



Statens vegvesen

Nasjonalbergarten larvikitt Ny E18 ved Farriseidet på hvelvbru og tørrmurer

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2536



Dato: 2008-09-26



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2536

Tittel

**Nasjonalbergarten larvikitt
Ny E18 ved Farriseidet på hvelvbru og tørrmurer**

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

En tverrfaglig gruppe på teknologiavdelingen

Dato:

2008-09-26

Saksbehandler

Elisabeth Gundersen

Prosjektnr:

Kontrollert av

Antall sider og vedlegg:

21

Sammendrag

Ideen som presenteres i rapporten er en bruløsning basert på bergarten larvikitt. Den nye brua på E18 forbi Farriseidet vil i kraft av sin størrelse og plassering bli monumental, og den kan derfor være en ypperlig anledning til å presentere larvikitten i Larvik.

Det er mulig - både geoteknisk og bruteknisk - å bygge ei steinhvelvbru over Farriseidet.

Summary

Emneord:

Larvikitt, steinhvelv, tørrmur

Nasjonalbergarten larvikitt

Ny E18 ved Farriseidet på hvelvbru og tørrmurer

Innhold

1. Larvik og larvikitt	7
1.1 Kort om planprosessen	8
2. Brutype og utforming.....	9
2.1 Skissert bruløsning	10
2.2 Kjørebener	10
2.3 Fylling i Farris	11
2.4 Revidert veglinje	11
2.5 Steinhvelv	12
3. Fundamentering	13
3.1 Eksisterende bruer	13
3.2 Fundamentering av steinhvelv	13
3.3 Fundamentering av tørrmurer.....	13
4. Grunnundersøkelser	14
4.1 Krav til grunnundersøkelser, type og omfang.....	14
4.2 Program for grunnundersøkelser og kostnader	14
5. Miljøtiltak	15
5.1 Langsiktig forurensning fra veg	15
5.1.1 Drenering og oppsamling av overflatevann	15
5.1.2 Sikring ved ulykker	15
5.1.3 Støy- og støvskjerming.....	15
5.2 Forurensning i anleggsperioden	16
6. Larvikitt	16
6.1 Tekniske data.....	17
7. Brukostnader	18
7.1 Mengder	18
8. Sammenfatning og konklusjon.....	19
9. Referanser	20

Vedlegg

1. Larvikitt og larvikitt

Larvikitt, Blue Pearl, Emerald Pearl, lys og mørk labrador. Kjært barn har mange navn, noe som kan sies å gjelde for den norske nasjonalbergarten.

Larvikitt er en dypbergart (størkningsbergart / magmatisk bergart) knyttet til Oslofeltets dannelse i karbon og perm. Steinsmelter presset seg opp gjennom jordskorpen og størknet i magmakamre på 3-4 kilometers dyp. På dette dypet var størkningsprosessen såpass langsom at de enkelte krystallene fikk god tid til å vokse seg store. Resultatet er de grovkornede larvikittbergartene.

Bergarten består hovedsakelig av ulike varianter av feltspat, men den inneholder også pyroksen, olivin, amfibol og andre mineraler. I grovkornete ganger (pegmatitter) kan det være mange sjeldne mineraler.

Larvikitten kan ses over hele verden. Fasader og gulvarealer i offentlige og private signalbygninger kles ofte med denne bergarten. Da Norsk geologisk forening utga en artikkel om bergarten i forbindelse med kåringen av nasjonalbergart, tok de utgangspunkt i London og skrev følgende: «Ikke helt uventet dukker den norske nasjonalbergarten opp overalt i den britiske hovedstaden. Du ser den enten du velger å spise hamburger på McDonald's, drikke kaffe på Starbucks, tar deg en pint på pub, eller handle på Harrods – og når du kjøper billetter til et tog fra Liverpool Street Station» /1/.

I Larvik er det få byggverk hvor det er benyttet larvikitt. I Norge for øvrig dukker den opp flere steder – spesielt i Oslo, hvor den ses blant annet i Konserthuset, Universitetsbiblioteket og Rikshospitalet. Den er også brukt som en del av utsmykningen av Gardermoen hovedflyplass.



Bilde 1: Universitetsbiblioteket på Blindern, Georg Sverdrups hus, stod ferdig i 1999 og er kledd utvendig med svart, blankpolert larvikitt med merkenavnet Emerald Pearl. Foto: Halfdan Carstens

Den nye brua på E18 vil i kraft av sin størrelse og plassering bli monumental. Uavhengig av brutype og endelig valg av veglinje vil brua dominere området og i stor grad lukke dalen ved Farriseidet. En naturlig målsetting ville vært å tilstrebe en beskjeden og transparent bruløsning, men innledende studier viser at selv moderne betongbruer med optimaliserte tverrsnitt vil framstå som massive konstruksjoner. Bruløsninger med buer eller tårn (skråstag) kunne åpnet for lette kjørebaneer, men disse alternativene er problematiske på grunn av horisontalkurvatur, tverrfall og delte kjørebaneer inn mot tunnelene på vestsida.

Dette er bakgrunnen for ideen om i stedet å utvikle kvalitetene i det som i alle fall blir en massiv kryssing. Og ideen er å bruke larvikitt i klassiske konstruksjoner som tørrmurer og steinhvelv og dermed presentere og spille på larvikittens kvaliteter som byggemateriale og visuelt element. På denne måten kan brua bli en berikelse for distriktet og et byggverk man kan bli stolt av. Brua er dessuten del av en vegparsell med larvikitt-tunnel og skjæringer i drivverdige larvikittpartier. Den vil dermed inngå i en helhet som gjør ny E18 til en attraksjon med lokal identitet og kvaliteter utover sin primære funksjon.

1.1 Kort om planprosessen

Arbeidet med planlegging av firefelts E18 forbi Larvik har pågått lenge. Den nye vegen skal erstatte dagens trasé som ikke oppfyller kravene til miljø, trafiksikkerhet og framkommelighet – se bilde 2. Dagens trasé ble bygd på 1970-tallet og omfatter det første treplanskrysset i Norge.



Bilde 2: Dagens E18 over Farriseidet. Foto: Statens vegvesen

Planprosessen for den nye traséen har vært omfattende med mange innspill og ulike ønsker om ivaretagelse av spesielle interesser. Spesielt for brua og nærområdene til denne, har det vært fokus på

- drikkevannskvaliteten til Farris, både i et langsiktig perspektiv og i anleggsperioden
- nærheten til Bøkeskogen, et viktig rekreasjons- og skogsområde som er vernet
- utviklingen av Hammerdalen, som er et pilotprosjekt for Riksantikvaren
- kulturlag og kulturminner i Farris
- Ringnes og forholdene til Farrisakviferen
- nærhet til naturen

Disse forholdene, i tillegg til bruas størrelse og plassering tilsier at det må legges stor vekt på bruas utforming. Den nye brua bør skape et positivt bidrag til området og til Larvik by.

2. Brutype og utforming

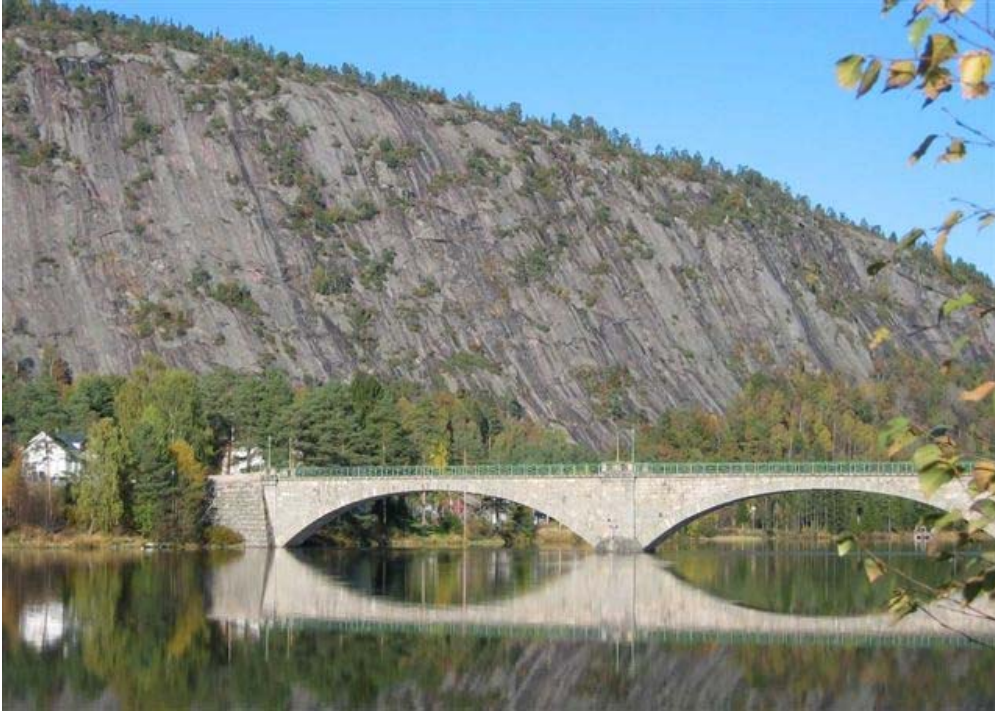
Ideen om ei steinhvelvbru bringer med seg et historisk sus av gamle kjerreveger over bratte fjellbekker. De fascinerende steinhvelvbruene ble gradvis utkonkurrert av betongbruer i løpet av mellomkrigstiden. Den siste steinhvelvbrua som ble bygd i Norge, er Åros bru i Rogaland. Den ble åpnet i 1999. I dag er brutypen aktuell i spesielle situasjoner, hvor det er lett tilgang på god stein, som er lett å bearbeide. Steinhvelvbruer er beskrevet i Statens vegvesens håndbok 230 /2/.



Bilde 3: Steinbru i Hornindal med Hornindalsrodden i bakgrunnen

Larvikitt har god kløyv og bestandighet, og den egner seg derfor til brubygging. Tilgjengeligheten i Larvikområdet er ubegrenset, og steinbruddene i området omsetter for mer enn 500 millioner kroner årlig. Om lag 70 prosent av produksjonen kommer fra bruddene i Tvedalen. Stein i blokker skipes ut over Larvik havn. Om lag 95 prosent av produksjonen er vrakstein, fordi den ikke har de rette optiske egenskapene for fasadestein, men bestandighetsegenskapene er intakte. Vrakstein er derfor et aktuelt byggemateriale i steinhvelv og tørrmurer.

Selv om vrakstein kan benyttes i mange andre sammenhenger er anvendelsen som byggemateriale i steinhvelv og tørrmurer generelt sett et positivt bidrag til bruken av naturressurser.



Bilde 4: Åmfoss bru

Et eksempel på ei steinhvelvbru med buer på rundt 60 meter er Åmfoss bru, som er en av de lengre steinhvelvbuene i Nord-Europa. Brua ble ferdigstilt i 1918 og er totalt 135 meter lang.

2.1 Skissert bruløsning

Den foreslåtte løsningen, som er vist i vedlegget, kan oppsummeres slik:

- Høy fylling med tørrmurte ”vegger” langs deler av strekningen.
- Skjeve steinhvelv med lysåpning 12 meter over rampe, lokalveg og jernbane. Disse kryssingene kan nærmest betraktes som kulverter i den nevnte fyllingen.
- Tre skjeve steinhvelv med lysåpning 28 meter over Farriselva.

På denne måten blir larvikitten tungt representert både i en lang og høy tørrmurt vegkropp og i hvelv og overmurer i selve bruene.

2.2 Kjørebaneer

På ny E18 for øvrig er bruene delt, slik at de to kjøreretningene går på separate bruer. Dette vil sannsynligvis være ønsket også her. Det kan imidlertid tenkes ei felles bruplate med midtdeler, og dette vil være gunstig for å spare bredde på brua.

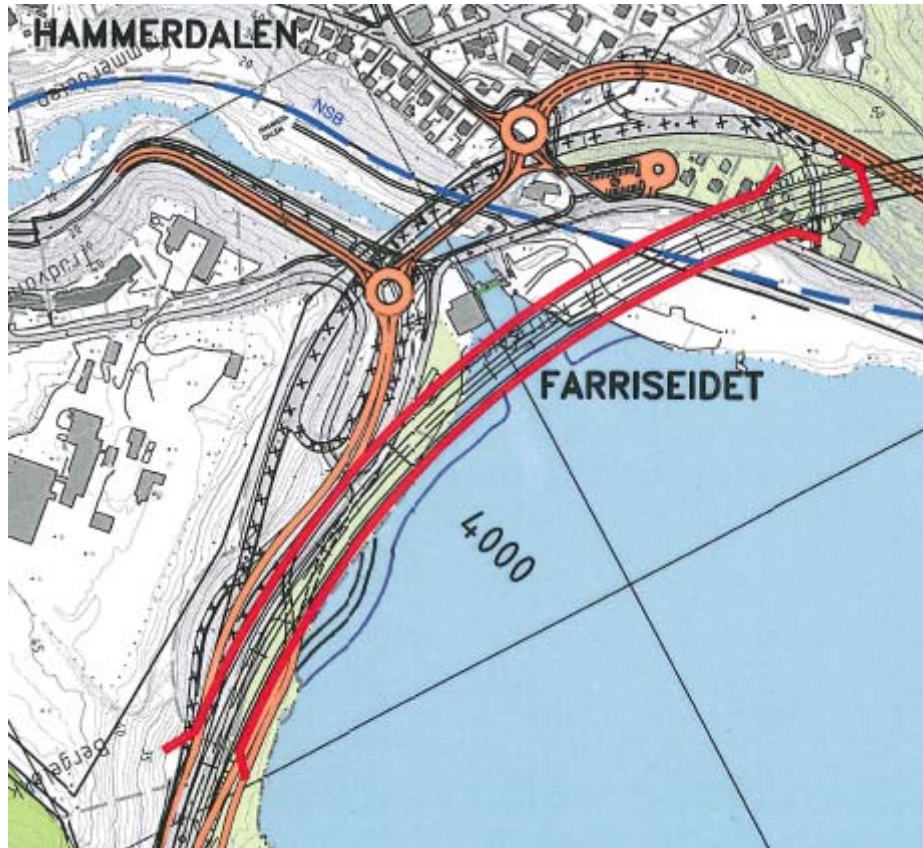
Vegen går imidlertid rett inn i tunnel i to løp på vestsida av brua. Dette krever en viss avstand mellom kjørebaneer, som kan løses med økt fyllingsbredde.

Bruplater med føringsbredde 10,5 meter (0,5 + 3,5 + 3,5 + 3,0) er skissert. Dette er standarden på ny E18 – forutsatt at ikke vertikalkurvatur tilsier ekstra kjørefelt. Kantdragerne er også tilsvarende dem som benyttes i E18-prosjektene i området for øvrig, men det er mulig de kan erstattes med andre og mer transparente rekkverk på brua. Kantdragerne skal i tillegg ha håndlist på toppen og støyskjermer. Tverrsnitt over hvelv er skissert med 3 meters avstand (mellom de innerste skuldrene), mens tverrsnitt i fylling er skissert med 7 meters avstand.

Dette skulle illustrere aktuelle problemstillinger på grunn av kravet til avstand mellom kjørebane.

2.3 Fylling i Farris

En fylling ut i Farris er tegnet inn på planskissen i figur 5 nedenfor.



Figur 5: Fylling og ny rampe og lokalveg

På bysida (sørsida) av brua – og under brua – kan elvebredden være relativt rett, her er det bymiljø med (rester av) industri. På nordsida må den være mer avrundet. Her er vannkanten relatert til kurvaturen på E18 og til lokalvegen. Det antas at lokalvegen godt kan ligge ned mot vannet. Elvebreddene kommer ca. ved profilene 4.100 og 4.070, og elva får en total bredde på ca. 70 meter.

2.4 Revidert veglinje

På planskissen i figur 5 er brua tegnet i ca. profil 3.700 - 4.450, og det vil si lengde 750 meter. En del av denne strekningen er sannsynligvis støttemurer/landkar. På østsida kan mye gjøres i forhold til hvor fylling og bru starter, på vestsida er bruenden i større grad definert. Siden den foreslåtte løsningen krever litt høyde på østsida, er brua (det vil si fyllinger med noen hvelv-spenn) i det videre definert for strekningen 3.750 - 4.400, til sammen 650 meter.

Foreslått veglinje er revidert i høyden ved at østre bruende er hevet 5 meter og vestre bruende er senket 2 meter. Ny profillinje er ikke konstruert nøyaktig, men brudelen av veglinja er justert til noe som passer med en slik endring. Resultatet er forbedret (reduisert) vertikal-kurvatur for vegen generelt og for brua spesielt. En noe mindre heving på østsida er mulig, men dette må veies mot høyden fra elva og opp til de store steinhvelvene.

Rampe og lokalveg er tegnet om, og løsningen gir kryssinger ca. ved profil 3.950.

Terrenget er justert noe for å vise fyllingen i Farris og en tydelig markering av Farriselva.

2.5 Steinhvelv

70 meter elveløp passerer med to fundamenter i elva og tre steinhvelv med lysåpning 28 meter. Hvelvene har da akser ved ca profil 4.090, 4.120, 4.150 og 4.180. Da er krona for ytterbuene over vann (visuelt gunstig), og det er plass til gangveier under brua og utenfor ytterste kempere (ved ca. profil 4.095 og 4.175).

28 meters hvelv tilsier høyde på ca 5,5 meter, og da blir det litt høyde fra terreng og opp til kemper, noe som er viktig for bruas uttrykk. Det er antatt en buetykkelse på 1,0 meter.

Det er best om de tre små kryssingene får like buer. Lysåpning 12 meter, høyde ca 2,5 meter og tykkelse 0,6 meter er forutsatt. 12 meters lysåpninger er romslig for både veger og jernbane, selv med eventuelt framtidig dobbeltspor.

Alle kryssingene ligger med vinkel på E18 som avviker vesentlig fra 90 grader. I tillegg er fyllingen svært bred. Det er derfor nødvendig å bygge alle hvelvene skrå. Hvelvgeometrien kan imidlertid være konstant over hele bredden. Dette er kjent teknologi.

Kjørebane legges på betongplater med tykkelse på 200 mm, og rommet mellom hvelvenes overmurer fylles med magerbetong.

Krum veglinje i horisontalplanet, liten bruhøyde (maksimum ~16 m) og stor brubredde (~25 m) gjør at brua blir en visuell barriere mellom Farris og Hammerdalen uansett valg av brutype. Sikten gjennom lysåpninger under brua blir begrenset. Den presenterte løsningen er ubearbeidet og skisseaktig. For eksempel kan det etableres flere lysåpninger for turveg under brua. Et slikt eksempel er Sannerbrua over Akerselva i Oslo – se bilde 6.



Bilde 6: Sannerbrua

3. Fundamentering

3.1 Eksisterende bruer

Eksisterende bruer på E18 og rv. 302 over Farriselva er fundamentert direkte på såler i alle akser. I Veglaboratoriets oppdragsrapport Z-66A /3/ beskrives massene ved brustedet som relativt faste, siltig til sandig morene med noe innhold av blokk og stein. Densiteten til massene er meget høy, 2,2-2,4 t/m³, med vanninnhold fra 7-8 % og opp til 15 og 20 % og leirinnhold under 7-8 %. Permeabiliteten er lav, og massene har en typisk friksjonsvinkel (φ) på over 38° og en kohesjon (c) rundt 3-4 t/m².

På begge sider av Farriselva ble det tatt prøveserier med Lindøutstyr, som var forgjengeren til Odex. Massene her beskrives som siltig til sandig morene ned til ca. kote +12, og under dette nivået er det siltig til grusig sand ned til kote 0. Kornfordelingskurver er gitt i /3/.

Det ble vurdert pelefundamentering av eksisterende bruer i noen akser, men innhold av blokk og stein samt lag med meget kompakte masser gjorde at man den gang anså ramming av peler som svært vanskelig.

3.2 Fundamentering av steinhvelv

Steinhvelv skal helst fundamenteres på fjell. Fundamenter på løsmasser må være låst mot forskyvninger for at hvelvets bærevirkning skal bevares. Setninger og spesielt differansetninger kan være kritisk for hvelvet og dermed bestemme fundamenteringsmetoden. I forbindelse med grunnundersøkelsene er det derfor viktig å registrere kompressible lag. Det kan være nyttig å ta prøver av disse lagene for å finne kornfordelingen.

For innerstøttene til de tre store hvelvene, blir fundamenteringen forenklet ved at to buer kommer inn fra hver side og mye av horisontalkreftene utlignes. For de ytterste kemperne blir fundamenteringen mer omfattende. Det samme gjelder for de små hvelvene.

Foreløpige grunnundersøkelser peker i retning svært kompakte morenemasser, som kan være vanskelig å ramme igjennom. Ingen av sonderingene som er utført i området, har nådd fjell.

Steinhvelvbrua kan fundamenteres på såle eller pelegrupper. Et sålefundament må dimensjoneres slik at bæreevne og kravet til setninger blir tilfredsstillt. Et slikt fundament kan ligge nokså grunt. Fundamentering på peler krever en pelegruppe i hvert fundament. Gruppen kan bestå både av vertikale peler og skrå peler for å ta opp horisontalkreftene. Peledybden bestemmes av bruas laster. Ei steinhvelvbru er en tung konstruksjon. Det er mest sannsynlig at ingen peler kommer til fjell, det vil si at pelespissen blir stående i faste jordlag.

3.3 Fundamentering av tørrmurer

Ettersom deler av strekningen blir liggende på land er det vesentlig rimeligere å bygge tørrmurer i stedet for steinhvelv. Blokkstørrelse og bruk av for eksempel jordarmering bak muren vil avhenge av faktorer som murens høyde, trafikklast og helning på muren. Her vil tørrmurene få en maksimal høyde opp mot 16 meter.

Det er en forutsetning at stabiliteten ikke influeres av poretrykk og teleproblemer. Dersom det fins telefarlige masser i frostsonen, må det enten frostisolerers eller foretas masseutskifting.

I likhet med steinhvelv er også tørmurer sensitive for bevegelser i grunnen. Langs Farris vil det meste av muren stå på utfylte masser i vannet. Komprimering av disse massene er derfor viktig. For å sikre muren helt mot differansesetninger, kan det støpes et fundament og benyttes peler.

4. Grunnundersøkelser

4.1 Krav til grunnundersøkelser, type og omfang

Traséen som skal vurderes, passerer over enden av Farris og ender i fjell på vestsiden. Traséen ligger delvis i en godt konsolidert endemorene (raet) over en forkastningssone.

Statens vegvesen Region sør har allerede utført en del grunnundersøkelser i området i forbindelse med pågående planarbeid. Se bilde 7.



Bilde 7 er tatt under eksisterende E18 på Farriseidet. Sammen med de to lokalvegene vises det første treplanskrysset i Norge. Grunnundersøkelsene ble foretatt som totalsonderinger til stor dybde, men ingen sonderinger kom ned til fjell. Foto: Bjørn Dolva

Normalvannstanden i Farris er ca. kote +22. En totalsondering i det aktuelle området ble boret fra kote +24 og ned til ca. kote -70, altså 98,3 meter dyp. Denne totalsonderingen viste at løsmassene er godt konsoliderte med enkelte sand-, silt- og leirlag ca. 45 til 55 meter under terreng.

Valg av endelig veglinje og brutype med fundamentplassering vil være bestemmende for en mer detaljert undersøkelse. Omfang og kostnader vil være avhengig av antall fundamenter og type terrenginngrep. Det vil i tillegg til nødvendige totalsonderinger være ønskelig å få noe informasjon om mer homogene lag av sand, silt og leire, som kan ligge 45 til 55 meter under eksisterende terreng. Prøver eller supplerende sonderinger vil være nødvendig for å kunne beskrive massens egenskaper.

4.2 Program for grunnundersøkelser og kostnader

Det er vanskelig å definere en detaljert undersøkelse og angi kostnader når det ikke foreligger konkrete planer. Anslagsvis vil det være behov for 1 til 2 måneders arbeid.

Et borelag for landbasert arbeid koster ca. kr. 30 000,- per dag. Et borelag for vannbasert arbeid koster ca. kr. 40 000,- per dag. Borekapasiteten fra flåte er ca. en tredel av borekapasiteten på land.

Et grovt overslag for en grunnundersøkelse i dette området vil være fra kr. 750 000,- til kr. 1 500 000,-.

5. Miljøtiltak

Ulike renseløsninger kan sannsynligvis tilpasses aktuelle bruløsninger. Det må tas hensyn til en dreneringsløsning på brua og at vannet renses i en renseløsning på land, sannsynligvis på østsiden.

5.1 Langsiktig forurensning fra veg

Forurensninger fra veg og kjøretøyer spres ved to mekanismer: Avrenning fra vegoverflaten og spredning gjennom luft.

Prosjektering av dreneringsløsninger samt støy- og støvskjerming må utføres som en integrert del av den øvrige bruprosjekteringen.

5.1.1 Drenering og oppsamling av overflatevann

Overvann fra veg inneholder en rekke forurensninger, bla. partikler, næringsalter, vegsalt, tungmetaller, oljerester og organiske mikroforurensninger (PAH etc). Overvann vil forekomme ved regnskyll, som vasker med seg gammel forurensning, som ligger i vegbanen og i grøftene. De vanligste rensemetodene for overvann er fysiske metoder basert på sedimentasjon og filtrering og fysisk-kjemiske metoder basert på binding i jord ved infiltrasjon. Ulike renseløsninger er beskrevet i håndbok 261 /4/. Ressursmessige forhold, lokale muligheter og kravet til renseeffekt vil bestemme valg av rensemetode. I områder med stort arealpress finnes det kompakte løsninger. Kompakte løsninger er nærmere beskrevet i /5/, Rensing av overvann i byområder.

5.1.2 Sikring ved ulykker

Sikring og beredskap ved ulykker – for eksempel velt av tankbil – må ivaretas.

5.1.3 Støy- og støvskjerming

Vegstøvet består av nesten 90 vektprosent mineralpartikler om vinteren, og ca. 50 prosent av partiklene har en størrelse mindre enn 25 μm . Piggdekk gir støv med finere partikkelstørrelsesfordeling enn piggfrie dekk. Hovedandelen av partiklene kan beskrives som avrundete partikler. Steinmaterialet i asfalten påvirker generert mengde støv, partikkelstørrelsesfordelingen, partikkelformen og det spesifikke overflatearealet. Kjørehastigheten påvirker også fordelingen til partikkelstørrelsen og partikkelformen /6/. Hvor mye vegstøv som dannes, avhenger blant annet av bruk av piggdekk, vegdekkets motstandsdyktighet mot slitasje, kjøretøyets hastighet, andel tunge kjøretøyer og om vegbanen er våt, tørr eller isbelagt /7/.

Forurensningskomponenter fester seg til partikler. Støv kan spres opp mot 40 m fra veg og 35 m i luften /7/. En støvskjerm kan potensielt endre luftstrømmen slik at ikke partiklene spres seg til Farris. Det finnes et eksempel på krum støvskjerm på E6 ved Oslo, men det er ikke vurdert om forurensningsspredningen reduseres som følge av bruk av støvskjerm. I Farris-

tilfellet vil det være snakk om en relativ bred veg, og man kan tenke seg nesten et overbygg for å hindre spredning av svevestøv.

5.2 Forurensning i anleggsperioden

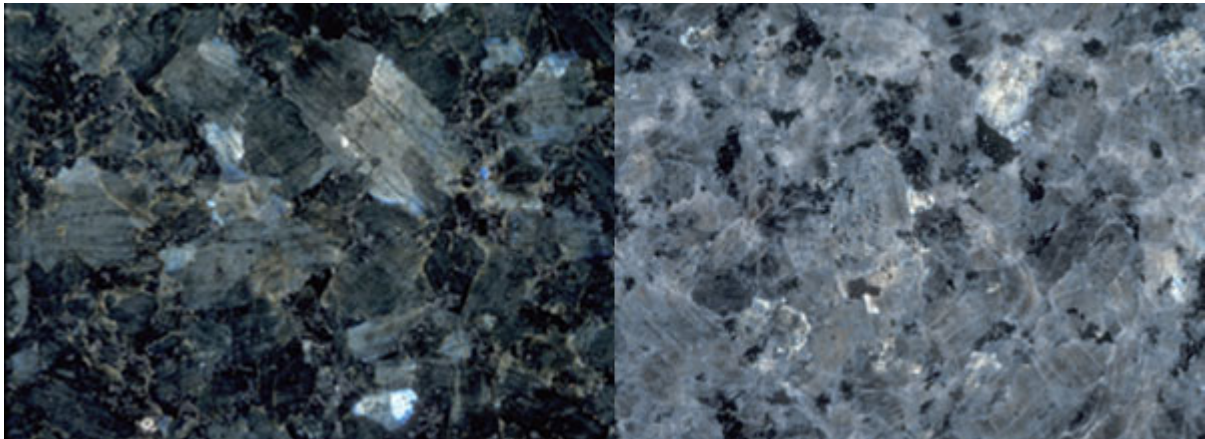
Følgende anleggsaktiviteter må sikres for å unngå påvirkning av vannkvaliteten i farris:

- Ulik grad av utfylling av masser som fundament til brua
- Fundamentering med pelar
- Generell aktivitet og graving på arealer i Farris' nedbørfelt kan føre til avrenning, lekkasjer og utslipp
- Eventuell mudring

Sedimentprøver fra Farris viser verdier av PAH, arsen, kadmium og sink over anbefalte grenseverdier i henhold til SFTs klassifiseringssystem for sedimenter i ferskvann. Ved oppvirvling av bunnsedimenter kan disse stoffene frigjøres. Det må lages en plan for behandling av forurensede masser. Disse stoffene er i stor grad partikkelbundet, og de vil dermed kunne fjernes ved mudring eller uskadeliggjøres ved utfylling av overliggende masser. Ved anleggsaktivitet kan det settes inn tiltak for å unngå spredning av forurensningskomponentene, for eksempel montering av siltgardin.

Ved forurensning i anleggsperioden må vannet renses. Ved utstøping av betongkonstruksjoner kan det være fare for forurensning fra sement, tilsetningsstoffer, formoljer og overflatebehandlingsprodukter. Ved bruk av malingsprodukter til vegmerking og maling av stålkonstruksjoner vil det også kunne spres forurensninger.

6. Larvikitt



Bilde 8: Mørk og lys labrador



Bilde 9: Larvikitt

Larvikitt er ikke bare Norges nasjonalbergart, den er også den mest dyrebare og eksklusive natursteintype i verden. Denne steinindustrien eksporterer hvert år blokker for nærmere 1 milliard kroner og har reserver for flere hundre år.

Larvikitt er en sjelden vakker bergart, så langt fra ”gråstein” som man kan komme i geologiens verden. Nesten 90 prosent av larvikitten består av feltspat der de store krystallene er sammensatt på en slik måte at det fremkommer et blått fargespill når lyset brytes i ørsmå lameller internt i krystallene.

I tillegg til feltspat inneholder også larvikitten små mengder mørke mineraler som amfibol, olivin og biotitt, og de mest attraktive variantene fører også nefelin. I moderne geologisk nomenklatur klassifiseres larvikitten som en monzonitt, som er en betegnelse som brukes mye internasjonalt.

Larvikitt inneholder ikke mineraler som svovelkis, magnetkis etc. som med tiden kan forårsake forvitningsprosesser.

6.1 Tekniske data

For larvikittvarianten Blue Pearl er følgende tekniske data oppgitt:

- Tyngdetetthet (densitet)	27,3 kN/m ³
- Enakset trykkstyrke	130 - 200 N/mm ²
- Bøystyrke	12,5 - 24,5 N/mm ²
- Vannabsorpsjon	0,12 - 0,20 % (vektprosent)
- Inntakt E-modul (helt bergartsstykke)	12 GPa

7. Brukostnader

De viktigste kostnadselementene er materialkostnader, produksjonskostnader, byggetid og markedssituasjon.

Fasadeelementer i larvikitt er generelt svært kostbare. Foredlingen av larvikitten medfører imidlertid et betydelig omfang av vrakstein, og det er i hovedsak dette produktet som tenkes brukt i bru og murverk ved Farriseidet. Prisen på vrakstein er en helt annen enn foredlede produkter.

Produksjon av stein til hvelvkonstruksjoner og tørrmurer må utføres av erfarne fagfolk. Nøyaktighet i produksjon av blokk og stein, der de forskjellige elementene produseres etter detaljerte tegninger av form og geometri, er en forutsetning for et vellykket resultat. Det må legges opp til en rasjonell produksjon av elementer hos eller i samarbeid med de lokale aktørene som har virksomhet i området. Import av fagarbeidere kan være aktuelt.

Det er to kilder for råmaterialet: Vegvesenets uttak av stein i veglinja og vrakstein fra ordinær produksjon av larvikitt. Det er ikke vurdert om det er hensiktsmessig å velge den ene eller den andre kilden, eller om en kombinasjon kan være aktuell. Materialkostnadene i seg selv forventes å bli beskjedne.

Etablering av steinhvelv vurderes som en tidkrevende brubyggingsmetode. Det er to grunner til dette: For det første må det etableres et teknisk avansert reisverk å legge hvelvet på – som er det samme som å bygge ei bru under brua. For det andre er det tids- og arbeidskrevende å legge ut steinelementene i korrekt posisjon og få hvelvet til å bære som forutsatt. Byggetida blir derfor lengre for ei steinhvelvbru enn for ei moderne betongbru.

Den største usikkerheten i kostnadsvurdering av større bruprojekt er ofte knyttet til markeds-situasjonen. I dette tilfellet er denne usikkerheten snarere blitt mindre enn større. Årsaken til det er de sterke lokale bindingene i konseptet – med lokale leverandører av materialer og fagarbeidere fra en etablert steinindustri. Konjunktoren i byggebransjen betyr noe for kostnadene til selve bygge- og montasjearbeidet, men trolig i mindre grad for produksjonen av steinmaterialet.

Grunnforhold og grunnundersøkelser er ofte et stort usikkerhetspunkt i bruprojekt. I dette tilfellet er denne problemstilling relativt enkel: Hvis grunnforholdene er gode nok, er usikkerheten knyttet til omfang og metode for fundamentering meget begrenset. Det er derimot på dette stadium knyttet noe usikkerhet til om grunnforholdene er gode nok til å sålefundamenterer ei steinhvelvbru. Alternativet vil være fundamentering med peler.

7.1 Mengder

Hele brua forutsettes å være $4\,400 - 3\,750 = 650$ meter lang.

De tre små hvelvene med pilastere utgjør en lengde på ca $3 \times 15 = 45$ meter. Hovedspennene med pilastre utgjør en lengde på ca. 95 meter. Total fyllingslengde settes dermed til $750 - 45 - 95 = 610$ meter. Midlere høyde på terreng-profillinjen er i ca. 14 meter.

Tørrmurene må antas å starte noe under terreng og avsluttes noe under profillinja. I tillegg til murene på utsida av fyllingen kommer to murer mellom kjørebane med antatt høyde 2

meter hver. Dette gir til sammen $610 \times (2 \times 14 + 2 \times 2) = 19\,500 \text{ m}^2$ tørrmur. Inntil videre antas midlere tykkelse 1,5 meter, og dette gir et volum på $29\,300 \text{ m}^3$ stein.

Fyllingen (mellom tørrmurene) kan antas å ha midlere bredde på 28 meter, og dette gir til sammen $28 \times 610 \times 14 = 239\,000 \text{ m}^3$ fyllmasse.

Hvelvene antas å ha en midlere bredde på 26 meter. Bue for små hvelv, tykkelse 0,6 meter, får et volum på $13 \times 26 \times 0,6 = 203 \text{ m}^3$. Bue for store hvelv, tykkelse 1,0 meter, får et volum på $31 \times 26 \times 1,0 = 806 \text{ m}^3$. De 3 + 3 hvelvene får et volum på $3 \times 203 + 3 \times 806 = 3\,030 \text{ m}^3$.

Overmurer for små hvelv har midlere høyde 4 meter og tykkelse 1 meter, mens overmurer for store hvelv har midlere høyde 5 meter og tykkelse 1,5 meter. For alle hvelvene kommer i tillegg murer mellom kjørebanelene med antatt midlere høyde 1 meter og tykkelse 0,5 meter. Dette gir et samlet volum på $45 \times (4 \times 1 \times 2 + 1 \times 0,5 \times 2) + 95 \times (5 \times 1,5 \times 2 + 1 \times 0,5 \times 2) = 405 + 1\,520 = 1\,925 \text{ m}^3$.

Pilastre må også mures, og her antas 2 x 9 pilastre med lengde (i bruas lengderetning) 2,0 meter, høyde 15 meter og tykkelse 1,5 meter. Dette gir til sammen et volum på 810 m^3 .

Totalt volum for hvelv, overmurer og pilastre blir dermed $5\,800 \text{ m}^3$.

Midlere steinstørrelse på 0,5 meter x 0,5 meter x 0,5 meter antas. Hver stein kan antas å få mørtelfuger på halvparten av overflata, og det skulle tilsi et areal på $3 \times 0,25 \text{ m}^2$. Med fugetykkelse antatt lik 5 cm gir dette et mørtelbehov på 37,5 liter eller til sammen $5\,800 \times 1/0,125 \times 0,0375 = 1\,740 \text{ m}^3$ for alle de mørtelfugede murene.

Magerbetong over små hvelv kan antas å utgjøre ca $45 \times 4,0 \times 24 = 4\,320 \text{ m}^3$, og magerbetong over store hvelv $95 \times 5,0 \times 26 = 12\,350 \text{ m}^3$, til sammen $16\,700 \text{ m}^3$ magerbetong.

Bruplatene, inkludert kantdragere, antas å utgjøre ca $750 \times 2 \times (11 \times 0,2 + 1,0) = 4\,800 \text{ m}^3$ svært lett armert betong.

Fundamenter i vann kommer i tillegg til disse mengdene. Her er steinvolumer og eventuelle pelelengder vanskelig å anslå før nærmere kartlegging er rapportert.

8. Sammenfatning og konklusjon

Idéen som presenteres i rapporten er en bruløsning basert på bergarten larvikitt. Den nye brua på E18 forbi Farriseidet vil i kraft av sin størrelse og plassering bli monumental, og den kan derfor være en ypperlig anledning til presentere larvikitten i Larvik.

Det er mulig – både geoteknisk og bruteknisk – å bygge ei steinhvelvbru over Farriseidet.

Konklusjon

Idéen er larvikitt, og denne rapporten viser at ei steinhvelvbru teknisk sett er gjennomførbar. Det er skissert en mulig løsning, som kan utvikles til et helhetlig prosjekt.

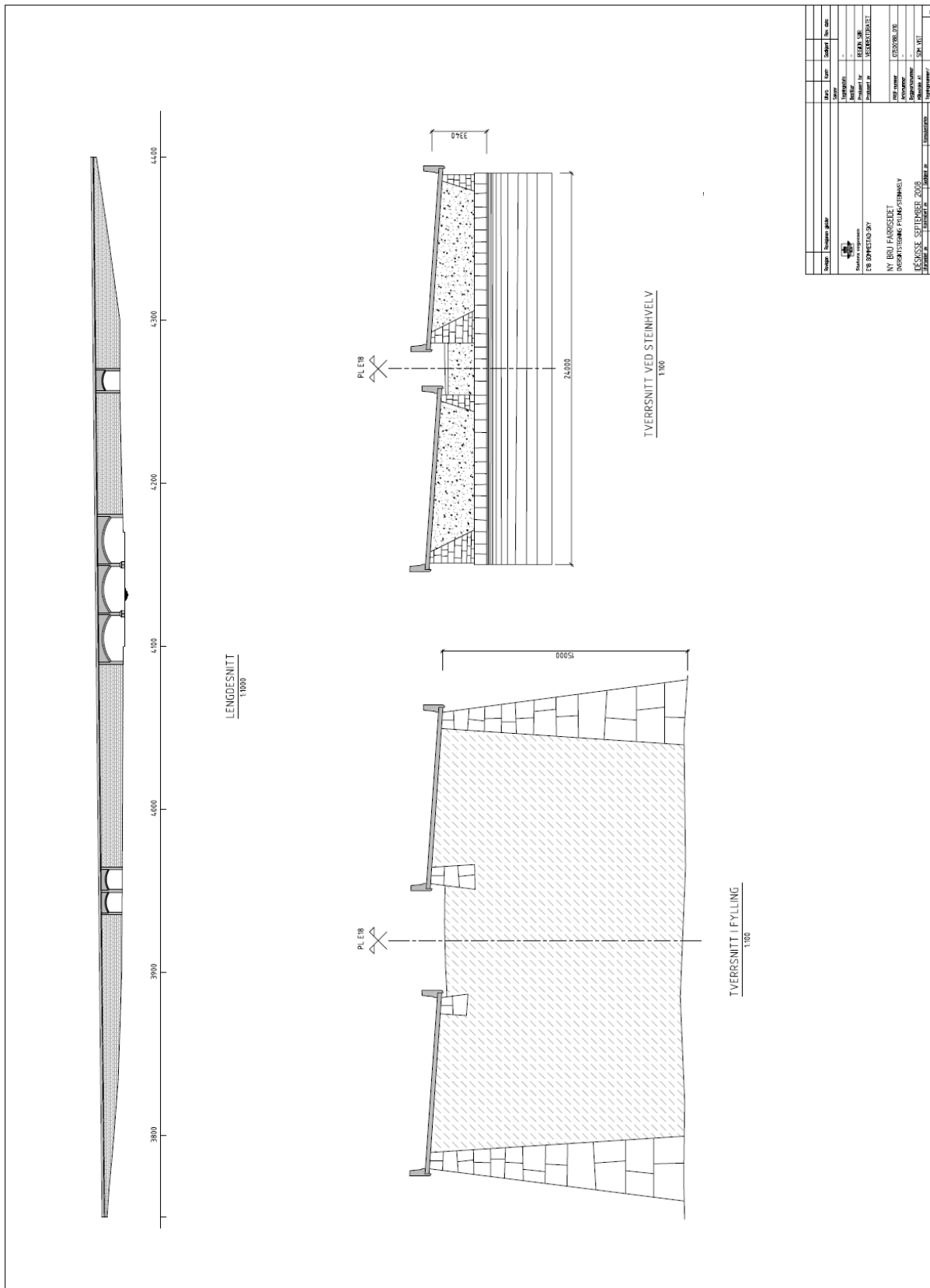
Denne rapporten er utarbeidet ved teknologiavdelingen i Vegdirektoratet, hvor følgende har bidratt:

Elisabeth Gundersen, prosjektleder
Håvard Johansen
Kjersti J. Wike
Knut Borge Pedersen
Knut Hagberg
Frode Oset
Bjørn Isaksen

9. Referanser

1. www.geoportalen.no
2. Statens vegvesens håndbok 231 Steinhvelvbruer, desember 2002.
3. Veglaboratoriets oppdragsrapport Z-66 A, 1966.
4. Statens vegvesens håndbok 261 Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging (utkast), mars 2006.
5. Rensing av overvann i byområder, Statens vegvesen UTB 2007/2.
6. Snilsberg, B.: Samfunnsøkonomiske aspekter knyttet til helseproblemer forårsaket av svevestøv fra vegtrafikk, doktorgradsavhandling NTNU 2008.
7. Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge, Statens vegvesen UTB 2004/08.
8. Statens vegvesens håndbok 164 Utforming av bruer, august 1992.

Vedlegg





Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005