

## **LETTKLINKER OG SKUMGLASS I MIDLERTIDIG VEGFYLLING FOR E6 STEINKJER – JORDARMERT FYLLING MED LETTKLINKER**

### **LWA and foam glass in a temporary road fill for E6 Steinkjer – Reinforced fill with LWA**

Forsker Even Øiseth, SINTEF Bygg og miljøteknikk  
Senioringeniør Roald Aabøe, Statens vegvesen, Vegdirektoratet

### **SAMMENDRAG**

I forbindelse med bygging av ny tunnel for E6 ved Steinkjer er eksisterende veg lagt på en ca 200 m lang midlertidig fylling. Fyllingen ligger over en vegkulvert i forbindelse med en tunnel som bygges, og vil bli fjernet etter ca 1,5 år. Øvre del av fyllingen består av lette masser for å begrense vekten over den støpte kulverten. Ca 130 m av fyllingen er bygd med lettklinker i kombinasjon med jordarmering, mens ca 30 m er bygd med skumglass. Fylling med lette masser er 6 meter høy inkludert vegoverbygning. Som jordarmering ble det benyttet en høystyrke polyesterduk som ble brettet opp rundt massene og forankret i ovenforliggende lag.

### **SUMMARY**

A 200 m long temporary road fill is constructed above a concrete road tunnel. The temporary road is going to be removed after 1.5 years. The upper part of the fill is built with light weight materials to reduce the weight on the concrete tunnel. Approximately 130 m of this fill is built with LWA combined with geosynthetic soil reinforcement and approximately 30 m with foam glass aggregate. The light weight fill is 6 m high including pavement. A high strength polyester geotextile is used as reinforcement combined with a wrap-around solution as facing.

## **1. INNLEDNING**

Fyllingen ble først prosjektert med Skumglass (Hasopor Lett). Skumglass er stabilt nok til å stå uten sidestøtte i fyllingen. Entreprenøren foreslo imidlertid å benytte lettklinker (Leca) stabilisert med jordarmering mot kantene. Byggherren valgte å benytte en kombinasjon av begge løsningene, og har fulgt opp fyllingene under bygging. Det er blant annet utført densitetsmålinger i løs og komprimert tilstand, samt bestemmelse av fuktinnhold. Denne artikkelen beskriver først og fremst en del forhold omkring bygging av den jordarmerte lettklinkerfyllingen, men det er også gitt noen sammenlignbare opplysninger for fyllingen

med skumglass. Det er ikke gitt noen vurdering av hvilken metode som er ”best”, men en konklusjon er at begge fyllingene fungerer som forutsatt.

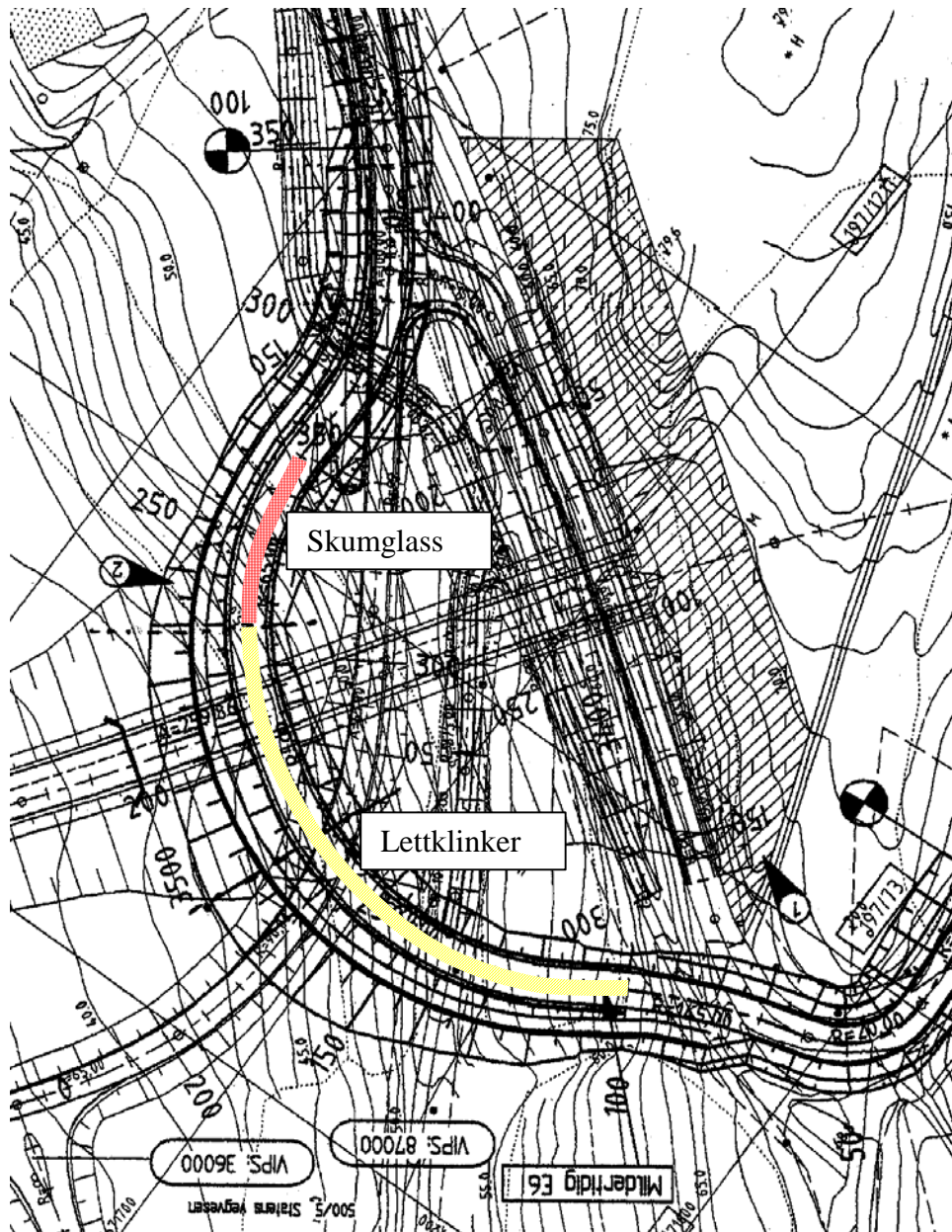


**Figur 1: Modell av fylling**

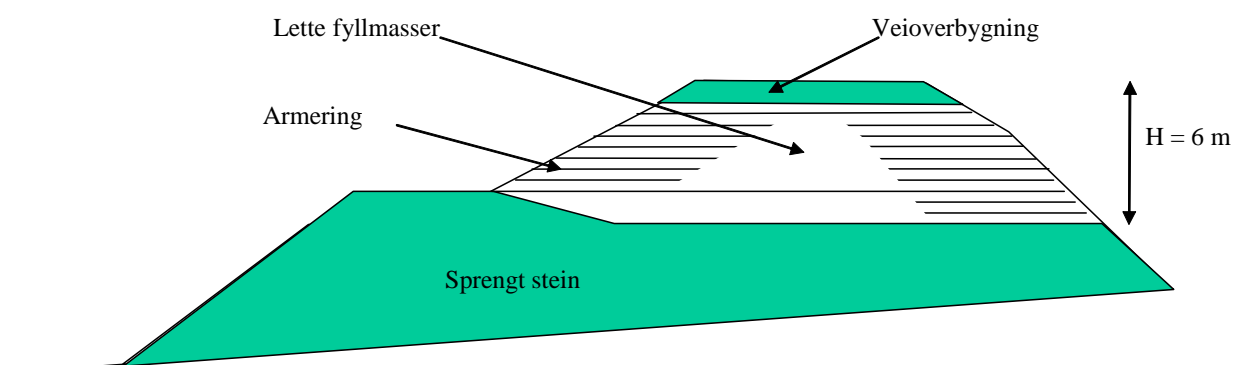
## 2. FYLLINGEN

Den aktuelle vegfyllingen er ca 200 m lang hvorav ca 130 m ble bygd med lettklinker i kombinasjon med jordarmering og ca 30 m med skumglass. Fyllingen går over den nye tunnelportalen av betong. På sidene av kulverten er det fylt med konvensjonelle masser som er avsluttet mot sidene med en bratt ordnet steinfylling. Den lette fyllingen er bygd opp fra et nytt plan som ligger noe ovenfor topp av tunnelen (omtrent i høyde med gangveien). Figur 1 viser en modell av den midlertidige fyllingen og tunnelportalen. Figur 2 viser kartskisse hvor det er markert inn hvor det ligger lettklinker og skumglass. Som figurene viser ligger det en gangveg utenfor den lette fyllingen.

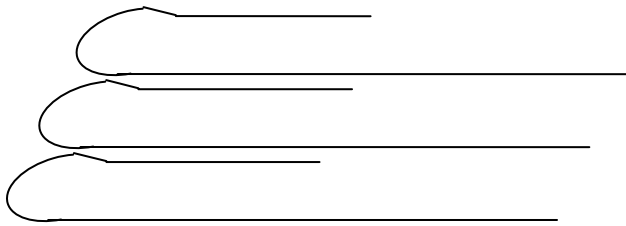
Nederste 4 meter av lettfylling har skråningshelning 1:1, mens øvre 2 m av lettfyllingen har skråningshelning 1:1,25. Det er frem til nå ikke registrert problemer av noe slag for noen av løsningene. Figur 3 viser et tverrsnitt med oppbygging av den jordarmerte delen av fyllingen med lettklinker.



**Figur 2: Kart og planskisse av fylling**



**Figur 3 Tverrsnitt av jordarmert del av fyllingen**



**Figur 4: "Wrap-around" - oppbrettsløsning**

lettklinkeren. Den løse lettklinkeren vil gi hver oppbrett fasong som en pølse langsetter skråningen (Figur 5). Det er vanskelig å få en helt jevn fasong med denne løsningen i kombinasjon med lettklinker, men for en midlertidig konstruksjon er løsningen grei.

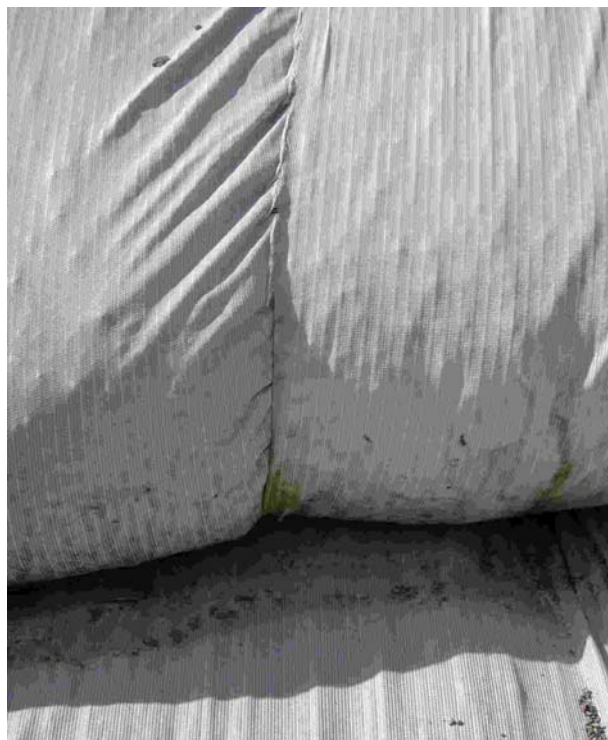
Det er viktig at det er tilstrekkelig overlapp i skjøten mellom hver armeringsbit som legges for å sikre at lettklinkeren ikke kan rase ut (Figur 6). Beskrevet minste overlapp er 30 cm.

### 3. DIMENSJONERING AV ARMERING

Med lette fyllmasser er det ikke behov for veldig stor styrke i armeringen som benyttes. Armeringen som er benyttet har en korttids strekkstyrke omkring 70 kPa i begge retninger, og dette er den rimeligste kvaliteten som leveres av strikkede eller vevde høystyrke armeringsduker. Normalt vil det være påkrevd at en slik armering uten spesialbehandling tildekkes for å hindre nedbryting av sollys/UV-stråler etc. Da det er snakk om en midlertidig fylling har vi imidlertid kommet fram til at dette ikke var nødvendig.

Nødvendig armeringslengder er noe større en det som er vanlig for fyllinger med konvensjonelle masser. Dette skyldes i stor grad at en fylling med lettklinker blir veldig sensitiv for nyttelast som virker bakenfor armeringen. Friksjonskapasitet langs med armeringen blir lav som følge av et lavt spenningsnivå, noe som krever større armeringslengde for å oppnå tilstrekkelig kapasitet.

Fronten på den jordarmerte fyllingen er en oppbrettsløsning hvor armeringen brettes opp foran fronten og forankres inn i laget ovenfor (en såkalt wrap-around løsning som skissert på Figur 4). For at lettklinker ikke skal forsvinne ut gjennom hull i armeringen, er det påkrevd at det benyttes en armeringsduk istedenfor nett. Denne løsningen gir den nødvendige sidestøtte for



**Figur 5: En oppbrettsløsning i front gir hvert lag en "pøsefasong".**



#### 4. ANLEGGSTEKNISKE FORHOLD

Det er lite erfaring med å kombinere lette masser og jordarmering. Entreprenøren måtte derfor tilegne seg erfaring og finne egnede arbeidsmetoder underveis. En utfordring var forankring av oppbrett med den valgte frontløsningen. Duken må holdes stram inntil det er lagt litt masser over oppbrett. Det er derfor nødvendig at det er noe ekstra lengde i forhold til teoretisk lengde for å ha noe ”å holde i”, samt for å få tilstrekkelig forankring med relativt lite masser over. En gravemaskin kjørte langs med kanten på det nyutlagte laget med lettklinker og fylte litt lettklinker over den oppbrettede duken. Et lite press nedover med skuffen ble benyttet for å fylle hele oppbretten med lettklinker. Dette sikrer at det ikke blir hulrom som lettklinkeren kan fordele seg inn i senere, samtidig som det gir en jevnere og penere front. Det som kan være litt vanskelig for gravemaskinsjåføren å innse er at det faktisk er mer stabilt å kjøre så nære kanten at maskinen kjører over armeringen på laget under, enn om den kjører rett bakenfor dette laget. Kjøring over armeringen gir økt kapasitet for armeringen med hensyn på friksjon. Kjøring bakenfor armeringen gir kun økt last som skyver den armerte sonen utover, samtidig som kapasiteten er relativt liten pga. lavt spenningsnivå.

Sjåføren klarte raskt å finne en god arbeidsmåte og de fikk en god framdrift, men forbruk av armering kan ha blitt noe høyere enn først antatt.

Det er også et poeng at komprimeringen ble større enn forutsatt. Materialet ble lagt ut i lag på 0,5 m mellom hver komprimering. I tillegg ble materialet trafikkert med lastebil, bulldoser og gravemaskin ved utlegging av neste lag og armering. Dette gir nedknusing av materialet og en større komprimering enn forutsatt. For senere prosjekter bør det vurderes å utføre komprimering bare for hvert andre lag, eventuelt kombinert med en lett komprimering i den armerte sonen på hvert lag. I tillegg bør en forsøke å begrense trafikkering som gir nedknusing av materialet.



**Figur 6: Gravemaskin legger masse over oppbrettet armering og planerer for neste armeringslag.**



**Figur 7: Komprimering**

## 5. OPPFØLGING

### 5.1 Densitet og vanninnhold

Det ble tatt opp prøver av fyllingen for minst hvert andre lag (hver meter) ved at et stålrør ble presset ned og prøven inne i røret ble tatt opp. En spesialkonstruert støvsuger ble benyttet for å få opp hele prøven (Figur 6).

Prøvene som er tatt fra dette prosjektet viser noe variasjon både når det gjelder densitet og vanninnhold. Gjennomsnittlig løs densitet for prøver fra lastebil var omkring  $3,3 \text{ kN/m}^3$  (ca  $330 \text{ kg/m}^3$ ) og komprimert i fylling ca  $4,1 \text{ kN/m}^3$  (ca  $410 \text{ kg/m}^3$ ). Det var stor variasjon i vanninnhold for levert lettklinker. En stor del av partiet hadde vanninnhold mellom 5 og 10 % (vekt). Siste del, som ble levert et par uker senere, hadde imidlertid vesentlig høyere vanninnhold med gjennomsnitt omkring 25% (vekt). Dette gav også utslag for vanninnhold for prøver tatt fra fyllingen. Gjennomsnittlig vanninnhold var ca 15 % (vekt) i komprimert fylling.



**Figur 8: Prøvetaking av utlagt, komprimerte materiale.**

Fyllingene ble komprimert ved at en beltegående bulldoser kjørte over fyllingen. I tillegg ble det en del trafikk på fyllingen med både lastebil og gravemaskin ved utlegging av massene og bygging av den jordarmerte konstruksjonen. Dette gav en større komprimering av fyllingen enn det som blir benyttet når lettklinkeren kan legges ut i ett lag eller ved blåsing, og det ble registrert betydelig nedknusing av lettklinkeren i overflaten. Forskjell i målt densitet gir en komprimeringsgrad omkring 1,25 (utlagt volum/komprimert volum), mens for eksempel innblåsing av Lettklinker normalt ikke gir mer enn 1,1 i komprimeringsgrad.

## 6. ANDRE VURDERINGER

### 6.1 Dimensjonerende vekt av lette masser

I Statens vegvesens Håndbok 018 angis dimensjonerende densitet for lettklinker å være  $6 \text{ kN/m}^3$  (ca  $600 \text{ kg/m}^3$ ). Etter hva jeg kjenner til er dette foreslått redusert noe i nye 018. Målt densitet for denne fyllingen etter komprimering ( $= 4,1 \text{ kN/m}^3$ ) er vesentlig lavere enn anbefalt dimensjonerende densitet i Håndbok 018. Dette til tross for en vesentlig større komprimering enn normalt. Avviket skyldes blant annet at vanninnholdet er lavere enn det som er forutsatt for den dimensjonerende verdien, men også at den kvaliteten som leveres nå er lettere enn for en del år tilbake. Gjennomsnittlig vanninnhold i eldre fyllinger som tidligere er undersøkt er ca 25 % (vekt), men det er målt enkeltverdier på over 45 % (vekt).

Det at fyllingen er lettere enn det som blir forutsatt ved dimensjonering er normalt ikke noe problem og gir som oftest større sikkerhet og evt. mindre setninger enn det som er forutsatt. Når det regnes med armert jord, må man imidlertid være klar over at en lettere fylling som gir et lavere spenningsnivå ved armeringen, vil redusere skjærkapasiteten mellom armering og jord/lettklinker. Dette kan gi behov for større armeringslengder avhengig av hvordan lasten angriper. Ved dimensjonering av lette jordarmerte konstruksjoner må det tas hensyn til dette, samt at konstruksjonen er mer følsom for endringer i lastforutsetningene.

## **6.2 Sammenligning med skumglassfyllingen**

Skumglassfyllingen er mye mindre enn lettklinkerfyllingen i utstrekning, men er for øvrig ganske lik. Fyllingen ble bygd uten armering, og hvert lag var noe tykkere før det ble utført en relativt lett komprimering. Komprimert densitet var omkring  $3,5 \text{ kN/m}^3$  med vanninnhold mellom 15 og 20 % (vekt). I forhold til løs densitet på ca  $2,75 \text{ kN/m}^3$  gir også dette en komprimeringsgrad på ca 1,25.

Fylling med skumglass gir her ca 85 % av vekten for fylling med lettklinker. Det bør imidlertid være mulig å legge ut lettklinkeren med mindre komprimering ved å redusere trafikk som medfører nedknusing. For permanente fyllinger vil også vanninnhold etter lang tid være av stor betydning for densiteten.

## **6.3 Andre frontløsninger**

Konstruksjoner med kombinasjon av lettklinker og armering vil sannsynligvis være vesentlig enklere å bygge med andre frontløsninger hvor en kan fylle lettklinker inn mot en stabil front. En alternativ utførelse med oppbrettsløsning kan være å benytte en forskaling i front som flyttes med oppover i fyllingen etter hvert. For permanente konstruksjoner må mange av produktene på markedet tildekkes for å begrense nedbrytning av materialet som følge av UV-stråling.

## **7. KONKLUSJONER**

Prosjektet viser at lettklinker kan kombineres med jordarmering for å lage bratte skråninger eller støttekonstruksjoner. En oppbrettsløsning er et godt alternativ for midlertidige konstruksjoner. For permanente konstruksjoner kan andre frontløsninger være bedre egnet. Ved dimensjonering er det viktig at alle mulige lasttilfeller vurderes. Nødvendig armeringslengde varierer mer med lastenes angrepspunkt og størrelse, enn hva som er tilfelle ved bruk av konvensjonelle masser.