utvikling og erfaringsoppbygging. I likhet med annen høyfast betong ble den "bråvoksen".

Det trengs videre utviklingsarbeid med:

1. Definisjoner og begrep
2. Prøvings- og kontrollmetoder
3. Dokumentasjon av langtids-densitet
4. Komprimerbarhet og komprimeringsutstyr
5. Fuktmeknikken for utendørs konstruksjoner



KURS FOR KONTROLLINGENIØRER  
OG BYGGELEDERE  
DEL II

28.-30. januar 1992  
Scandic Hotel, Bergen

---

GJENGANGERPROBLEMER  
PÅ BYGGEPLASSEN

FORELESER:  
Siv. ing. Reidar Kompen,  
Veglaboratoriet



## HAR VI NOEN GJENGANGERPROBLEMER?

Om vi har noen gjengangerproblemer innen bygging med betong, kan dette skyldes at

- a) problemene er nærmest uløselige.
- b) problemene er så trivielle at ingen ønsker å løse dem.
- c) en ønsker ikke å legalisere problemene ved å erkjenne deres eksistens.

Uansett årsak trenger de som arbeider i felten og har ansvar for kvalitet, konkrete holdepunkter og helst prosedyrer for hvordan problemene skal unngås eller løses. I det etterfølgende vil en del typiske gjengangerproblemer bli belyst:

- utsparinger, gjenstøping
- tetting av riss
- for liten overdekning
- reparasjon av støpesår, staghull og støpeskjøter

De fleste av disse problemene angår betongoverflatenes beskaffenhet. Vurdering av om utbedring skal foretas og hvordan den skal gjøres må bygge på betraktninger om

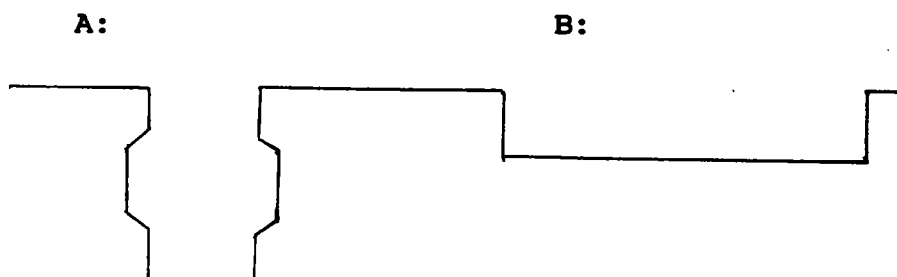
1. holdbarhet
2. estetikk

I praksis forekommer en mengde varianter av de problemene som er nevnt. Idet etterfølgende er kun stiliserte situasjoner vist. Løsningene må derfor ofte tilpasses de konkrete situasjonene.

## 1. GJENSTØPNING AV UTSPARINGER

Gjenstøping kan som regel kun utføres ved plussgrader.

### 1.1 Utsparinger i dekker



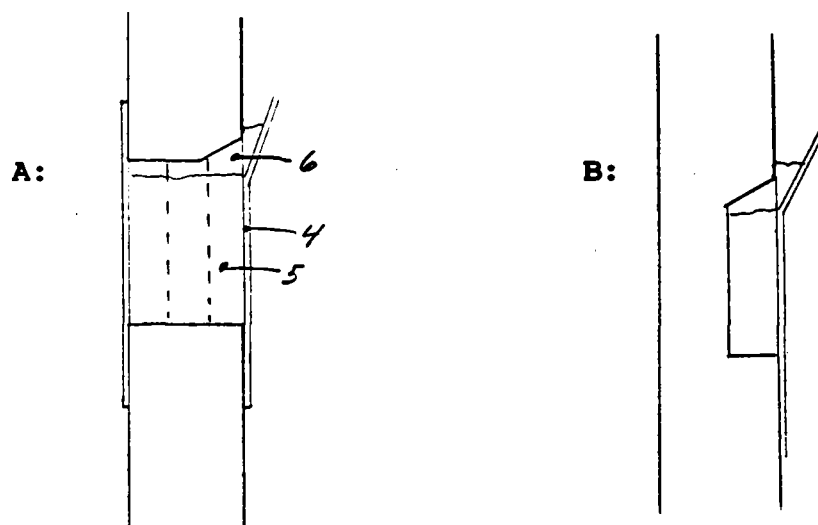
A) Gjennomgående utsparinger bør utføres med fortanning.

B) Ikke-gjennomgående utsparing

#### Arbeidsoperasjoner:

1. Utsparingens overflate rengjøres
2. Eventuell utstikkende armering bøyes på plass.
3. De vertikale flatene i utsparingen, evt. bare de øverste 8 cm påføres egnet epoxylim. NB! Betongoverflaten må være tørr ved påføring av epoxy.
4. Betong fylles i utsparingen og komprimeres ved vibrering eller ved staking (trange utsparinger). Betongen grovavtrekkes. Etter ca. 1 time revibreres betongen og overflaten pusses. Pussebrettet skal trekkes fra fersk betong mot herdnet betong, ikke omvendt.
5. Den ferske betongen påsprøytes membranherdner, evt. vannes, og beskyttes mot uttørking, frost og temperatursvingninger inntil den er herdnet.

## 1.2 Utsparinger i vegger, skivesøyler etc.



- A) Gjennomgående utsparinger bør ha fortanning på sideflatene og skrå avslutning i overkant.
- B) Ikke-gjennomgående utsparinger bør ha skrå avslutning i overkant.

### Arbeidsoperasjoner:

1. Utsparingens overflate rengjøres.
2. Eventuell utstikkende armering bøyes på plass
3. Utsparingens overflater, evt. bare en 8 cm stripe nærmest betongoverflate, påføres egnet epoxylim.
4. Forhåndstilpasset forskaling monteres og strammes inntill.
5. Betong fylles i til 2-5 cm under øk utsparing og komprimeres ved vibrering.
6. Etter ca. 1 times venting revibreres betongen. Ekspanderende mørtel med flytende konsistens fylles i det gjenstående volumet.
7. Forskalingen bør bli stående i 3 døgn.
8. Etter riving av forskaling meisles utstikkende mørtel bort, og såret utbedres som mindre støpesår.
9. Membranherdneren påføres.

### 1.3 Kommentarer vedr. gjenstøpning

Årsaken til at gjenstøping av utsparinger ofte blir utett og dårlig er at tilrigging med vibrator osv. tar uforholdsmessig lang tid i forhold til å fylle utsparingen, og at slike arbeider oftest kommer i en tid med tidpress og masse småarbeider. Fokusering av gjenstøpingsarbeidene ved utarbeidelse av prosedyrer for utførelse og kontroll kan bedre situasjonen.

Det kan benyttes ordinær betong eller ferdigmørtel som iblandes finpukk/havesingel på stedet.

Herdetiltak glemmes ofte bort, men er av spesiell viktighet.

En kan ikke regne med å få nøyaktig samme farge på gjenstøpningsmassen og omliggende betongflate. Fargetonen påvirkes bl.a. av forskalings huden og temperaturer under herdning.

## 2. TETTING AV RISS

Rissinjeksjon er et spesialområde som amatørhåndverkere ikke skal begi seg inn på. Ved engasjement av spesialfirma bør en legge mer vekt på referanser, troverdighet og allsidighet innen lekkasjetetting, enn på pris. Mislykkede forsøk kan gjøre situasjonen mye vanskeligere for nestemann som skal prøve seg.

Rissårsaken bør klarlegges med så stor sikkerhet at en kan bedømme om risset er fast eller bevegelig. Bevegelige riss er meget vanskelige å reparere, og omhandles ikke her.

### 2.1 Pensling av riss med epoxy

Dette er en enkel og billig metode som en kan gjøre selv, men kun på horisontale flater (ok dekker). Tre forutsetninger må være tilstede for at penslingen skal bli vellykket:

1. Betongen og epoxyen må ha rimelig høy temperatur, 15°C er absolutt minimum.
2. Risset må være rent for støv og skitt. Rengjøring utføres med trykkluftpistol.
3. Risset må være tørt

Det beste "penslingsproduktet" idag synes å være Rescon BI-IMP, som leveres på "Ketchupflaske" som er meget praktisk å benytte.

Rissfyllingen kan/bør kontrolleres ved kjerneborring. Når forutsetningene for fylling har vært til stede har riss i ca. 8 cm dybde vist seg å bli fullstendig fylt.

Epoxy suges inn i risset etterhvert. En må arbeide med et begrenset antall riss om gangen, og fylle disse om igjen 3-4 ganger eller flere, til innsugingen stopper. Søl av epoxy på dekket vil det alltid bli, og dette kan om nødvendig avstrøs med tørr, støvfri sand for å unngå heftreduksjon.

## 2.2 Trykkinjisering

Dette er et spesialarbeid hvor det benyttes en rekke varianter av utstyr og materialer. De som arbeider med slike oppgaver til daglig vet best hva som er gunstige valg.

For å få lettflytende epoxy inn i risset trengs det en rissåpning på ca 0,25 mm. Det hjelper lite å benytte høyere trykk for å få injeksjonen igang. Når en først har oppnådd inntrengning av epoxyen, oppnås det inntrengning i riss ned til ca 0,05 mm.

Vanlig porosedyre for rissinjiseringsprosedyre er:

1. Montering av injeksjonsnipler eller boring inn i risset for plassering av "pakkere".
2. Forsegling av risset på begge sider (fremside og bakside, overside og underside) med hurtigherdnende semetmørtel eller epoxyparkel.
3. Injisering
4. Fjerning av rissforseglingen, hvis nødvendig av estetiske årsaker.

Avstanden mellom nipler/pakkere må tilpasses avhengig av bl.a. betongverrsnittets tykkelse. En tommelfingerregel er at avstanden skal være omtrent lik betongtykkelsen.

### 3. FOR LITEN OVERDEKNING

Vi frykter at dette fenomenet er mer utbredt enn vi tror. En skal imidlertid være klar over at det finnes mange eksempler på at covermetre har underestimert overdekningen, spesielt der det er tett armering.

Selv om overdekningen er liten, er den og selve sement huden av stor betydning. Den må gis best mulige herdebetingelser, og forsterkes i nødvendig grad. Det uheldigste en kan gjøre er å meisle bort den overdekningen en har.

Det finnes lite av reel kunnskap om hva som er "god" forsterkning av overdekningen. Det kan stilles en del spørsmålstegn ved den "dokumentasjonen" som tilbys. Det er høyst trolig forskjell mellom de påføringsforhold en har i laboratoriet og ute på en konstruksjon.

Materialer til overflatebehandling kan inndeles i:

1. Ikke-filmdannende impregneringer, bl.a.
  - silaner/siloxaner
  - silikater
  - fluorider
2. Diffusjonsåpne, sementbaserte sleminger
  - latex utgjør en viktig, kanskje avgjørende ingrediens.
3. Malinger, filmdannende belegg

### 4. FLIKKING AV STØPESÅR, STØPESKJØTER OG STAGHULL

Flikking kan kun utføres med tilfredsstillende resultat når det er plussgrader i betong og luft. Det finnes riktignok mørtel som herdner ved minusgrader, med av hensyn til heftefastheten bør temperaturen være over +5°C.

Selv om flikk kan sees på som et bevis på at utstøpningen ikke har vært 100% vellykket, er det realistisk å regne med noe flikking. Bl.a. er det meget vanskelig å unngå lekkasje av sementlim i støpeskjøter. Bruk av tetningslister bør vurderes.

Krav til flikk:

1. Beskyttelse av armeringen
  - heft til underlaget
  - tetthet av rep. mørtelen

## 2. Evt. lastbærende

- heft til underlaget
- styrke av rep. mørtelen
- stivhet, E-modul for rep. mørtelen

## 3. Utseende, estetikk

- farge, gråtone
- overflatestruktur
- ryddig og ærlig utseende

## 4. Jevn overflate

- kfr. toleransekrav

Alle sementbundne materialer, også rep. mørtlene har uttørkningssvinn. Selv om en oppnår god heft er det likevel et problem å unngå opprissing av rep. mørtelen. Mht. estetikk viser flikk nesten alltid mørkere farge enn omgivende betong.

Arbeidsoperasjonene ved flikking er:

1. Forbehandle underlaget
2. Påføre heftbro og rep. mørtel
3. Herdetiltak

Forbehandling av underlaget:

1. Meisle ut steinreir og porøs betong inn til tett/kompakt betong.
2. Meisle klar avgrensning av såret slik at en unngår utlegging av mørtelen til null, Kfr. Fig. 1.
3. Detaljrengjør såret, fjern løse biter med håndmeisling eller nålepistol. Evt. fjerne støv med trykkluft eller støvsuger.

Klar avgrensning, dybde  $\approx 2 \times D_0$ , for mørtelen



Fig. 1.

## Materialalternativer:

- 
1. Heftbro, lim mot underlaget
    - 1.1 Epoxylim (Rescon L og LR, Betokem P-1 og P-1L, Sikadur 32, samt flere.
    - 1.2 Latex (Rescon SB-latex, Betokem LX-A, Sika Latex, Sikacem 830 og 810).
    - 1.3 Vann, hvis latexen i rep. mørtelen forutsetter dette.
  
  2. Flickmørtler
    - 2.1 Vanlig 1:3 mørtel, blande selv eller ferdig i sekk
    - 2.2 Spesialmørtler

Navn	$D_{max}$ , mm	MPa
Rescon Confix	4	70
Confx m/fiber (18 mm stål)	4	64
Fixofin	0,5	44
Betokem Rep	2	43
Rep 45 m/plastfiber	2	40
Rep 65 m/plastfiber	2	59

- 2.3 Sprøytebetong  
Det finnes små tørrsprøytepumper som er meget aktuelle.

HERDETILTAK blir ofte forsømt, men er ytterst betydningsfulle. Alternativer:

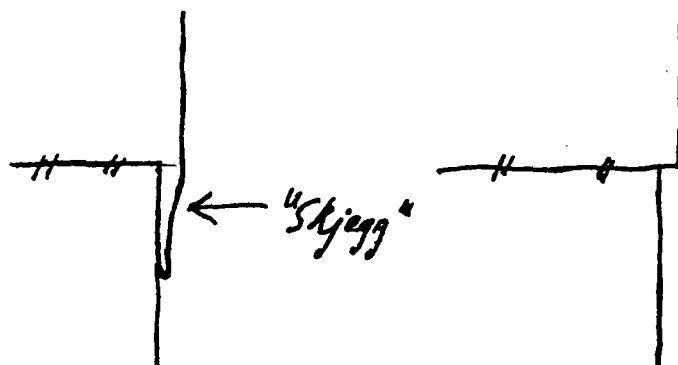
- membranherdner
- tape fast plastfolie (NB! vær og vind)
- membranherdner + vanning

FARGEJEVNHET oppnås vanligvis ikke med mindre en prøver seg fram med blanding av grå og hvit sement (fargekart).

JEVNHET I OVERFLATESTRUKTUR er vanskelig å oppnå 100%. Ganske god tilnærming kan oppnås ved å legge en bit av opprinnelig forskalingshud (trebord eller finér) mot rep. mørtelen mens den er fersk, og banke inn strukturen med hammer.



SPRANG I OVERFLATEN oppstår lett i støpeskjøter. Prøv ikke å jevne ut spranget på synlige, "ubehandlede" overflater. Ta bort "skjegget", la det være sprang og lag et rett og skarpt sprang. Kfr. Fig. 2.



Før flikking

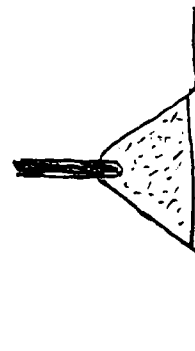
Etter flikking

Fig. 2. Flikk av støpeskjøt

STAGHULL bør fortrinnsvis tettes med plastpropper dersom tetting er nødvendig. Plastproppene gir "Ærligst" inntrykk. Det finnes plastpropper beregnet for å gi vanntetting.

Flikk etter stag som brekkes av (bl.a. Malthus stag):

1. Fukt hullene med vann
2. Legg i Rescon Fixofin eller Betokem Rep. med murerkje, eller "plombør" med kosteskift. Unngå å gni rep. mørtelen utover.
3. Membranherdner.



SMÅ STØPESÅR, opp til 30-40 cm utstrekning.

1. Meisle bort steinreir og porøs betong, meisle skarpe avgrensninger, detaljrengjør.
2. Reparasjonsmateriale velges avhengig av klimaet.
  - 2.1 Heftbro innlandsklima : latex  
Heftbro kystklima : epoxylim
  - 2.2 Rep. mørtel Rescon Confix eller Betokem Rep. 45/65.
3. Herdnetiltak innlandsklima : membranherdner  
kystklima : membranherdner + vanning (ferskvann)

STORE STØPESÅR OG LASTBÆRENDE REPARASJONER utbedres tilsvarende som små støpesår. Ved bruk av epoxylim bør en imidlertid ta hensyn til at dette er diffusjonstett. Limet bør derfor påføres kun på striper, med bredde 8-10 cm.

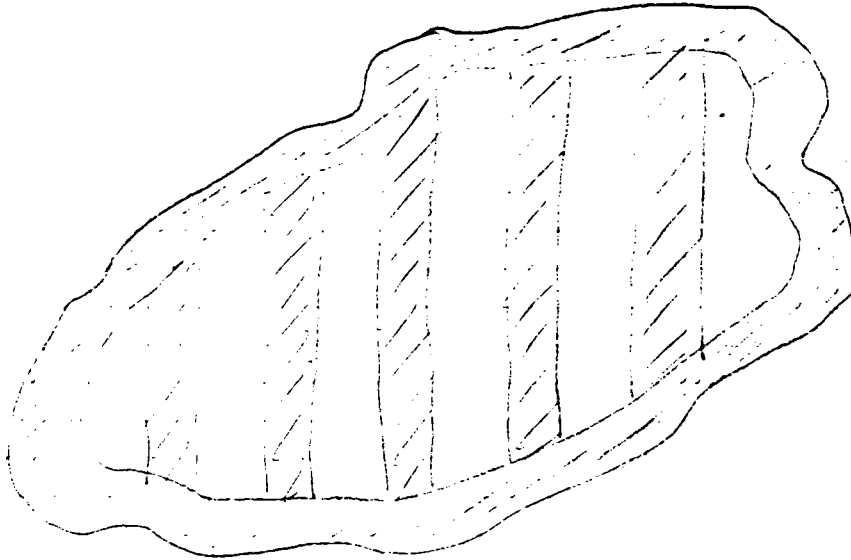


Fig. 3. Påføring av epoxylim i store støpesår