



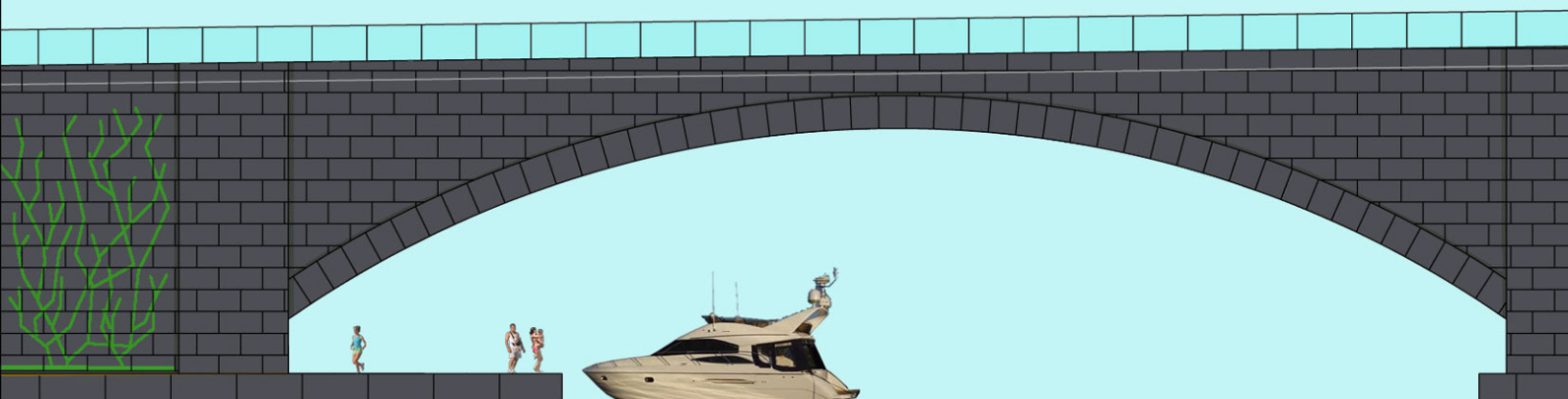
Statens vegvesen

E18 Steinhvelvbru i larvikitt over Farriseidet Forprosjekt

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2553



Teknologiavdelingen
Dato: 2009-04-20

2. Tiltak mot vannforurensning

Det gis her innspill til mulige tiltak både under anleggs- og driftsfasen for å unngå vannforurensning av Farris, Farriselva og grunnvannsmagasinet mellom Farriseidet og Larvikfjorden (Farriskilden). Å hindre forurensning av Farris vil være det viktigste fokusområdet når det gjelder miljøkonflikter og bygging av ny bru over Farriseidet. Dokumenter som danner grunnlag for vurderingene i dette kapitlet er prosjektet E18 Larvik sin konsekvensutredning og temarapporten Naturressurser - vannressurser og brev fra Mattilsynet datert 4. september 2008 vedrørende E18 Bommestad - Sky, ny vurdering av innsigelser.

2.1 Forurensning fra vegtrafikk og veganlegg

Forurensning av vannressurser fra veganlegg kan generelt skilles i to faser: Forurensning i driftsfasen, det vil si fra kjøretøy som trafikkerer strekningen, og i anleggsfasen. Det er også naturlig å skille mellom regulære utslipp og ulykkesutslipp. Utslipp i driftsfasen, bortsett fra ved ulykker, er en diffus belastning innenfor nedbørfeltet og utgjør på sikt trolig den største belastningen på omgivelsene. Dette vil være avhengig av dreneringsløsning og eventuelt oppsamling i et rensebasseng.

Forurensningene spres til omgivelsene dels som sprut og avdrift, og dels som avrenning med overvannet fra vegbanen. Videre spredning til overvanns- eller grunnvannsresipient avhenger av hvilke forurensningskomponenter det gjelder, de naturgitte forholdene på stedet (for eksempel terrenghelning og vegetasjon) og utformingen av veganlegget. Videre vil årstid og værforhold påvirke blant annet avrenning og fortykning. Hvilken virkning avrenningen vil få for resipienten, vil blant annet avhenge av vannkvaliteten, sårbarheten og andre lokale forhold. Forurensningskomponentene i overvann fra veg er i stor grad partikkelbundet, bortsett fra vegsalt og løste metaller.

Kilder til forurensning av vann og hvilke stoffer som finnes i overvannet fra veg, er vist i Tabell 1.

Kilde	Stoffer
Sprengning, knusing, utgraving, masseforflytning og injisering	Partikler, olje, bensin, kjemikaliespill og nitrogenholdige sprengstoffrester
Salting	Na, Cl, Mg, Ca
Slitasjeprodukter fra asfalt og bildekk	Tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn) PAH, PCB, ftalater, partikler
Forbrenningsprodukter fra drivstoff	Tungmetaller (Pb, Cd, Cr, Se, Zn, Ni, Cu) PAH, NOx, dioksiner, benzen, MTBE
Sprøyting av uønsket vegetasjon	Plantevernmidler
Trafikkulykker	Olje, bensin, kjemikalier ved transport av gods
Tunnelvask	Overflateaktive stoffer, PAH, tungmetaller

Tabell 1: Kilder til forurensning og forurensningskomponenter i overvann fra veg

2.2 Oppsummering av temarapporten «Naturressurser - vannressurser»

Prosjektområdet ligger innenfor nedbørfeltet til Farris, Farriselva, Farriskilden (Farris fabrikk, Ringnes) og Numedalslågen.

Farris forsyner ca. 200 000 personer med drikkevann. Fritzøe Skoger har vanninntak i Farris



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2553

Tittel

E18 Steinhvelvbru i larvikitt over Farriseidet Forprosjekt

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo
Telefon: (+47 915) 02030
www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Bjørn Isaksen, Hans Kortner Ryen, Kjersti Wike, Elisabeth Gundersen, Kristine Flesjø, Torbjørn Jørgensen, Jon Brekke, Kristian Aunaas og Carl-Erik Dahl.

Dato:

2009-04-20

Saksbehandler

Bjørn Isaksen

Prosjektnr:

602415

Kontrollert av

H. Johansen, S. Giske, F. Oset og S. Meland

Antall sider og vedlegg:

51

Sammendrag

Denne rapporten beskriver ei steinhvelvbru i larvikitt over Farriseidet og hvordan brua inngår i en helhetlig løsning. Linjeføringen på E18 ligger fast fra tidligere prosjektfaser og er en av premissene i prosjektet. Den viste løsningen legger vekt på å forankre den nye E18 i terrengformene på begge sider av Farriseidet. Det er også prioritert å forenkle lokalveg-systemet samt å gjøre området mer tilgjengelig og mer attraktivt for gående og syklende. Opprusting av arealene i Hammerdalen og langs bredden av Farris ved Farriseidet inngår i dette.

Sett fra et bruestetisk synspunkt er det krevende å utvikle en optimal bruløsning når veglinja stiger i horisontalplanet, krummer i vertikalplanet og samtidig ligger relativt lavt over vannlinja. Buen og bueformen til en steinhvelvbru er generelt mer robust og tåler denne linjeføringen visuelt bedre enn for eksempel ei bjelke- eller platebru.

Å hindre forurensninger av Farris vil være det viktigste fokusområdet når det gjelder miljøkonflikter. Det er foreslått tiltak for å unngå forurensning av Farris, Farriselva og grunnvannsmagasinet både i drifts-, bygge- og anleggsfasen. Med bakgrunn i brev fra Mattilsynet - hvor det stilles krav til at alt dreneringsvann fra vegen ledes ut av nedbørfeltet til Farris, og kommende krav i vannforskriften samt Larvik kommunes målsetting om å få fisken tilbake i Farriselva - foreslås det å bygge et rensebasseng for overvann fra tunnelene ved Bøkeskogen og Martineåsen og dagvannet fra vegstrekningen mellom tunnelene. I hver av tunnelene bør det settes opp sedimentasjonsbasseng og oljeavskiller for å fjerne grove partikler, olje og eventuelt oljesøl ved tankbilvelt. Anleggene forventes å fjerne 50 - 80 prosent av forurensningskomponentene.

Langs vegtraséen tyder de foreliggende grunnundersøkelsene på at løsmassene består av et topplag med blanding av fyllmasser og løsere finkornige sedimenter. Videre er det stort sett relativt fast morene til stor dybde. I området ved profil 4100 - 4200 er det registret et lag i dybden under morenemassene, som antas å være bløtere masser.

Brua foreslås fundamentert på borede peler i aksene 2 og 3, samt sålefundamenterte landkar på blokker av grunnforsterket jord ned til den faste morenen. Alternativt kan også landkarene fundamenteres på peler. Tilløpsfyllingene med langsgående støttemurer foreslås fundamentert på rammede betongpeler.

En overslagsberegning viser at entreprisekostnadene for 150 meter steinhvelvbru er 260 millioner kroner. Fundamenteringen av brua utgjør ca. 35 prosent av kostnadene. Nøyaktigheten på kostnadsoverslaget er ± 25 prosent, og prisnivået er i 2009-kroner.

Emneord:

steinhvelvbru, landskap, miljø, geoteknikk

Et lite forord

Statens vegvesen planlegger ny trasé for E18 over Farriseidet, og det er i denne sammenhengen lansert et forslag om å utnytte stedlig larvikitt i bru- og støttekonstruksjoner. Veglinja går i en stram kurve over Farriseidet, og de foreslåtte steinhvelvbuene danner en markert kryssing av Farris. Denne rapporten behandler den nye vegtraséen for E18 over Farriseidet i et helhetsperspektiv, der landskap, miljø og byggeteknikk er de tre bærende elementene. Prosjektledelsen har spesifisert sin bestilling av denne rapporten i et eget notat til Teknologivdelingen. Landskap og miljø er behandlet mer utførlig enn det som framgår av bestillingsnotatet, og Teknologivdelingen håper dette kan bidra positivt i det videre planleggingsarbeidet. Prosjektledelsen har involvert Teknologivdelingens medarbeidere i prosjektet på en forbillig måte gjennom befaringsreiser, møter og idéseminar. Øyvind Firman og Eva Preede takkes med dette for at Teknologivdelingen har fått bidra i et krevende, spesielt og meget interessant prosjekt.

Innhold

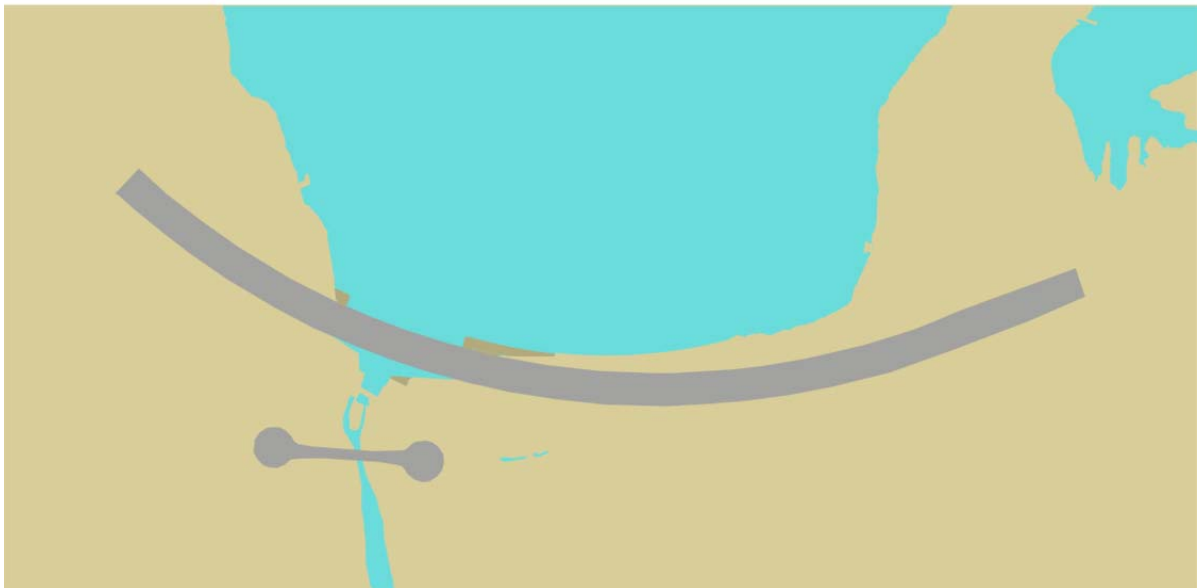
1.	Prinsippløsning og helhetsvurderinger	7
1.1	Landskapsrom	7
1.2	Prinsippløsning	8
2.	Tiltak mot vannforurensning	13
2.1	Forurensning fra vegtrafikk og veganlegg	13
2.2	Oppsummering av temarapporten «Naturressurser - vannressurser»	13
2.3	Tiltak i bygge- og anleggsfasen	16
2.4	Tiltak i driftsfasen	17
2.5	Rensing av overvann og vaskevann fra veg/tunnel	19
3.	Bru- og geotekniske løsninger	27
3.1	Hvelvkonstruksjon	27
3.1.1	Veglinje og brubredde	27
3.1.2	Vurdering av bruløsning og bruestetikk	30
3.1.3	Kotehøyder for underkant sålefundament	30
3.1.4	Fundamentlaster	31
3.2	Kvartærgeologi	32
3.3	Grunnundersøkelser og grunnforhold	33
3.4	Fundamentering	36
3.4.1	Bruaksene 2 og 3 – borede pelar	36
3.4.2	Bruaksene 2 og 3 – alternativ peledimensjon og peleantall	38
3.4.3	Bruaksene 1 og 4 – grunnforsterkning	38
3.4.4	Bruaksene 1 og 4 – alternativ med borede pelar	40
3.4.5	Setninger	40
3.5	Tørmurer og fyllinger	41
3.6	Global stabilitet og sikkerhet mot utglidning	42
3.7	Supplerende grunnundersøkelser	42
3.8	Øvrige konstruksjoner	43
3.8.1	Kulvert for avkjøringen fra E18 til Larvik	43
3.8.2	Kulvert for Sørlandske hovedveg	43
3.8.3	Kulvert for jernbanetraséen	44
3.9	Vegdekker og støydempende asfalt	44
4.	Kostnader	46
4.1	Grunnlag for kostnadsberegning	46
4.1.1	Enhetspriser bru	46
4.1.2	Enhetspriser fundamentering	47
4.2	Entreprisekostnader for steinhvelvbrua	48
5.	Referanser	50

1. Prinsipløsning og helhetsvurderinger

Bakgrunnen for forslaget om steinhvelvbru i larvikitt er beskrevet i rapporten *Nasjonalbergarten larvikitt – Ny E18 ved Farriseidet på hvelvbru og tørrmurer /16/*. Uavhengig av valg av brutype vil brua dominere området ved Farriseidet. En naturlig målsetting kunne vært å tilstrebe en transparent bruløsning. Bæresystem med overliggende buer eller tårn og skrånsteg kunne gitt en mer transparent bruløsning, men disse alternativene er problematiske på grunn av veglinjas horisontalkurvatur, tværrfall og delte kjørebane inn mot tunnelene i Martineåsen. Innledende studier viser også at moderne betongbjelkebruer med optimalisert tverrsnitt vil framstå som massive konstruksjoner.

I denne rapporten vurderes muligheten for å bygge ei steinhvelvbru i larvikitt over Farriseidet, og det vises hvordan den kan inngå i et helhetlig konsept for ny E18. Et helhetlig grep, som omfatter både landskap, miljø og byggeteknikk, er avgjørende for et vellykket resultat. Alle disse tre ulike elementene må ses i sammenheng – noe som er vektlagt i denne rapporten. Avslutningsvis er det utarbeidet et kostnadsoverslag for prosjektet.

1.1 Landskapsrom



Figur 1: Landskapsrom /konsept

Brustedet er skjæringspunktet mellom to overordnede landskapsrom. Disse er Farris – med terrengformen det ligger i – og Farriselva i Hammerdalen ned mot sjøen. Veglinja for E18 er fastlagt i forkant av dette arbeidet. Den forholder seg tydelig til Farris og rammer inn og avgrenser dette rommet mot Hammerdalen. Veglinja for E18 bør i så stor grad som mulig fremstå som en del av landskapsformene rundt Farris. Dette gjøres ved å korte inn brua og bygge vegen inn i terrenget med støttemurer av larvikitt. Ved å forankre E18 i terrengformene på hver side, flyttes elveoset lenger ut i Farris enn i dag. På denne måten vil barriere-effekten som vegen innebærer, fremstå som en del av den eksisterende terrengformen. Dagens kompliserte lokalvegssystem og den gamle E18-brua vil med ny E18 på utsiden bli avskåret fra Farris samtidig som den gamle E18 ikke henvender seg mot Hammerdalen nedenfor. Det bør derfor bygges ei ny vegbru for å erstatte dagens lokalvegssystem. Denne nye brua vil henvende seg nedover mot Hammerdalen og danne en avslutning på denne. Mellom disse to vegbrue

vil det danne seg et nytt og mindre rom rundt dagens damanlegg. Dette området bør rustes opp og gjøres tilgjengelig for publikum. Stedet vil hovedsakelig bli tilgjengelig for gående og syklende. Nedenfor dammen bør det etableres ei ny gang- og sykkelvegbru, som blir en del av et helhetlig rekreasjonsvegnett langs Farris.

1.2 Prinsipløsning

E18

Veglinja for E18 er i stor grad fastlagt i forkant av dette arbeidet. Vårt hovedgrep er å plassere en større del av vegen i terreng og dermed korte inn brua fra i overkant av 600 meter til omtrent 150 meter. Brua bygges som ei hvelvbru i tre spenn. Det primære byggematerialet er elementer av larvikitt med mørtelfuger. Veggen bygges på fylling med støttemurer av larvikitt der dette er nødvendig. Der det er hensiktsmessig fylles terrenget opp på baksiden av vegen, slik at den danner en naturlig del av terrenget. Avkjøringsrampe, jernbane og lokalveg, som krysser under E18, blir ført i kulverter gjennom vegkroppen. Veglinja for E18 er optimalisert for å snevre inn midtfeltet over brua (ikke vist på plantegningen). Dette er en fordel både visuelt og kostnadmessig.

Området

Området preges i dag av å være et lite attraktivt sted å oppholde seg. Dette ønsker vi å endre. Vi ønsker å gi området et estetisk og funksjonelt løft som gjør det til et attraktivt rekreasjonsområde for Larviks befolkning. Gjennom valget av larvikitt som byggematerial, gir vi stedet et uttrykk av kvalitet. Dette kombinert med et funksjonelt grep og parkmessig opprusting av arealene, vil gjøre området til en port mot de omkringliggende friluftsområdene og til et oppholdssted i seg selv.

Gang- og sykkelvegssystemet

Vi ønsker å etablere et attraktivt gang- og sykkelvegssystem. Det er også mulig å knytte dette videre til et system mot Bommestad. Vi ser det som viktig at de myke trafikantene får de mest attraktive rutene. Gang- og sykkelvegene er derfor lagt langs vannet i så stor grad som mulig. Det etableres en bryggepromenade under steinhvelvbrua og videre på utsiden av E18 langs Farris. Denne knyttes sammen med en ny gang- og sykkelveg bort til båthavna og videre oppe på løsmassetunnelen. Her knytter den seg til en eksisterende turveg, som går gjennom Bøkeskogen, og det er videre mulighet for å knytte den til en gang- og sykkelveg gjennom den gamle tunnelen på E18. Opp til området ved Larvik Cell knytter systemet seg både til dagens bratte snarveg og til en gang- og sykkelveg langs ny atkomstveg. Ned mot Larvik benyttes traséen til den nederste av dagens to parallelle veger til ny g/s-veg. Man kommer seg over til sørsiden av elva på ei ny gangbru ved damanlegget. Herfra kan man gå utover langs Farris på bryggepromenaden og videre på en framtidig turveg som etableres på det gamle jernbanesporet. Man kan også følge elva nedover på sørsiden eller gå videre oppover. Da kommer man til den gamle vegen langs Farris. Den kan følges utover, eller man kan krysse denne og følge en ny gang- og sykkelveg opp i boligområdet på venstre side.

Lokalveger

Hensikten med utforming av lokalvegnettet er å etablere en brukryssing, som forholder seg til Hammerdalen og forenkler kjøremønsteret. Det etableres en rundkjøring på hver side av brua, som de ulike vegene forgreiner seg ut fra. Rampene fra E18 kommer også inn i disse rundkjøringene. Det oppnås en logisk kjøremåte inn på E18. Det etableres en ny adkomst til

området ved Larvik Cell, som kombineres med en veg videre over løsmassetunnelen og til båthavna.


Beplantning

Det legges opp til en naturlig beplantning i området. Bøk vil være en hovedbestanddel i beplantningen sammen med andre varmekjære treslag. Tanken er at Bøkeskogen forlenges over løsmassetunnelen og gradvis åpner seg ned mot Farris. Det åpne skogpreget brukes også i de andre større områdene i planen. Området mellom østgående rampe og adkomstvegen til båthavna får et ekstra løft ved at det her etableres en rensedam, som utformes som et naturlikt vannspeil. Den lange støttemuren langs E18 mot Farris brytes opp med trær og klatreplanter.

Kollektivtrafikk

Det legges opp til en kollektivterminal på området mellom den gamle E18 og vegen sydover langs Farris. Det tenkes ekspressbusstopp langs rampen, mens lokalbussene stopper inne på selve området. Denne kollektivterminalen er ikke vist, men området er ledig.



Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign.
			Tegn. av: haryen	Kontr.:	Dato: 03.03.09
 Statens vegvesen			Godkj./sign.:		
E18			Saksb.:		
Bommestad - Sky			Bru nr.:		
			PROFnr.:		
			Arkiv ref.:		
Illustrasjonsplan			Målestokk: A1=1:2000 A3=1:4000		
Produseret av: Statens vegvesen, Region sør			Tegn. nr. 01 Rev.		

til kraftverk, og reguleringshøyden er 3 meter. Tidlig høst og vår tappes Farris ned for å kunne fange høst- og vårfloppen. Mattilsynet krever at alt dreneringsvann fra veggen ledes ut av nedbørfeltet til Farris.

Farriselva er regulert og har derfor en meget lav vannføring. Reguleringskonsesjonen medfører ingen plikt til å slippe noen minstevannføring. Det går for tiden lite fisk i elva. Kommunens målsetting er at fisken skal komme tilbake.

Farris Fabrikker (Ringnes) utnytter Kong Olavskilden. Influensområdets areal er estimert til området mellom Farris og Larvikfjorden. Det er ingen andre grunnvannsuttak til drikkevannsforsyning fra området rundt Farriskilden.

Den delen av Numedalslågen som kan få avrenning fra denne parsellen, er vurdert til å ha liten til middels verdi som vannressurs, og den er ikke sett nærmere på i denne sammenhengen.

Tabell 2 gir en oversikt over risiko for vannforurensning og anbefalte tiltak i henhold til konsekvensutredningen som bør settes inn for resipientene Farris, Farriselva, Farriskilden og Numedalslågen ved alternativ 3. Alternativ 3 tilsvarer traséen, som er vist på plantegningen.

Resipient	Risiko	Tiltak
Farris	Direkte forurensning til Farris fra brua og vegstrekningen ca. 300 m øst for miljøtunnelen	Overvann fra veg og bru bør samles opp og ledes ut av nedbørfeltet til Farris.
	Ulykkesutslipp i tunnel	Dreneringssystem bør føre overvann ut av nedbørfeltet til Farris. Vannet bør samles opp i tett tank, rens tank, slamavskiller eller lignende. Ved ulykkesutslipp sikrer rensebassengene at vannet ikke ledes videre til resipient.
	Ulykkesutslipp på vegstrekning øst for miljøtunnelen og på bru	Alt overvann fra veg samles opp og ledes ut av nedbørfeltet til Farris. Overvannet bør renses. For å unngå utforkjøring på bru må det sikres med rekkverk. Det kan være aktuelt med et mer omfattende og sterkt rekkverk enn normalt.
	Partikkelavrenning fra anleggsområdet	Avrenningsvannet må samles opp og renses. Renseløsning under anlegg bør sees i sammenheng med renseløsning under drift. Aktuelle resipienter for rensed overvann er Larvikfjorden og Farriselva. Det bør etableres overvåkningsprogram for aktuelle resipienter, hvor det stilles

		<p>vannkvalitetskrav i rensset vann.</p> <p>Det bør også stilles krav til entreprenørs maskinpark og prosedyrer for arbeidsutførelse og vedlikehold. I tillegg bør det stilles krav til beredskapsplan. Eventuell brakkerigg for anleggsdrift bør tilknyttes tett tank eller offentlig avløpsnett.</p>
	Olje-, bensin- og diesel-lekkasjer i anleggsperioden	Håndtering av slike produkter skal skje på egnede områder, uten risiko for avrenning til Farris. Ved forventet søling, bør vannet ledes til oljeavskiller.
	Oppvirvling av bunnslam	Ved anleggsaktivitet i Farris, blant annet spunting og peling, bør bunnen dekket med filterduk og ballast for å redusere forurensningsspredning. Det bør etableres overvåkningsprogram hvor det stilles vannkvalitetskrav.
	Deponering av masser	Det bør settes krav om at steinmasser fra anleggsarbeidene deponeres slik at de ikke gir skadelig avrenning til Farris. Tildekking av massedeponier kan være et aktuelt tiltak for å redusere avrenning av nitrogenrester fra sprengstoff.
Farriselva	Utslipp av rensset overvann fra veg fra rensebasseng til Farriselva	Vannkvaliteten i Farriselva er i dag tidvis svært dårlig i tillegg til liten vannføring. Hvis rensset avrenningsvann fra veg skal ledes ut i Farriselva, bør vannkvaliteten være god på grunn av liten resipientkapasitet. Det bør fokuseres særlig på metallene kobber og sink. Kommunen ønsker å få sjørreten tilbake til elva, og har restaurert deler av elva.
	Avrenning fra anleggsarbeid. Partikler fra sprenging, tunneldriving og knusing kan gi skarpe, flisige eller nåleformede partikler. Disse partiklene kan gi skader på gjeller hos fisk. Høyt partikkelinnhold kan føre til gjenslamming av elva.	Avrenningsvann fra anleggsområder og tunneldriving må samles opp i sedimentasjonsbasseng. Det må vurderes om aktuell renseløsning gir god nok rensing slik at vannet kan slippes i Farriselva, eller om vannet skal føres i rør ned til Larvikfjorden. Det bør stilles krav til entreprenøren i forhold til grenseverdier for partikkelutslipp.

	Avrenningsvann fra tunnel-driving inneholder også høye konsentrasjoner av ammonium og nitrat i tillegg til høy pH.	
	Utslipp av olje- og kjemikalier kan være et estetisk problem og gi skade på biologiske ressurser.	
Farriskilden	Oppsamling av vann for rensing, fører til redusert mating av grunnvannet.	
Numedalslågen	Påvirkning på vannkvaliteten	Kobberverdiene er ikke høye nok til å påvirke fisk. I tillegg er det stor vannføring og god fortykning.
	Oppsamling av overvann fra veg kan føre til redusert avrenning til Numedalslågen.	

Tabell 2: Oversikt over risiko for vannforurensning og anbefalte tiltak

2.3 Tiltak i bygge- og anleggsfasen

I anleggsfasen vil konsekvensene av anleggsarbeidet primært være knyttet til tilførsel av partikler til vassdrag med de følger dette får for vannkvaliteten og livet i vann, samt ulykkesutslipp til grunnvannreservoarer og overflateresipienter. Konsekvensene vil avhenge av blant annet årstid, anleggsmetoder, plassering av riggområder, mellomlagre og deponier for masser.

Håndtering av vann fra anlegg

I anleggsfasen er forurensningskomponentene i hovedsak bundet til partikler fra tunneldriving og gravearbeid, avrenning av sprengstoffrester og søl fra anleggsmaskiner.

Det bør ses på muligheten for å bygge rensedbasseng i forkant av anleggsarbeidene, slik at disse også kan brukes i anleggsfasen. Tilpasninger må gjøres spesielt for anleggsfasen og driftsfasen. Krav til vannkvalitet i anleggsperioden må fastlegges gjennom ytre miljøplan i henhold til håndbok 151 og utslippskrav fra miljømyndigheter.

Tiltak ved peling, spunting og utfylling av masser

Forslaget til brukonstruksjon medfører at aksene 2 og 3 plasseres i Farris. Ved peling og spunting bør det legges filterduk over sedimentene, eller settes opp siltgardiner. Filterduk eller siltgardiner benyttes for å hindre spredning av partikler. Forurensede partikler kan ha negativ påvirkning på vannkvalitet og organismer. Det er viktig at siltgardinene går helt ned til bunnen og dekker hele vannsøylen, slik at ikke partiklene spres langs bunnen. De hydrodynamiske forholdene i området må legges til grunn for valg av type siltgardin eller filterduk. Erfaringer fra Bjørvika har vist at masser kan legge seg oppå siltgarden slik at denne trekkes ned og under vannoverflaten. Endringer i vannstanden kan føre til at oppsamlede partikler blir resuspendert. Løste metaller kan også passere siltgardinene.

Siltgardiner synes å være mest effektive i områder med grunt vann og lite vannbevegelse. Strømningshastigheten bør ikke overstige 1 m/s. Ved en strømningshastighet på 1 m/s vil en siltgardin med dybde på 1,5 meter bli trukket opp, slik at den effektive dybden er kun 0,9 meter. Gardinen ser ut til å miste sin effekt allerede mellom 0,4 og 0,6 m/s. Strømningsforholdene i det aktuelle området må undersøkes slik at siltgardinene lages hensiktsmessige. Når siltgardiner fjernes, må vannkvaliteten være i henhold til kravene, og man må sørge for at partiklene som er samlet opp ikke løses ut igjen til vannmassene. I ytre miljøplan må det settes detaljerte krav blant annet til prøvetaking, vedlikehold av siltgardinene og rutiner for varsling dersom vannkvaliteten ikke er i henhold til kravene.

Tiltak ved ulykkesutslipp

Det må foreligge varslingsrutiner/beredskapsplaner ved ulykker langs Farris. For å forebygge ulykkesutslipp under anleggsfasen må det vurderes blant annet påfyllingsplass for drivstoff, parkeringsarealer for anleggsmaskiner og erosjonshindring ved avdekking av masser/massedeposering. Ved avrenning fra masser med høy pH, for eksempel i forbindelse med sprenging i tunnel, må syredosering vurderes.

Vannbalanse

Det er viktig at anlegging av veg ikke bidrar til å påvirke balansen mellom nedbør, bekker/elver, innsjøen og grunnvannet, eller forstyrrer dynamikken mellom disse elementene. Larvik kommune har i sin kommuneplan «By 2006 - 2018» definert Farriskildens (Farris fabrikk, Ringnes) influensområde som området avgrenset av Østre brygge i sørøst, Rosendal i sørvest, nordre del av Hammerdalen i nordvest og nordre del av Bøkeskogen i nordøst.

Håndtering av masser

Masser er en viktig ressurs. Det bør avsettes/reguleres områder til mellomlagring av masser, og det bør lages en massedisponeringsplan som tilstreber gjenbruk av massene lokalt. I den planlagte traséen er det estimert et masseoverskudd på 350 000 m³, der 200 000 m³ er sprengte steinmasser. Kvaliteten på massene må vurderes med tanke på hva de kan brukes til, blant annet bør sprengstein sannsynligvis ikke lagres i områder hvor det er mulighet for avrenning til Farris.

Fjerning av eksisterende veg/bru

På grunn av den store trafikkmengden og manglende omkjøringsveger virker det sannsynlig at "gamlevegen" fjernes/rives først når ny veg er klar for åpning. Det vanlige i dag er at mest mulig av vegen som fjernes, går til gjenbruk. Dette gjelder alle lag i vegkonstruksjonen. Det vil være behov for materialer til anleggsveger og til andre parseller på E18. Det foreligger i dag gode rutiner for håndtering av gjenbruksmaterialene.

Asfalt tillates ikke deponert. Den skal kun mellomlagres for seinere gjenbruk (jf. KFA-ordningen). Rivningsmasser fra bru (betong og stål) kan gjenbrukes. Det bør sjekkes om PCB-holdig maling eller avrettingsmasse er blitt brukt i brukonstruksjoner som skal rives.

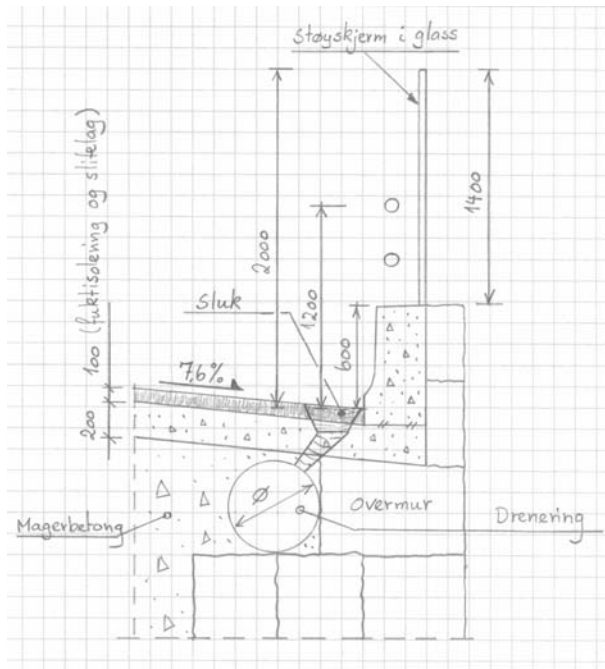
2.4 Tiltak i driftsfasen

Tiltak for å unngå ulykkesutslipp i Farris

Det må settes inn tiltak for å redusere sannsynlighet for og konsekvens av ulykker. For å forebygge ulykkesutslipp må det vurderes rekkverkstype og drems- og renseløsning. Rekkverket på brua over Farriseidet må gi ekstra sikring mot utforkjøring. Brua må ha en

dreneringsløsning for alt overvann fra veg, og dette overvannet bør ledes til en renseløsning.

Figur 2 viser i prinsipp dreneringsløsningen for overvann i vegprofilen og kjøresterkt rekkverk med støyskjerm på toppen. Det bør ikke benyttes wirerekkverk, da dette kan føre til oppskjæring av tanker ved trailervelt. I figuren er det skissert stålørersrekkverk. I tilknytning til Farris er det mye fugl, og dette må det tas hensyn til ved valg av støyskjerm.



Figur 2: Prinsippskisse av drenering, rekkverk og støyskjerm

Tiltak for å unngå spredning av overvann fra veg til Farris

Forurensningskomponenter fester seg til partikler. Resultater fra POLMIT-prosjektet viser at det aller meste av forurensningene faller ned innenfor 5 meter fra vegen, og ved en avstand på 30 meter er man nede på bakgrunnsnivå /1/. Basert på disse opplysningene er det sannsynlig at arealer mer enn 20 meter utenfor vegen blir lite påvirket av støvnedfall /2/. En støyskjerm kan potensielt endre luftstrømmen slik at partiklene ikke sprer seg til Farris. Det finnes et eksempel på krum støyskjerm på E6 ved Oslo, men det er ikke vurdert om forurensningsspredningen reduseres som følge av bruk av støyskjerm. Plassering og vinkel på støyskjermer bør vurderes med tanke på solinnstråling på vegen. Dersom støyskjermer fungerer som skygge på veibanen, vil dette hindre smelting av snø på vegen.

For å fange opp salt, har det i noen prosjekter vært lagt kantstein på yttersiden av asfalten i kombinasjon med driftsmessige tiltak hvor oppsamling inngår (kosting og suging eller lignende). Dette har vist seg som en effektiv oppsamlingsmetode.

En mulighet for å redusere saltforbruket på brua, kan være å gjøre nærmere undersøkelser av muligheten for å benytte vannbåren overskuddsvarme i brubanen – kanskje fra nærliggende industri – eller geovarme/varmepumper, eventuelt varme fra sjøvann. Her nevnes teoretiske beregninger med tanke på effektgrad, vurderinger i forhold til lufttemperaturer, vil betongen eller vegdekket tåle vannrør med varme og hvor/hvordan monteres vannrør. Det er i dag lite erfaring med bruk av varme på veg og bru. Dersom denne muligheten skal vurderes, må det først vurderes om det er behov for å redusere saltforbruket på brua med tanke på utslipp til

resipient.

Vegdekker med gummigranulat (våt prosess) kan være gunstig med tanke på å unngå tynn ishinne, men slike dekker må spesialbestilles. Vedlikehold og dekkefornyelse kan by på problemer, da det må være en viss omsetning av produktet for at det skal være tilgjengelig til en akseptabel pris.

Mattilsynet krever at det ikke skal være avrenning av overvann fra veg til Farris og derfor bør ikke snø deponeres i nedbørfeltet til Farris. Ved deponering bør det sikres at avrenningen ikke skjer til Farris, men til renseløsningen.

Veganlegget bør utformes slik at maskinell vegetasjonsfjerning er mulig, slik at man kan unngå bruk av plantevernmidler. Krav til metoder for rydding av kantvegetasjon stilles gjennom funksjonskontrakter for drift og vedlikehold.

Skjermer for støy, støv og sprut

I denne rapporten er støyskjerming mot nærområder ikke vurdert. Støyskjermer på bru planlegges med en høyde på 2 meter. I tillegg bør det vurderes om hele strekningen mellom tunnelen ved Bøkeskogen og bru over Farris eidet bygges med støyskjermer for å redusere sprut fra overvann på veg og avrenning til Farris.

Asfalt og støv

For å utvikle minst mulig støv anbefaler etatsprosjektet «Miljøvennlige vegdekker» at det velges tilslag med svært god mekanisk styrke (dette gjøres rutinemessig på høytrafikkerte veger). Grovere tilslag vil gi redusert slitasje, men mer støy. En Ska 16 (med PMB, fiber og god steinkvalitet) vil gi minst slitasje og lengst levetid. På grunn av begrensning med hensyn på støy må man gå ned i steinstørrelse og ta utgangspunkt i en Ska 8 (med PMB, fiber og god steinkvalitet). Dersom det allikevel skal være støyskjermer, må det vurderes om det er behov for å velge asfalt som gir lite støy.

2.5 Rensing av overvann og vaskevann fra veg/tunnel

Et forslag til renseløsninger for vaskevann fra tunneler og overvann fra nytt veganlegg presenteres nedenfor. Det skisseres plassering og utforming av renseløsningen, og det gis et grovt anslag på dimensjoner og forventet renseevne. Vannforekomster som skal beskyttes for overvann fra veg er Farris, Farriselva og Farriskilden.

Det foreslås et felles renseløsseng for strekningen fra tunnelen ved Bøkeskogen til tunnelen i Martineåsen inkludert tunnelene. Overvannsmengder fra tunnelene og vegstrekningen mellom disse er estimert. Lavbrekket på strekningen ligger inne i tunnelen ved Bøkeskogen. Renseløsningen tilpasses omgivelsene og utviklingsplanene for øvrig, og estetikk er derfor vektlagt.

Mattilsynet krever at alt dreneringsvann fra vegen ledes ut av nedbørfeltet til Farris. Dette innebærer at alt rensset vann enten må ledes til Farriselva, til offentlig avløpssystem, pumpes i dreneringsløsning til Larvikfjorden eller slippes ut i Farris.

Kjemiske og biologisk tilstand i Farriselva er beskrevet i *Konsekvensutredning, temarapport vannressurser*. Vannkvaliteten er klassifisert til dårlig – mindre god. Kommunens målsetting

er at fisk i Farriselva skal komme tilbake. Man ønsker økt vannføring i elva og er bekymret for økt forurensning og tilslamming av gyte- og oppvekstområder.

Følgende tiltak anbefales for behandling av overvann fra veg og tunnel:

- I hver av tunnelene settes det opp sedimentasjonsbasseng og oljeavskiller.
- Vann fra begge tunnelene og dagsonen ledes til et rensebasseng før det ledes ut til resipient.
- Det utarbeides drift- og vedlikeholdsinstruks for sedimentasjonsbassengene, oljeavskiller og rensebassenget for å sikre optimal effekt av renseløsningene.

Sedimentasjonsbasseng og oljeavskiller

I hver av tunnelene bør det settes opp sedimentasjonsbasseng og oljeavskiller. En oljeavskiller fjerner oljen som flyter på overflaten av vannet. Sedimentasjonsbasseng benyttes primært for å fjerne grovt materiale som sand, ved at tyngre partikler synker til bunns. Sedimentasjonsbassenget plasseres ofte i den ene enden, mens oljeavskillingen foregår i den andre enden av rensebassenget. Partikler og olje pumpes eller suges opp i en tankbil. Ved større avrenningsepisoder vil prefabrikkerte oljeavskillere kunne gi risiko for utslipp av olje. For å opprettholde en akseptabel anleggsfunksjon og renskapasitet for slike oljeavskillere kreves det regelmessig tilsyn og opprensning.

Ved tunnelvask kan det være høy avrenning, noe som kan gi en hydraulisk misfunksjon i prefabrikkerte oljeavskillere. For å forebygge dette kan oljeavskilleren utformes som en dam, hvor volumet også tilpasses slik at det er stort nok til å fange opp oljesøl fra et tankbilvelt (ca. 30 m³).

Dimensjonering av rensebasseng

Forurensning knyttet til vegtrafikken samles opp i overvann i tunneler, selv om noe blir spredd til luft som svevestøv. Akkumulert vegstøv og forurensninger på tak og vegger fjernes gjennom feiing og vasking av tunnelen. Forurensningskomponenter i vaskevann fra tunneler består av de samme forurensningene som påvises i overvann fra veg, men i høyere konsentrasjoner. I tillegg kommer såpen som anvendes under vaskingen.

Tidligere undersøkelser har vist at mellom 50 og 90 prosent av de viktigste forurensningskomponentene i vaskevannet er knyttet til partikler /5/. Sedimentasjon av partikler bidrar til en effektiv fjerning av forurensningsstoffer med unntak av sink, som har en relativ lav rensegrad (~ 50 prosent). Dette gjelder heller ikke for vegsalt, som ikke kan fjernes/renses, men kan fortynnes.

Beregningene er basert på grove anslag, og bør vurderes på nytt før endelig dimensjonering og prosjektering av anleggene.

Tabell 3 viser beregnet forurensningskonsentrasjon før og etter rensing av vaskevann fra begge tunnelene. Vaskevannet vil erfaringsmessig ha høy pH (opp mot pH 9), men den vil trolig være lavere etter behandling i rensebassenget.

Beregnet forurensningskonsentrasjon for tunnelene i Martineåsen og ved Bøkeskogen er vist i Tabell 3 og Tabell 4. Tabellene viser konsentrasjon før og etter rensing i rensebassenget. Det er tatt utgangspunkt i at tunnelen i Martineåsen er ca. 1 375 meter og tunnelen ved Bøkeskogen er ca. 960 meter. Veggen har fire felt. Beregningene er basert på målinger fra

Nordbyttunnelen i Akershus, og det antas en lineær sammenheng mellom ÅDT og forurensningsproduksjon. Det er mulig at man kan anta en større rensegrad dersom det etableres et sedimenteringsbasseng i hver av tunnelene før vannet ledes til rensbassenget.

Tunnel i Martineåsen						
	ÅDT: 12.600 (år 2006)			ÅDT: 18.000 (~ år 2030)		
	Konsentrasjon	Rensegrad i prosent	Konsentrasjon etter rensing	Konsentrasjon	Rensegrad i prosent	Konsentrasjon etter rensing
SS g/L	33,78	90	3,38	48,26	90	4,83
TOC mg/L	10725	80	2145	10725	80	2145
P mg/L	101,35	80	20,27	144,79	80	28,96
Cu µg/L	5743	80	1149	8205	80	1641
Zn µg/L	84459	50	42230	120656	50	60328
Pb µg/L	1182	80	236	1689	80	338
Cd µg/L	47,30	80	9,46	67,57	80	13,51
Ni µg/L	1081	80	216	1544	80	309
Cr µg/L	1047	80	209	1496	80	299
PAH µg/L	33,78	70	10,14	48,26	70	14,48
Benzo(a) pyren µg/L	0,68	70	0,20	0,97	70	0,29

Tabell 3: Beregnet forurensningskonsentrasjon før og etter rensing for tunnelen i Martineåsen

Tunnel ved Bøkeskogen						
	ÅDT: 14.050 (år 2006)			ÅDT: 20.000 (~ år 2030)		
	Konsentrasjon	Rensegrad i prosent	Konsentrasjon etter rensing	Konsentrasjon	Rensegrad i prosent	Konsentrasjon etter rensing
SS g/L	26,30	90	2,63	37,44	90	3,74
TOC mg/L	7488	80	1498	7488	80	1498
P mg/L	78,90	80	15,78	112,32	80	22,46
Cu µg/L	4471	80	894	6365	80	1273
Zn µg/L	65754	50	32877	93600	50	46800
Pb µg/L	921	80	184	1310	80	262
Cd µg/L	36,82	80	7,36	52,42	80	10,48
Ni µg/L	842	80	168	1198	80	240
Cr µg/L	815	80	163	1161	80	232
PAH µg/L	26,30	70	7,89	37,44	70	11,23
Benzo(a) pyren µg/L	0,53	70	0,16	0,75	70	0,22

Tabell 4: Beregnet forurensningskonsentrasjon før og etter rensing for tunnelen ved Bøkeskogen

I tillegg til tunnelvaskevann vil rensbassenget motta overvann fra veg i dagsonen. Beregnet forurensningskonsentrasjon for overvann fra E18 i dagsonen er vist i Tabell 5. Det er tatt utgangspunkt i en vegbredde på 25 meter. Beregningene er basert på utslippsfaktorer gitt i /2/, og det antas en lineær sammenheng mellom ÅDT og forurensningsproduksjon.

Vann fra dagsonen					
		ÅDT: 14.000		ÅDT: 20.000	
Stoff	Konsentrasjon	Estimert forurensningsproduksjon		Estimert forurensningsproduksjon	
		g/km per år	Konsentrasjon	g/km per år	Konsentrasjon
Pb µg/L	19,80	277,20	24,00	336,00	
Cu µg/L	57,61	806,49	64,30	900,19	
Zn µg/L	110,60	1548,40	143,00	2002,00	
Cd µg/L	0,31	4,37	0,36	5,04	
Cr µg/L	2,44	34,16	3,40	47,60	
Ni µg/L	2,32	32,48	3,10	43,40	
Hg µg/L	0,10	1,40	0,10	1,40	
P mg/L	0,20	2,82	0,22	3,09	
N mg/L	1,92	26,88	2,10	29,40	
SS mg/L	93,94	1315,17	101,74	1424,37	
olje mg/L	0,48	6,66	0,68	9,52	
PAH µg/L	1,20	16,78	1,34	18,78	
Benzo(a) pyren µg/L	0,02	0,27	0,03	0,39	

Tabell 5: Beregnet forurensningskonsentrasjon i overvann i dagsonen

I Tabell 3, Tabell 4 og Tabell 5 er det vist beregninger for ulike ÅDT-verdier. ÅDT-verdiene for 2006 er registrerte verdier. ÅDT-verdiene for 2030 er en skjønsmessig oppjustering av verdiene for 2006.

Ved ulykkesutslipp vil avrenning til bassenget gi mulighet for oppsamling av forurensningen før utslipp til resipient. Dette forutsetter at utløpet kan stenges, og at dette gjøres raskt etter ulykken. Dykket utløp vil fungere som oljeavskiller ved utslipp samtidig som det er gunstig for å redusere faren for bunnfrysing og at eventuelle episoder går i overløp.

Dimensjonerende vannmengder

Tabell 6 viser estimert vannmengde produsert ved en helvask for begge tunnelene basert på tunnallengde, ÅDT, vannforbruk og avrenningskoeffisient. Forbruk av vann og såpe varierer med vaskeoperasjonen. Helvask gir det største forbruket av vann og såpe. Anvendt såpe utgjør 0,2 - 0,5 prosent av det totale vannforbruket. Ved økt vannforbruk og økt vaskehypighet vil trolig stoffkonsentrasjonene i vaskevannet bli lavere, som følge av fortykning og reduserte akkumulerte stoffmengder mellom vaskeperiodene. Akkumulerte stoffmengder vil også være påvirket av hvor effektivt ventilasjonssystemene i tunnelene fjerner svevestøv.

Tunnel ved Bøkeskogen. 960 m			
	Vest	Øst	Begge kjørebane
Tunnellengde, km	0,96	0,96	
Vannforbruk for 2 felt, m ³	52	52	
Gjennomsnittlig avrenningsfaktor	0,75	0,75	
Vannforbruk, m ³			75
Tunnel i Martineåsen. 1375 m			
Tunnellengde, km	1,38	1,38	
Vannforbruk for 2 felt, m ³	52	52	
Gjennomsnittlig avrenningsfaktor	0,75	0,75	
Vannforbruk, m ³			107
Totalt vannforbruk for tunnelene			
Tunnellengde, km	2,34	2,34	
Vannforbruk for 2 felt, m ³	52	52	
Gjennomsnittlig avrenningsfaktor	0,75	0,75	
Totalt vannforbruk, m³			182

Tabell 6: Estimert mengde tunnelvaskevann ved helvask

I denne rapporten er det også gjort et grovt overslag på overvannsmengdene ved ekstreme nedbørstilfeller som vil tilføres rensebassenget fra dagsonen, altså fra vegstrekningen mellom tunnelen i Martineåsen og ved Bøkeskogen. Det er kun tatt hensyn til regnvannet som vil falle på vegen og ikke vann som eventuelt kan komme fra grøfter. Overslaget er basert på nedbørsdata fra Torp ved Sandefjord, og det forutsettes at nedbørsmengdene på parsellen Bommestad - Sky er tilsvarende. For å ta høyde for eventuelle klimaendringer er det dimensjonert i forhold til hundre års returperiode, noe som utgjør en ekstrem regnepisode. Beregningene er gjort ved hjelp av den rasjonelle formelen

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

der avrenningskoeffisienten $C = 0,75$, nedbørsintensiteten (basert på hundre års returperiode og tilrenningstid på 10 minutter) $i = 343 \text{ L/s} \cdot \text{km}^2 / 19/$ og nedbørfeltets areal $A = 0,024 \text{ km}^2$. Beregningene viser at ved en ekstrem regnværsepisode vil det være ca. $6 \text{ m}^3/\text{s}$ avrenning fra vegarealet i dagsonen på vegstrekningen mellom tunnelen i Martineåsen og tunnelen ved Bøkeskogen.

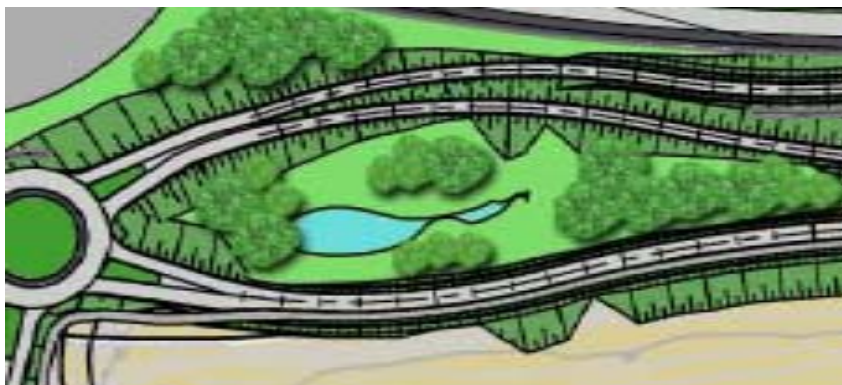
Rensebassengets utforming

Rensebassenget bør være så stort at det rommer alt vaskevann som tilføres ved en helvask av tunnelene og vann fra dagsonen. Bassenget bør ha dykket utløp for å hindre akutte utslipp av olje og drivstoff. Tilført vaskevann bør ha en oppholdstid i sedimentasjonsbassenget slik at partiklene sedimenterer og de akutte giftige såpekomponentene brytes ned. Oppholdstiden må være i henhold til gjeldende lovverk. Rensebassenget bør konstrueres for ideelle sedimenteringsforhold:

- Forholdet mellom lengde og bredde bør være 3:1 eller 4:1 for å sikre rolig, langsgående strømning.
- Det bør etableres en energidreper ved innløp for å unngå turbulens og erosjon.
- Bassenget utformes med et forsedimenteringskammer med størrelse som utgjør ca. 10 prosent av totalt vannvolum. Større partikler, primært sand, kan fjernes i et forsedimenteringsbasseng. Forsedimenteringsdelen kan integreres i hovedbassenget.

Rensebasseng bør være mellom 0,5 og 2 meter dypt. I henhold til beregningene ovenfor vil tunnelen ved Bøkeskogen gi 75 m^3 vaskevann, mens tunnelen i Martineåsen vil gi 107 m^3 vaskevann. Overvann fra dagsonen vil utgjøre 6 m^3 . Totalt nødvendig volum på rensebassenget er ca. 200 m^3 . Det kan lages avskjærende grøfter fra vegens sideareal, slik at det kun er vann fra tunnelene og vegbanen som havner i rensebassenget. For å unngå at bassenget står tomt deler av året, kan det vurderes om eventuelle innlekkasjer fra tunnel/vegens sideareal og fordampning skal taes med i beregningene. Bassenget er tett i bunnen og vil ikke gi lekkasjer til grunnvannet.

Med bakgrunn i anbefalte størrelsesforhold for rensebasseng bør rensebassenget være minst 0,5 meter dypt, 8 meter bredt og 50 meter langt. Det bør vurderes om minimum vannstand bør settes til 0,5 meter og maksimum vannstand settes til 1 meter, noe som reduserer faren for opptørking og bunnfrysing. Det er ønskelig at rensebassenget fremstår som et naturligt vannspeil. Kantene bør skrånes for å lette vegetasjonsetablering og for å gjøre bassenget sikrere ved ferdsel i området. Figur 3 viser forslaget til utforming av rensebassenget.



Figur 3: Utforming av rensebasseng med beliggenhet på østsiden av Farriselva

Rensebassengets beliggenhet

Det foreslås at rensebassenget legges til arealet på østsiden av Farriselva (se Figur 4). I hver av tunnelene lages det sedimenteringsbasseng og oljeavskiller for vaskevann og ulykkesutslipp. For å få plass til sedimenteringsbasseng og oljeavskiller bør det sprenges ut/graves ut ekstra rom i tunnelene. Det bør etableres et automatisert system for stenging ved ulykkesutslipp. Beskrivelsene av sedimenteringsbassengene, oljeavskillerne og rensebassenget må detaljeres. Det er ikke tatt hensyn til lavbrekkspunktet ved løsmassetunnelen i Bøkeskogen. Vannet må derfor pumpes fra tunnelen ved Bøkeskogen til rensebassenget. Videre foreslås det fire mulige endepunktsløsninger for rensset overvann:

- i) Renset vann ledes ut i Farriselva

Kommentar:

I henhold til konsekvensutredningen er Farriselva laks- og sjørrettførende, og det må derfor avklares om det tillates utslipp av rensset vann i elva. Dagens situasjon er at det går lite vann i Farriselva – noe som trolig ikke kommer til å endres. Vannkraftverket er eid av Fritzøe Skoger, som har et vanninntak i Farris. I henhold til temarapporten *Naturressurser - vannressurser* medfører reguleringskonsesjonen ingen plikt til å slippe ut minstevannføring. Dette fører til at det i dag ikke går fisk i elva. Det medfører også liten mulighet for fortykning ved utslipp av overvann fra veg. Ved hjelp av vannforvaltningsforskriften kan vann-

regionmyndigheten sette krav til økt vannføring. En annen mulighet for å øke fortynningen av rensset vann fra rensbassenget, er å føre rent vann fra eventuelle lekkasjer i tunnelene og fra grøfter til rensbassenget.

- ii) Rensset vann ledes i rør via drenering fra rensbassenget til Larvikfjorden

Kommentar:

Forslaget går ut på å lede rensset vann i rør fra rensbassenget til Larvikfjorden. Dreneringsløsningen gir ikke utslipp av rensset overvann til Farris eller Farriselva. Et grovt overslag på drenering til Larvikfjorden, ca. 1 200 meter i luftlinje, er som følger:

Eablering, rigg og drift	300.000
Boring av pilot Ø280 mm, lengde 1 200 meter á kr 3 000,-	3.600.000
Utvidelse til Ø660 mm og trekking av PE-rør Ø400 mm á kr 4 000,-	<u>4.800.000</u>
Til sammen	<u>8.700.000</u>

I tillegg kommer mva.

- iii) Rensset vann ledes ut i Farris

Kommentar:

Mattilsynet krever at alt dreneringsvann fra vegen skal ledes ut av nedbørfeltet til Farris. Dersom dette også gjelder rensset overvann fra veg, vil denne løsningen ikke være aktuell. Løsningen krever gode rutiner for kontroll av rensset vann som slippes ut i Farris. Rensbassenget renses ikke for vegsalt.

- iv) Rensset vann kobles til offentlig avløpssystem

Kommentar:

Ifølge Larvik kommune er det ikke avløpssystem i området rundt rensbassenget. Nærmeste offentlige avløpssystem er ved bensinstasjonen (Esso), med beliggenhet på vestsiden av Farriselva. Det må eventuelt undersøkes om avløpsnett kan ta i mot overvann fra veg. Kostnader ved denne løsningen er ikke vurdert.



Figur 4: Tegningen viser forslag til plassering av rensebassenget i området på østsiden av Farriselva

Forslag til renseløsning og videre arbeid

Forurensninger i avrenning fra nytt veganlegg er beskrevet, konsentrasjoner er estimert og behovet for rensing er vurdert. Det er foreslått bygging av rensebasseng i arealet på østsiden av Farriselva. I hver av tunnelene settes det opp sedimentasjonsbasseng og oljeavskiller. Rensebassenget forventes å fjerne 50 - 80 prosent av viktige forurensningskomponenter. Overflatearealet til rensebassenget er estimert til ca. 400 m². Det er foreslått bygd som et grunt basseng med dybde ca. 1 meter. Dette vil utgjøre en minimal sikkerhetsrisiko med tanke på drukning og bør derfor kunne bygges uten gjerder. Det vektlegges at rensebassenget skal fremstå som et naturlikt vannspeil med beplantning langs kantene. Areal av vegflater og andre størrelser i beregningene er grovt anslått og må gjennomgås på nytt før endelig prosjektering.

Det foreslås at rensset overvann enten slippes ut i Farriselva, ledes i rør til Larvikfjorden, slippes ut i Farris eller kobles til offentlig avløpsnett. I henhold til krav fra Mattilsynet anbefales det ikke at rensset vann slippes ut i Farris. Med bakgrunn i kommende krav i vannforskriften og Larvik kommunes målsetting om at fisken skal komme tilbake til Farriselva, bør tilført overvann fra planlagt veg og tunnel ikke forringe vannkvaliteten. I forhold til endepunktløsninger for rensset overvann bør det gjøres nærmere undersøkelser i forhold til:

- Beregninger av forventet vannkvalitet i Farriselva ved utslipp av rensset vann.
- Resipientenes tåleevne for utslipp av rensset vann (Farriselva, Larvikfjorden og Farris).
- Hvilke krav til vannføring og vannkvalitet i Farriselva stiller vannregionmyndigheten gjennom vannforvaltningsforskriften? Det bør også undersøkes om det tillates utslipp av rensset vann i Larvikfjorden.
- Når rulleres konsesjonen til vannkraftverket som eies av Fritzøe Skoger?
- Kan avløpsnettet ta i mot rensset overvann fra veg? Dersom avløpsnettet kan ta i mot rensset overvann, bør det undersøkes hvilke tekniske utfordringer som foreligger ved oppkobling til avløpsnettet.

3. Bru- og geotekniske løsninger

Det er foreslått ei steinhvelvbru i tre spenn med total brulengde på ca. 150 meter. Største frie høyde i buene over normalvannstanden er 12 meter.

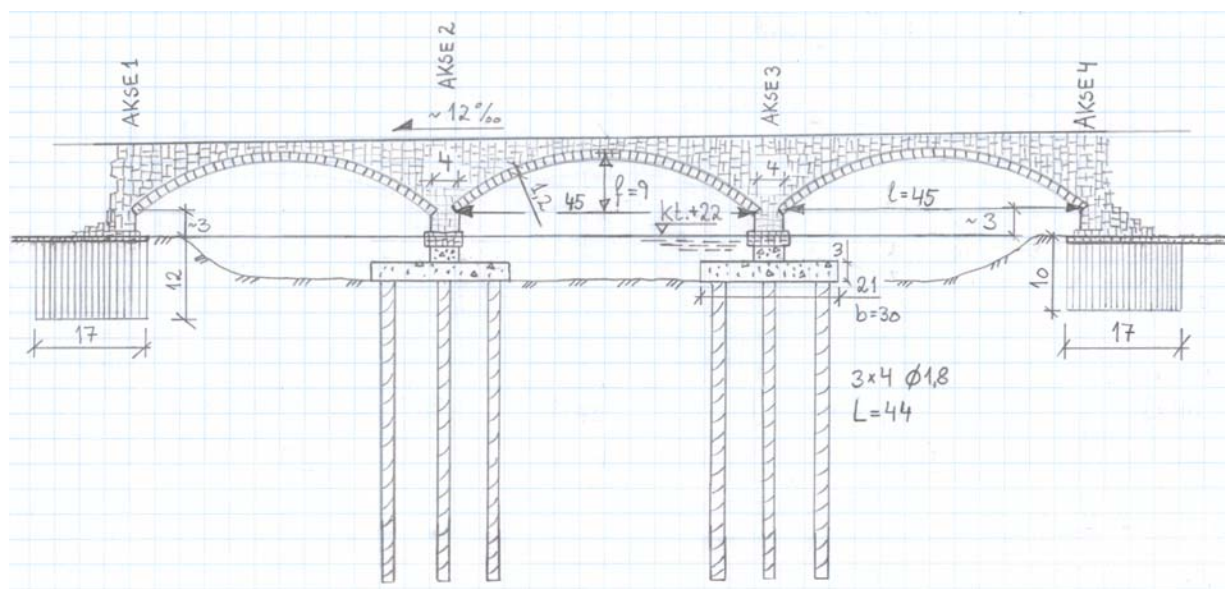
Brua fundamenteres på borede peler i aksene 2 og 3 og sålefundamenterte landkar på blokker av grunnforsterket jord ned til den faste morenen. Alternativt kan også landkarene fundamenteres på peler.

3.1 Hvelvkonstruksjon

Et tverrsnitt av hvelvkonstruksjonen ved krona er vist i Figur 6. Hvelvet består av blokk av larvikitt, og blokkhøyden er 1 200 mm. Overmuren etableres med magerbetong i midten og blokk av larvikitt på sidene. Øverst legges ei armert betongplate med tykkelse 200 mm, og over denne kommer så belegning/slitelag. Ensidig tverrfall på 6,8 prosent fører til at høyden på overmuren ved krona øker fra 1 100 mm på den ene siden av brua til 1 800 mm på den andre.

I hvelvet legges blokkene i forband, og det støpes ut med mørtel i fugene. Det foreslås to blokkdimensjoner i hvelvet på henholdsvis $1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \text{ m}^3$ og $1,2 \cdot 1,0 \cdot 2,0 \text{ m}^3$, hvor den siste dimensjonen er den typiske blokkstørrelsen med masse 6 700 kg. Det etableres ledd ved kemper i byggefase, og dette leddet støpes igjen etter at bue og overmur er ferdige. Buen kan da ha jevn tykkelse. En forenklet beregning viser en største trykkspenning i bruddgrensetilstand på ca. 6 MPa ved kemper.

Det antas en lysåpning på 45 meter og en pilhøyde på 9,0 meter. En skisse av brua i oppriss med foreslått fundamentering er vist i Figur 5, og tverrsnittet er vist i Figur 6.



Figur 5: Skisse av brua i oppriss

3.1.1 Veglinje og brubredde

I tillegg til kravene til vegbredde som følger av håndbok 017 /7/, er det særlig to forhold som påvirker brubredden:

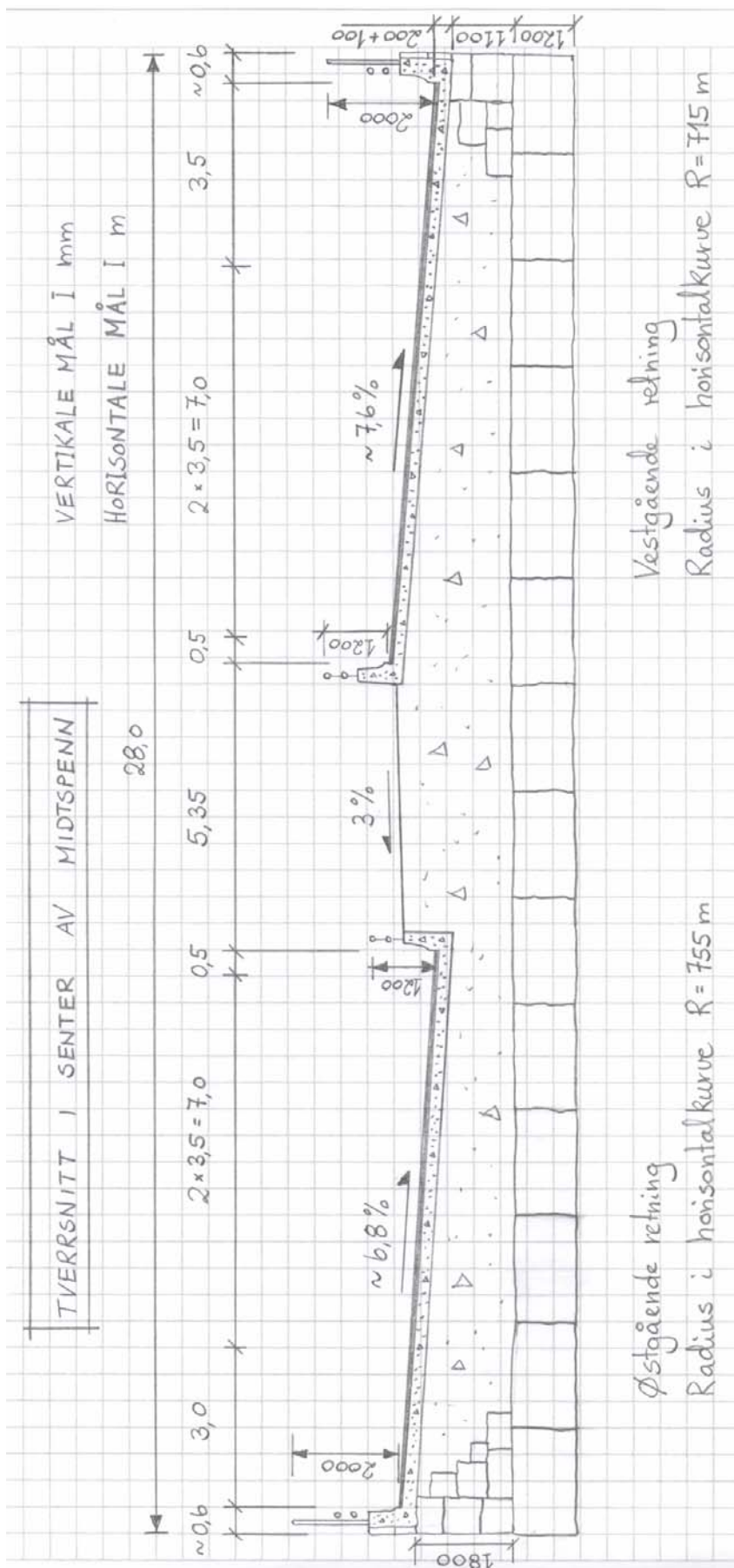
1. Rett vest for brua, omtrent 300 meter fra akse 4, skal traséen gå i tunnel gjennom Martineåsen i to adskilte løp med ca. 10 meter avstand. Dette gir viktige føringer for avstanden mellom kjørebanelene på brua.
2. Vegtraséen over brua går i en horisontalkurve. Radius for vestgående kjøreretning er 715 meter og østgående kjøreretning 755 meter. Derfor må enten brubredden økes, se Figur 6, eller så må over- og underbygningen dimensjoneres for en betydelig horisontal kraftkomponent på tvers av bruaksen.

Den geometriske betydningen av horisontalkurven på brua er vist i Figur 7.

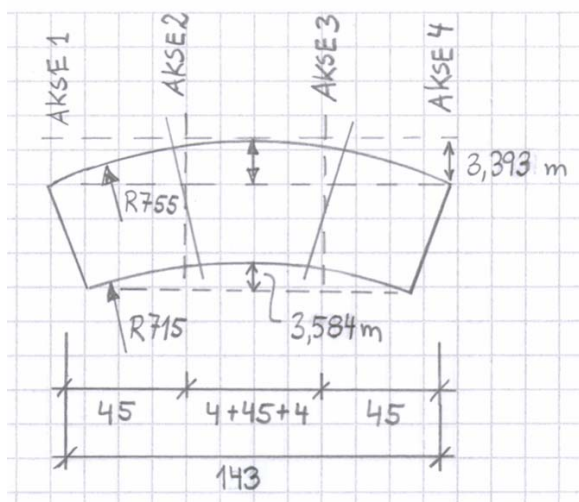
Aksene er plassert i følgende profilnummer – se Figur 10:

- Akse 1: 4041
- Akse 2: 4089
- Akse 3: 4138
- Akse 4: 4186

Denne plasseringen er gjort ut fra en grov vurdering, og det kan kanskje være mer optimalt å forskyve hele brua noen meter i den ene eller andre retningen. Aksene 1 og 4 er her definert å ligge 3 meter bak fotpunktet for buehvelvet.



Figur 6: Tverrsnitt i senter av midtspenn



Figur 7: Prinsippskisse av bruas horisontalkurvatur

Horisontalkrumningen tas opp med knekker i aksene 2 og 3. Alternativet er å utvide brua i bredderetning. Denne løsningen anbefales ikke fordi brua allerede er 28 meter bred.

I denne rapporten er det lagt til grunn at horisontalkurven tas opp i knekker i aksene 2 og 3. Selve fundamentet i aksene 2 og 3 må derfor utformes som en kile. Den totale vinkelendringen i knekkene (kilevinkelen) er gitt ved uttrykket

$$\alpha = \frac{l}{R}$$

hvor l er spennvidden og R er krumningsradius. Den totale horisontale kraften H_T , som må tas opp i fundamentene i akse 2 og 3 er da gitt ved uttrykket

$$H_T = 2H \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \simeq H\alpha = \frac{l}{R} H$$

hvor H er den horisontale trykkraften i buen.

3.1.2 Vurdering av bruløsning og bruestetikk

Det er krevende å utvikle visuelt gode bruløsninger når veglinja har betydelig vertikal- og horisontalkurvatur, særlig ved lav høyde over terreng/vannlinje. For steinhvelvbruer – og for bjelke-/kassebruer med varierende høyde på overbygningen – er det særlig viktig å løfte buens (overbygningens) underkant ved opplegg et stykke opp fra terreng/vann for å unngå et tungt uttrykk. Dette er her løst ved å legge de tre hvelvene så høyt som mulig i forhold til nødvendig høyde fra hvelv til kjørebane.

3.1.3 Kotehøyder for underkant sålefundament

Farris er regulert. Laveste regulerte vannstand, LRV, er ved kote +20,25. Høyeste regulerte vannstand, HRV, ligger på kote +23,25. En representativ midlere vannstand for store deler av året ligger på kote +22. Det antas at underkant såle på de ulike konstruksjonselementene kan etableres på følgende kotehøyder:

- Steinhvelvbru, aksene 1 og 4: kote +21,0 (se Figur 5)
- Steinhvelvbru, aksene 2 og 3: kote +15,0 (se Figur 5)
- Kulvert for avkjøringen fra E18 til Larvik: kote +23,3 (se Figur 13)
- Kulvert for Sørlandske hovedveg: kote +29,4 (se Figur 14)
- Kulvert for jernbanetraséen: kote +23,5 (se Figur 15)

- Tørrmur foran vegfylling: koter tilpasses landkarene ved akse 1 og 4 og terrenget for øvrig.

3.1.4 Fundamentlaster

Fundamentlaster er beregnet basert på en forenklet analyse av egenvekt og trafikklaster i hovedspenn.

Følgende verdier brukes for egenlast:

- Armert betong: 25,0 kN/m³
- Magerbetong: 23,0 kN/m³
- Larvikitt i hel blokk: 27,3 kN/m³
- Slitelag 100 mm: -
- Rekkverk: -
- Kantbjelke: -
- Støyskjerm: -

Beregning av egenlast av bru per meter i tverretning – se Figur 6:

Høyre side ved buens toppunkt:	$0,2 \cdot 25,0 + (1,1 + 1,2) \cdot 27,3 =$	67,8 kN/m
Mellom kjørebane ved buens toppunkt:	$2,0 \cdot 23,0 + 1,2 \cdot 27,3 =$	78,8 kN/m
Venstre side ved buens toppunkt:	$0,2 \cdot 25,0 + (1,8 + 1,2) \cdot 27,3 =$	86,9 kN/m

Høyre side ved buens fotpunkt:	$0,2 \cdot 25,0 + (1,1 + 9 + 0,6) \cdot 27,3 =$	297,1 kN/m
Mellom kjørebane ved buens fotpunkt:	$(2,0 + 9) \cdot 23,0 + 0,6 \cdot 27,3 =$	269,4 kN/m
Venstre side ved buens fotpunkt:	$0,2 \cdot 25,0 + (1,8 + 9 + 0,6) \cdot 27,3 =$	316,2 kN/m

Trafikklast er i henhold til prosjekteringsregler for bruer /8/. I tverretning gjøres følgende forenkling: Den jevnt fordelte lasten på 9,0 kN/m fordeles over kjørefeltets bredde, og svært forenklet tilsvarer det $9,0 / 3,5 \sim 3$ kN/m². De tre aksellastene á 210 kN fordeles over en lengde på 10 meter og kjørefeltbredden: $210 / 10 = 21$ kN/m konsentrert i lengderetning. Som flatelast blir dette $21 / 3,5 \sim 7$ kN/m². Når trafikklasteren betraktes som en godt fordelt last over hele brubanen, er det til sikker side å bruke verdien 10 kN/m i tverretning bru, som da kan sammenlignes direkte med egenlastene beregnet ovenfor.

Den totale lasten antas å ha et parabolisk forløp i lengderetning bru – se Figur 8:

$$q(x) = q_0 + \Delta q \left(\frac{2x}{l} \right)^2, \quad -\frac{l}{2} \leq x \leq \frac{l}{2}$$

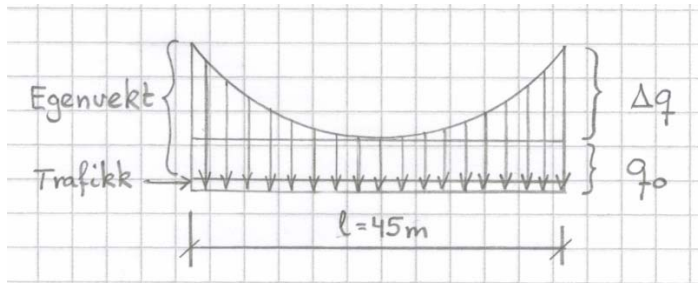
hvor q_0 inneholder bidrag både fra egenlast og trafikklaster, mens Δq er den parabolisk varierende delen av egenlasten. Representative lastvirkninger i fundamentene kan beregnes ved hjelp av trykklinja for buen. Med disse forutsetningene kan det vises at horisontalkraften i buen er gitt ved uttrykket

$$H = \frac{l^2}{8f} \left[q_0 + \frac{\Delta q}{6} \right]$$

og at tilhørende vertikalkraft i buens fotpunkt er gitt ved

$$V = \frac{l}{2} \left[q_0 + \frac{\Delta q}{3} \right]$$

Lastvirkning i overkant av fundament (i nivå med kemper) beregnes per lengdeenhet i tverretning. Alle tall er karakteristiske verdier uten lastfaktorer, slik at verdier i bruddgrensetilstand fås ved å multiplisere med 1,2. Selv om trafikklasten strengt tatt skal multipliseres med 1,3 er dette til sikker side. Trafikklasten er i denne beregningen svært forenklet og godt til sikker side. Samtidig utgjør denne konservativt anslåtte trafikklasten bare 12 - 13 prosent av den totale lasten. Egenlasten er dermed totalt dominerende.



Figur 8: Skisse av egenlast og trafikklast på ett bruspen

Aksene 1 og 4

Egenlast av fundamentet og landkar kommer i tillegg. Maksimal vertikalkraft i nivå med kote +25, V_{tot} , og horisontalkraft i lengderetning, H_{tot} . Laster er per lengdeenhet i tverretning:

$$V_{tot} = 45,0 / 2 \cdot [86,9 + 10 + 229,3 / 3] = 3\,900 \text{ kN/m}$$

$$H_{tot} = 45,0^2 / 8 \cdot 9,0 [86,9 + 10] = 3\,800 \text{ kN/m}$$

Aksene 2 og 3

Egenlast av fundamentet kommer i tillegg. Kilen i midten, som er ~ 4 meter bred, må også legges til fundamentet. Maksimal vertikalkraft i nivå med kote +25, V_{tot} , og resulterende horisontalkraft i lengderetning, $H = 0$. Laster er per lengdeenhet i tverretning:

$$V_{tot} = 2 \cdot 45,0 / 2 \cdot [86,9 + 10 + 229,3 / 3] = 7\,800 \text{ kN/m}$$

Resulterende horisontalkraft i lengderetning, $H = 0$, gir en horisontalkraft i tverretning, H_T , (som også angis per lengdeenhet i tverretning):

$$H_T = 45,0 \cdot 3\,800 / 715 = 240 \text{ kN/m}$$

Maksimal horisontalkraft i lengderetning, H_{tot} og tilhørende vertikalkraft, V_{tot} , beregnes med trafikklast i ett spenn, men ikke i de to andre:

$$H_{tot} = 45,0^2 / 8 \cdot 9,0 [10] = 280 \text{ kN/m}$$

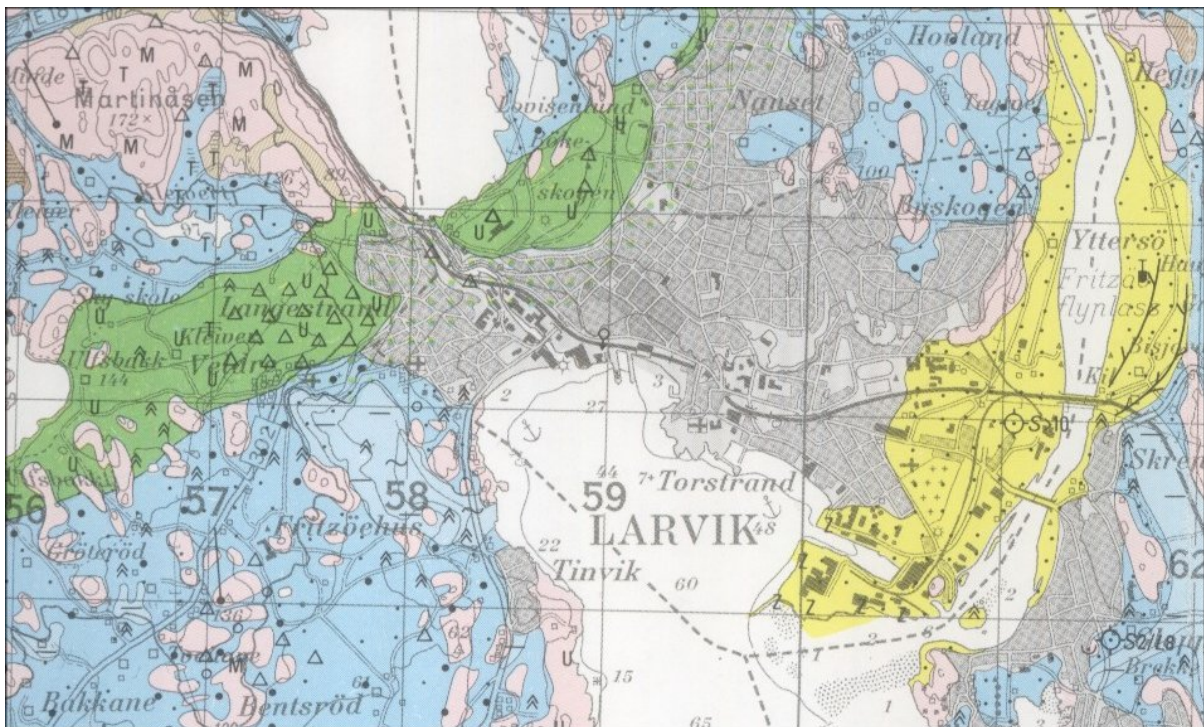
$$V_{tot} = 2 \cdot 45,0 / 2 \cdot [86,9 + 10 / 2 + 229,3 / 3] = 7\,600 \text{ kN/m}$$

De totale kraftresultantene som påføres fundamentene fra hvelvet, beregnes ved å multiplisere ovenstående verdier med brubredden. I Figur 6 er brubredden vist som $b = 28,0 \text{ m}$.

3.2 Kvartærgeologi

Larvikfjorden og Farris ligger i en større forkastningssone med et omfattende sprekkesystem. Fjellet stuper ned på hver side av Farriseidet slik at brua og tilstøtende konstruksjoner må fundamenteres på løsmasser. Det er derfor nødvendig med omfattende grunnundersøkelser for fundamenteringsløsningene.

Massene i området er en del av Raet – Skandinavias største endemorene. Ra-trinnet ble avsatt for ca. 10 600 år siden omkring isbreen som dekket mesteparten av Skandinavia og hadde sitt senter over det som i dag er Bottenviken. Bøkeskogen ligger på toppen av moreneryggen, som fortsetter videre over Farriseidet og Brunlanes. Moreneryggen demmer opp flere innsjøer, blant annet Farris. Graver man seg gjennom en endemorene, er det variasjonen i størrelsen på partiklene som er slående. En morene består av usortert materiale. Det kvartærgeologiske kartet i Figur 9 viser hovedtrekkene i løsmassefordelingen rundt Farriseidet. Grønt område markerer ramasser; de grå sonene er fyllmasser, som dekker eller erstatter de opprinnelige avsetningene; rosa er forvitningsmateriale; gult er elve- og bekkeavsetninger; mens blått indikerer marine strandavsetninger.



Figur 9: Kvartærgeologisk kart over området rundt Farriseidet

3.3 Grunnundersøkelser og grunnforhold

Det ble utført omfattende grunnundersøkelser i forbindelse med utbygging av dagens E18 og rv. 302. Disse grunnundersøkelsene er sammenfattet i flere rapporter fra Veglaboratoriet i tidsrommet 1965 - 1974. Se referansene /9/ - /13/. De fleste av disse tidligere undersøkelsene omfatter relativt grunne dybder. Beskrivelser og analyser samsvarer imidlertid godt med resultatet av totalsonderingene i området /14/. Grunnundersøkelsene /9/ - /13/ er relevante fordi området som helhet utgjør en del av Raet.

Grovt sett består jordmassene av et løst topplag over fastere sedimenter. Det er et markant skille mellom disse to jordlagene. I *Redegjørelse for fundamenteringsforholdene for Farriseidet bru* /9/ beskrives massene i topplaget som sandig, silt, mens laget under beskrives som fast og med mer grovkornede masser (sandig, finsand, grusig). Tykkelsen av det løse topplaget varierer fra 2 - 3 meter ved elvebredden og til 10 - 12 meter ved vestre skråning og frem til kryssing av Knappenålsbekken. Det antas at Farriselva har gravd seg 20 - 30 meter

ned i sedimentene. Ulike prøver viser at topplaget inneholder både sandig og leirig materiale. Ettersom laget under er vesentlig fastere er det nærliggende å anta at disse massene ble avsatt som en del av raet under siste istid. Disse massene er typiske morenemasser – inhomogene med innslag av mye stein og blokk. Det er også funnet lommer av mer ensgradert sand.

Videre er det i området ca. ved profil 4 100 - 4 200 registrert et lag under ca. kote -10 med tilsynelatende finkornige masser, muligens leire. Dette er trolig sterkt forbelastede masser, men egenskapene må undersøkes nærmere ved supplerende grunnundersøkelser. I referanse /12/ oppsummeres grunnforholdene som følger.

Sitat fra /12/:

«Bruene for E18 og Rv. 302 går over Farriselva ved utløpet av Farrisvann i henholdsvis 22 og 14 m høyde over elvebunn. Farriselva har her skåret seg 20-30 m ned i løsmassene som består av siltig til grusig morene. De grovere massene har blitt liggende igjen under utgravingen, og elvebunnen er tildels dekket av stein og elementer.

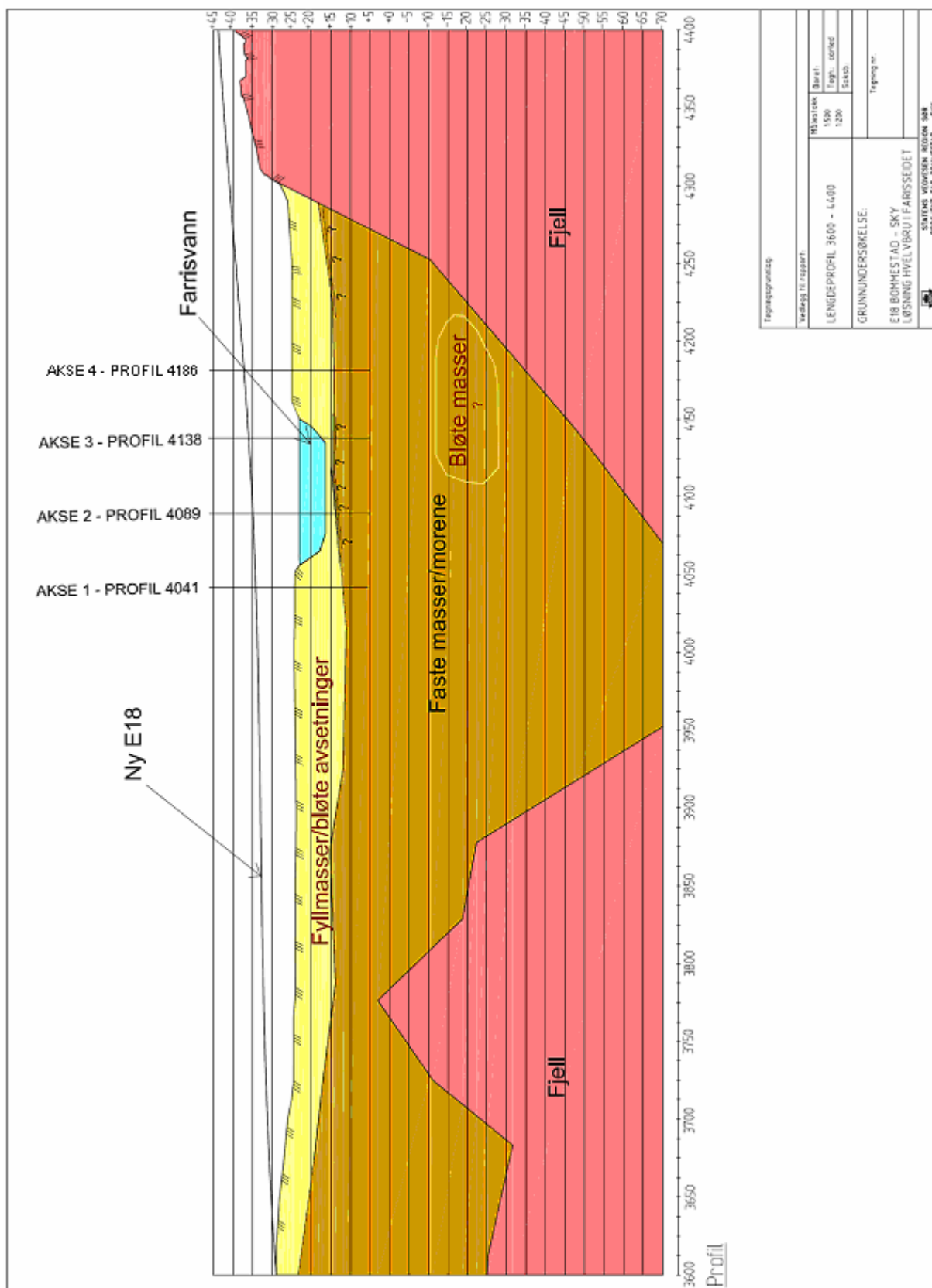
Samtlige undersøkelser i dette området viser morenemasser, vestover fra pel 17790 også med enkelte lokale soner eller lag med ensgradert sand. Morenemassene er vanligvis siltige til grusige med meget høy romvekt, fra 2,2 til 2,4 t/m³, vanninnhold mellom 10 og 20 % og leirinnhold under 7-8 %. Sensitiviteten er oftest liten, men prøveserien ved hull 29, se tegning -11, viser masser med meget høy sensitivitet. Morenemassene inneholder noe stein og blokk.

Sondermotstanden varierer sterkt, fra liten til meget stor. Massene blir fastere med dybden, og sondermotstanden er stor til meget stor ifra 5-10 m dybde. Alle sonderboringene er ført ned til meget faste lag. Dybden til disse faste lagene varierer imidlertid sterkt, selv for nærliggende borer, og det må antas at de høye sondermotstandene skyldes blokk og stein, og at sondermotstanden kan avta videre nedover. Sikkert fjell har ikke blitt registrert i noen av borerne.»

Referanse /10/ beskriver massene i Farris i forbindelse med at fyllingen skulle legges opp til kote +24. Grunnforholdene beskrives som følger.

Sitat fra /10/:

«Tidligere utførte dreiesonderinger i Farrisvann viser løsmasser med varierende og til dels meget liten sonderingsmotstand. Registrert sonderingsmotstand avtar utover i vannet og tykkelsen av de bløte lag øker. Det begrensede antall prøver som var tatt opp viste lagdelte masser og hovedsaklig friksjonsmasser. De to supplerende prøveserier bekrefter tidligere undersøkelser om løsmassenes sammensetning. Prøvene er klassifisert som sand og siltig sand. Fra Farrisvannet og innover mot E 18 øker lagringsfastheten sterkt. Tidligere prøvetakinger for bruer i forbindelse med treplanskrysset viser løsmasser av grusig siltig sand.»



Figur 10: Lengdeprofil med skjematisk gjengivelse av grunnforhold på strekningen E18 Bommestad - Sky

3.4 Fundamentering

De geotekniske vurderingene av fundamenteringsløsningen er basert på totalsonderinger fra 2006 /14/ samt data og vurderinger av grunnundersøkelsene som ble utført i forbindelse med prosjektering av fundamentene til dagens bruer på E18 og rv. 302 – se referansene /9/ - /13/.

Det foreslås en fundamenteringsløsning med borede peler i aksene 2 og 3 med 3 · 4 peler i hver akse og pelediameter 1,8 meter. Et alternativ er 2 · 4 peler i hver akse og pelediameter 2,5 meter. Videre foreslås det sålefundamentering i aksene 1 og 4, og sålene settes på en grunnforsterkning av de eksisterende jordmassene. Et alternativ er bruk av borede peler med samme pelediameter som i aksene 2 og 3.

Borede peler etableres ved å dreie et stålrør ned i bakken samtidig som massene inne i stålrøret grabbes ut. Massene nederst mot spissen kan tas ut med en naver slik at massene under spissen forstyrres minst mulig. Etter ferdig nedboring monteres armeringen, og pelen støpes ut med betong. Stålrøret trekkes opp under utstøpningen, og den ferdig pelen er således en betongkonstruksjon støpt direkte mot omkringliggende løsmasser. Pelen bærer både på sidefriksjon og spissmotstand. Tiltak for å utnytte spissbæreevnen er et viktig punkt. Slike tiltak må vurderes på grunnlag av supplerende grunnundersøkelser, og et aktuelt tiltak kan være injisering av løsmassene under spissen gjennom innstøpte rør i ferdig pel. En annen metode kan være å komprimere massene under pelespissen før utstøpning av selve pelen.

Fordelen med å bore i stedet for å ramme pelene er at man lettere kan bore gjennom blokk og stein. Totalsonderingene indikerer mye blokk og stein. En ulempe med borede peler er at man ikke oppnår full utnyttelse av spissbæringen uten spesielle tiltak, samt at man ikke kan etterregne bæreevnen basert på rammedata. Det fins imidlertid dynamiske metoder for kontroll og verifisering av bæreevnen. Borede peler kan utføres med vesentlig større diameter enn rammede peler, og det anses hensiktsmessig i denne situasjonen med store vertikale og horisontale laster og strenge krav til forskyvninger og setninger.

Sålefundament i aksene 1 og 4 etableres ved å støpe betongplatene på blokker av forsterket jord. Grunnforsterkningen utføres med jetinjisering ned til faste morenemasser. I akse 1 indikerer totalsonderingene i området (hull 59, 58 og 57 i referanse /14/) at det øverste jordlaget er løsere lagret enn massene under. I hull 59 som ligger nær akse 1, har dette laget en mektighet på ca. 12 - 14 meter. Dette området kan forsterkes ved å benytte såkalte jetpeler /15/. Høyt trykk bryter ned jordas struktur samtidig som det blandes inn et sementbasert bindemiddel. Metoden er skånsom mot omgivelsene og begrenser støy og vibrasjoner i anleggsperioden. Massenes trykkfasthet varierer med den opprinnelige jordarten og produksjonsmetoden. Trykkfasthet i størrelse 10 - 20 MPa bør være oppnåelig, se /20/ og /21/.

3.4.1 Bruaksene 2 og 3 – borede peler

Akse 2 i profil 4089 og akse 3 i profil 4138 blir begge stående i Farris – se Figur 5 og Figur 10.

Vertikal- og horisontallaster på fundament i bruddgrensetilstand

Maksimal vertikalkraft og resulterende horisontalkraft i lengderetning, $H = 0$ (ingen trafikk):

$$V = (7\,800 + 4,0 \cdot 10,0 \cdot 27,3) \cdot 28,0 \cdot 1,2 = 300 \text{ MN}$$

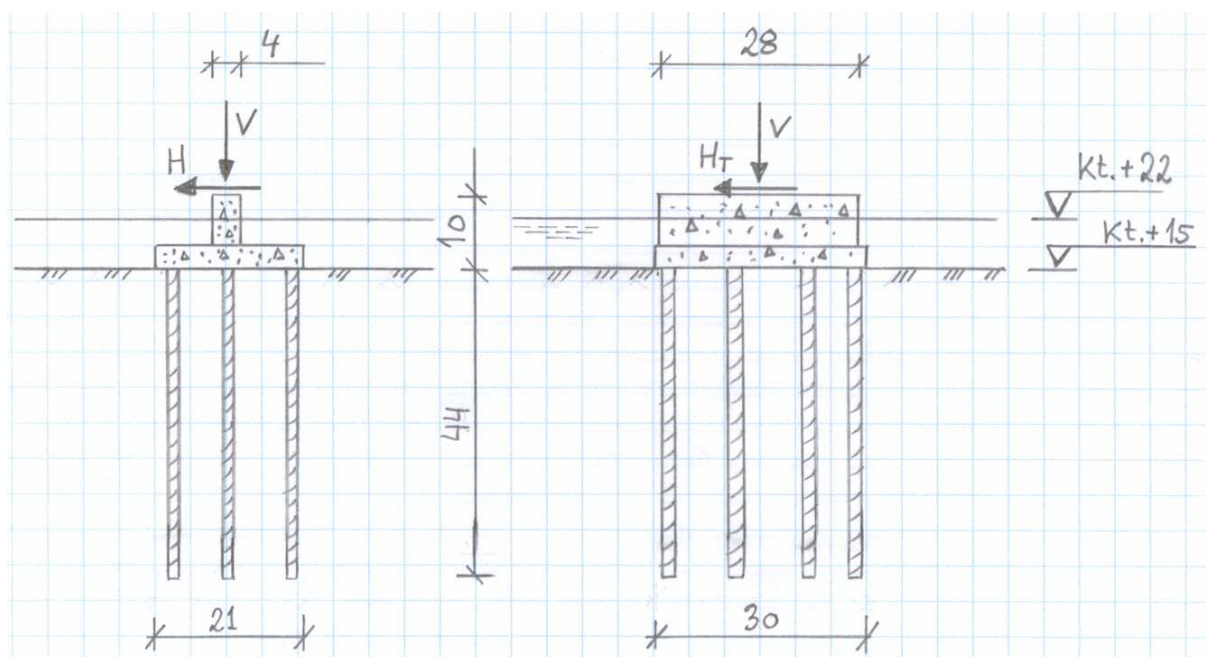
Resulterende horisontalkraft i lengderetning, $H = 0$, gir en horisontalkraft i tverretning, H_T :

$$H_T = 240 \cdot 28,0 \cdot 1,2 = 8,1 \text{ MN}$$

Vertikalkraft og resulterende horisontalkraft i lengderetning (med trafikk):

$$V = (7\,600 + 4,0 \cdot 10,0 \cdot 27,3) \cdot 28,0 \cdot 1,2 = 290 \text{ MN}$$

$$H = 280 \cdot 28,0 \cdot 1,6 = 13 \text{ MN}$$



Figur 11: Prinsipp for fundamentering i aksene 2 og 3

Horisontalkreftene H og H_T er så små at de tas opp direkte av pelene (dybelvirkning).

Karakteristisk bæreevne til pelene kan overslagsmessig beregnes i henhold til *pelevei- ledningen 2005 /15/*, formel (4-1) for statisk bæreevne. Den gir 12 peler med diameter 1,8 meter og lengde 44 meter. Senteravstand mellom pelene er 5 ganger pelediameteren ($5 \cdot 1,8 = 9$ m). Med 0,5 meter fundamentsåle utenfor ytterste pel blir såledimensjonene som følger:

$$\text{I bruas lengderetning } 0,5 \cdot 2 + 2 \cdot 7,2 + 3 \cdot 1,8 = 21 \text{ m}$$

$$\text{I bruas tverretning } 0,5 \cdot 2 + 3 \cdot 7,2 + 4 \cdot 1,8 = 30 \text{ m}$$

Høyden på sålen settes til 3 meter, og sålevolumet blir $21 \cdot 30 \cdot 3 = 1\,890 \text{ m}^3$.

$$\text{Egenlast av vegg: } 4 \cdot 28 \cdot [4 \cdot (25 - 10) + 3 \cdot 25] = 15,1 \text{ MN}$$

$$\text{Egenlast av såle: } 1\,890 \cdot (25 - 10) = 28,4 \text{ MN}$$

$$\text{Egenlast av peler: } (25 - 10) \cdot 12 \cdot \pi \cdot 0,9^2 \cdot 44 = 20,2 \text{ MN}$$

Total vertikal last på pelegruppen i bruddgrensetilstand:

$$300 + (15,1 + 28,4 + 20,2) \cdot 1,2 = 376 \text{ MN}$$

$$\text{Last per pel: } 31,4 \text{ MN}$$

I beregningen av karakteristisk bæreevne er det antatt homogene jordmasser med følgende jordparametere:

$$\text{Tyngdetetthet: } \gamma = 21 \text{ kN/m}^3 \text{ (neddykket tyngdetetthet } 11 \text{ kN/m}^3)$$

$$\text{Friksjonsvinkel: } \tan \varphi = 0,9$$

$$\text{Sidefriksjonsfaktor: } \beta = 0,24$$

Bæreevnefaktor: $N_q = 40$

Peledimensjoner:

Pelespissarealet: $A_b = \pi \cdot 0,9^2 = 2,54 \text{ m}^2$

Peleoverflatearealet: $A_s = 2 \cdot \pi \cdot 0,9 \cdot 44 = 249 \text{ m}^2$

Med ca. 60 prosent utnyttelse av spissbæringen blir den karakteristiske bæreevnen

$$R_{ck} = 0,24 \cdot 242 \cdot 249 + 0,7 \cdot [44 \cdot 484 \cdot 2,54] = 14,5 + 0,7 \cdot 54,1 = 52,4 \text{ MN}$$

Det gir en partialfaktor (sikkerhetsfaktor) på 1,6.

60 prosent utnyttelse av spissbæringen forutsetter at det gjøres tiltak for å mobilisere spissbæringen. Se *peleveiledningen* avsnitt 4.2.5, som uten tiltak anbefaler kun 20 prosent utnyttelse av spissbæringen. Når det legges opp til en vesentlig større utnyttelse av spissbæringen, krever det altså omfattende tiltak for å øke spissmotstanden.

3.4.2 Bruaksene 2 og 3 – alternativ peledimensjon og peleantall

Et alternativ til 12 peler med diameter 1,8 meter er 8 peler med pelediameter 2,5 meter. Det foreslås et fundament (pelehode) med bredde 30 meter og lengde 15 meter. Høyden på fundamentet er 3 meter, og volumet blir $15 \cdot 30 \cdot 3 = 1350 \text{ m}^3$. Senteravstanden mellom pelene er mindre enn 5 ganger pelediameteren, og dette må vurderes nærmere ut fra en analyse av spenningsfeltet rundt pelen.

3.4.3 Bruaksene 1 og 4 – grunnforsterkning

Akse 1 og 4 blir liggende inn mot fyllingen og tørrmuren som legges opp i forlengelsen av brua på begge sider. Begge aksene blir stående på land henholdsvis i ca. profil 4041 og 4186. Lastbildet i aksene 1 og 4 er vesentlig forskjellig fra lastbildet i aksene 2 og 3. Vertikallasten fra brua i aksene 1 og 4 er grovt sett omtrent halvparten av vertikallasten i aksene 2 og 3. I aksene 1 og 4 er horisontallasten fra brua av samme størrelsesorden som vertikallasten, det vil si horisontallasten er av vesentlig betydning for valg av fundamenteringsløsning.

En mulig løsning kan være sålefundamentering, der sålen etableres på en blokk utført ved grunnforsterkning av de eksisterende jordmassene. Horisontallasten fra brua tas opp som friksjon mellom såle og grunnforsterkning/jordmasser. Bredden av grunnforsterkningen settes lik brubredden, 28 meter. Det etableres ei betongplate over grunnforsterkningen, og den forlenges bakover slik at den også danner såle for både fylling og tørrmur, se Figur 5. I avsnitt 3.1.1 framgår det at brubredden øker fra midt på brua og mot aksene 1 og 4. Denne breddeøkningen er det ikke tatt hensyn til i de geotekniske beregningene, men dette har liten betydning for vurdering av den tekniske løsningen eller kostnadsoverslaget.

Det antas at de injiserte massene får en tyngdetetthet på 23 kN/m^3 tilsvarende som magerbetong. Hele fundamentet er neddykket, og det plasseres slik at det får et utstikk på 2 meter utover mot bruspennet målt fra hvelvets fotpunkt. Lengden på grunnforsterkningen styres av friksjonskapasiteten, men i større grad av setninger – se kapittel 3.4.5.

Vertikal- og horisontallaster på fundament i bruddgrensetilstand

Maksimal vertikalkraft og horisontalkraft:

$$V = 3\,900 \cdot 28,0 \cdot 1,2 = 131 \text{ MN}$$

$$H = 3\,800 \cdot 28,0 \cdot 1,2 = 128 \text{ MN}$$

Akse 1

Nødvendig lengde på grunnforsterkningen på grunn av krav til friksjonskapasitet kan vurderes på to måter. Enten ved å se på et glideplan mellom grunnforsterkningen og de fastere morenemassene under forsterkningen, eller å se på et glideplan mellom fyllingen og grunnforsterkningen. Den sistnevnte betraktningen må gi størst lengde fordi egentyngheden av grunnforsterkningen ikke er med. Ved denne betraktningen vurderes grunnforsterkningen primært som setningsreducerende tiltak. Videre er nødvendig areal av fundament/friksjonsplate basert på denne modell som er mest konservativ når det gjelder opptak av horisontalkraft ved hjelp av friksjon. Viktige betraktninger omkring setninger kommer da i tillegg. Lengden av fyllingen (egentlig grunnforsterkningen) er L , og høyden er 11,5 meter.

$$\text{Tyngden av fyllingen: } L \cdot 28,0 \cdot 11,5 \cdot \gamma$$

$$\text{Mobilisert skjærspenning: } \tau = r \cdot \frac{\tan \varphi}{\gamma_m} \cdot p = r \cdot \tan \rho \cdot \frac{V + L \cdot 28,0 \cdot 11,5 \cdot \gamma}{A}$$

$$\text{Horisontal likevekt gir: } \tau = \frac{H}{A} \Rightarrow H = r \cdot \tan \rho \cdot (V + L \cdot 28,0 \cdot 11,5 \cdot \gamma)$$

Materialdata for fyllingen:

$$\text{Tyngdetetthet: } \gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Friksjonsvinkel: } \varphi = 42^\circ$$

$$\text{Materialfaktor: } \gamma_m = 1,5$$

Når $r = 0,9$ gir dette at lengden på grunnforsterkningen blir $L = 17,3$ m, det vil si 17 meter. Volumet av grunnforsterkningen i akse 1 beregnes som $17 \cdot 28 \cdot 11,5 = 5\,500 \text{ m}^3$.

Kontroll av bæreevnen til fyllingen gjøres ved å betrakte et snitt på tvers av traséen i området med grunnforsterkning. Til sikker side regnes kun bidraget fra selve fyllingen, hvor den høyere tyngdetettheten i tørrmuren bidrar til økt stabilitet. Det mest ugunstige man kan tenke seg er en bruddlinje som skjærer gjennom både grunnforsterkning og de fastere morenelagene, men hvor man legger til grunn konservative materialegenskaper for det fastere morenelaget. Det er ingen horisontallast fra brua, og r_b som er forholdet mellom horisontal- og vertikallast blir derfor lite. Effektiv sålebredde blir lik brubredde: $B_0 = b = 28,0$ m.

Konservativt antatte materialparametere: $\varphi = 35^\circ \Rightarrow \tan \rho = 0,47$, $r_b = 0,1$ gir $N_\gamma = 8$.

Tillatt overført fundamenttrykk er:

$$\sigma_v = \frac{1}{2} N_\gamma \gamma' B_0 = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 9 \cdot 28,0 = 1\,000 \text{ kPa}$$

Overført fundamenttrykk er:

$$q_v = \frac{V + L \cdot 28,0 \cdot 11,5 \cdot \gamma}{A} = 490 \text{ kPa} \text{ slik at } \sigma_v > q_v.$$

Ved å betrakte et snitt på langs av traséen på samme måte ser man av bruddlinjefiguren at fyllingen bak akse 1 må løftes for å utvikle brudd. Det kan derfor uten beregninger konkluderes med at bæreevnen er tilfredsstillende.

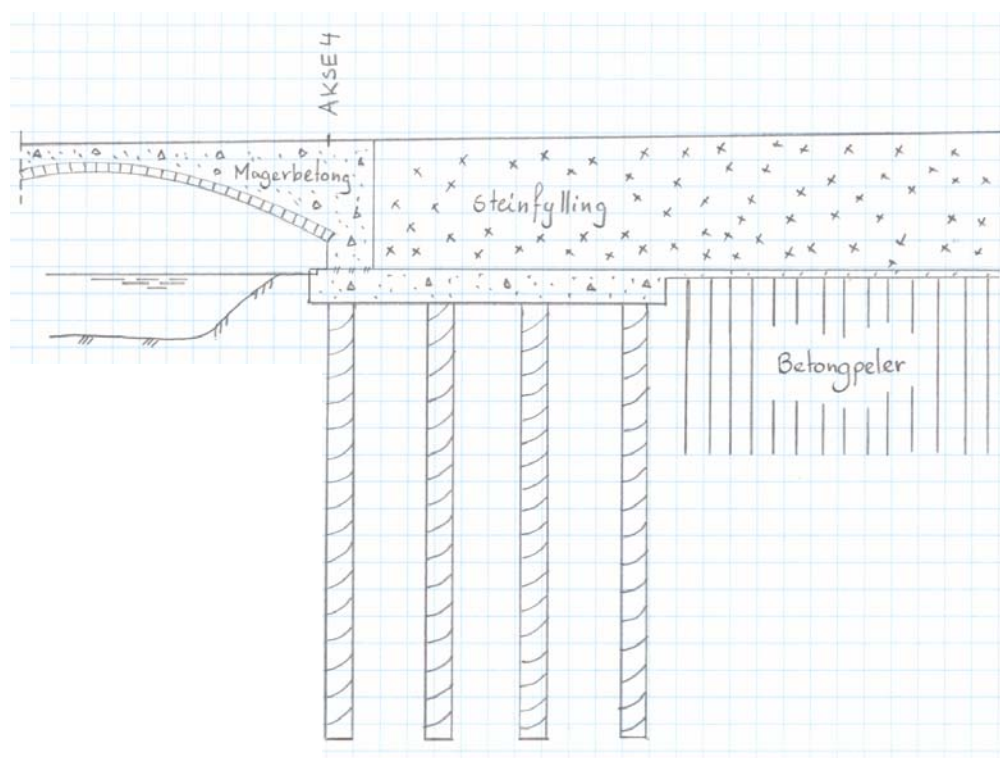
Akse 4

Bak akse 4 blir tørrmuren en halv meter høyere enn i akse 1, mens gjennomsnittsdypden ned til det faste laget er ca. 10 meter. Forskjellene mellom akse 1 og akse 4 er relativt små, slik at dimensjonene på fundamentet (grunnforsterkningen) i akse 4 blir tilsvarende som i akse 1. Volumet av grunnforsterkningen i akse 4 beregnes som $17 \cdot 28 \cdot 10 = 4\,760 \text{ m}^3$.

Fundamentstørrelsene både i akse 1 og akse 4 må vurderes i sammenheng med setningsberegninger – se kapittel 3.4.5.

3.4.4 Bruaksene 1 og 4 – alternativ med borede peler

En alternativ løsning er å etablere en fundamentsåle og bruke borede peler for å ta opp både vertikallast og horisontallast. Løsningen forutsetter at alle pelene blir stivt innstøpt i en tykk kraftig fundamentsåle slik at peletoppen ikke kan rotere fritt. Såletykkelsen antas til 3 meter. Da vil pelene kunne ta opp betydelig horisontallast, som overføres til dypereliggende og stivere jordlag. Det antas at et fundament med 16 borede peler med diameter 2,5 meter kan være tilstrekkelig for en slik fundamentering.



Figur 12: Lengdesnitt i akse 4 av fundamenteringen med 16 borede peler. Pelelengden settes til 30 meter, og diameteren settes til 2,5 meter.

Hvis det vurderes å skifte ut de bløtere massene i traséen bak bruaksene 1 og 4, kan det også være aktuelt å vurdere en løsning med friksjonsplate for opptak av horisontallasten, og borede peler kun for vertikallasten alene. Det antas å kunne være tilstrekkelig med 8 stykker borede peler.

3.4.5 Setninger

Det eksisterer for lite informasjon om massene under fundamentene i alle fire bruaksene til å gjøre rimelig pålitelige setningsberegninger. Det er likevel gjort noen overslagsberegninger som antyder setninger på 5 - 6 cm i akse 1 og kanskje 8 cm i akse 2. Av dette kan man anta at

differansesetningen mellom akse 1 og akse 2 er i størrelsesorden 2 - 3 cm. For å kvantifisere setninger med rimelig grad av nøyaktighet må det gjennomføres undersøkelser i alle de fire aksene.

Det vil også være viktig å kvantifisere forskyvninger (forårsaket av setningsmekanismer) bakover fra akse 1 og 4 på grunn av de store horisontallastene i disse fundamentene.

I siste instans vil undersøkelser og vurderinger av setnings- og forskyvningsforhold kunne være avgjørende for valg av fundamenteringsløsning.

3.5 Tørrmurer og fyllinger

Mot Farris blir tilløpsfyllingene mot brua lagt inn mot en tørrmur, mens terrenget på innsiden heves slik at vegbanen blir liggende i terrenget. Tørrmurer prosjekteres etter prinsippene gitt i håndbok 016 *Geoteknikk i vegbygging* /17/ og håndbok 182 *Tørrmuring med maskin* /18/. Av hensyn til stabilitet og setninger i bløte topplag må fyllingene og murene fundamenteres til fastere grunn. I utgangspunktet forutsettes dette utført som fylling på rammede betongpeler med en kontinuerlig betongplate over pelene. Øst for brua utføres peling under fylling fra landkar i akse 4 til profil 4270.

Strekningen fra profil 3850 til bruakse 1

Lengden med tørrmur og fylling fra avkjøringsrampen til bruakse 1 er ca. 210 meter. Tørrmuren har en høyde på ca. 11,5 meter ved akse 1, og den avtar jevnt til ca. 7,8 meter ved rampen. Ettersom egentyngheten til larvikitt er vesentlig større enn egentyngheten til fyllingen (sprengstein) blir pelene stående noe tettere her enn under fyllingen.

Det antas at det ikke er behov for å fundamenterer på peler fra avkjøringsrampen og østover mot tunnelen ved Bøkeskogen. Nye grunnundersøkelser vil gi endelig avklaring på dette.

Peler

Det kan benyttes betong- eller stålrørspeler. Betongpel med kvadratisk tverrsnitt 270·270 mm² er standard. Den har en installert kapasitet på 1 110 kN med reduksjonsfaktor $f_a = 0,6$.

Egentyngde fylling: $\gamma_f = 19 \text{ kN/m}^3$

Egentyngde tørrmur: $\gamma_m = 26 \text{ kN/m}^3$

Med senteravstand mellom pelene under fyllingen på 2,1 meter, og 1,9 meter under tørrmuren blir last per pel bak bruakse 1 som følger:

$$\text{Tørrmur: } 1,9^2 \cdot 11,5 \cdot 26 = 1\,080 \text{ kN}$$

$$\text{Fylling: } 2,1^2 \cdot 11,5 \cdot 19 = 960 \text{ kN}$$

Last per pel ved avkjøringsrampen blir:

$$\text{Tørrmur: } 1,9^2 \cdot 7,8 \cdot 26 = 810 \text{ kN}$$

$$\text{Fylling: } 2,1^2 \cdot 7,8 \cdot 19 = 480 \text{ kN}$$

Tidligere grunnundersøkelser viser et løsere lag over faste masser. Det løse laget har en mektighet på 12 - 15 meter. Det anbefales derfor at alle peler rammes gjennom dette laget og ned til laget under. Videre bør avstand mellom pelene økes slik at de har tilnærmet lik belastning for å unngå eventuelle differansesetninger.

Last per pel ved avkjøringsrampen med økt avstand mellom pelene blir da:

$$\text{Tørrmur: } 2,3^2 \cdot 7,8 \cdot 26 = 1\,070 \text{ kN}$$

$$\text{Fylling: } 2,7^2 \cdot 7,8 \cdot 19 = 1\,080 \text{ kN}$$

I beregningen av peleantall er det sett på en gjennomsnittsavstand mellom pelene.

$$\text{Antall peler under tørrmur: } (210 \cdot 3) / [(1,9 + 2,3)/2] = 300 \text{ peler}$$

$$\text{Antall peler under fylling: } (210 \cdot 25) / [(2,1 + 2,7)/2] = 2\,188 \text{ peler}$$

Totalt 2 500 peler.

Hvis det er mye stein i massene, må det regnes med at det blir vrakpeler. Problemet kan reduseres med doring, eventuelt kan også andre peletyper vurderes.

Peleradene forbindes med en hel betongplate eller med striper.

Tørrmur

Tørrmuren i larvikitt ved akse 1 vil bli 11,5 m høy med helning på 10:1. Murbredden i bunnen er 4 meter og i toppen 1 meter. Terrenget bak og foran muren er horisontalt. Det er videre antatt at muren blir fundamentert på peler, og at det støpes ut en såle som blir liggende over høyeste regulerte vannstand.

Strekningen mellom bruakse 4 og jernbanekulverten

Tørrmuren vil få en maksimal høyde på ca. 12 meter. Samme type tørrmur som øst for brua kan benyttes. Tørrmur og fylling fundamenteres tilsvarende.

3.6 Global stabilitet og sikkerhet mot utglidning

Denne rapporten behandler ikke global stabilitet av området. Det må gjøres en vurdering av stabiliteten av hele området med tanke på utglidning i Farris. Det kreves større sikkerhetsmargin for terreng med bru enn for naturlig terreng alene.

3.7 Supplerende grunnundersøkelser

Det er nødvendig med supplerende grunnundersøkelser for detaljprosjekteringen. For å få en kontinuerlig registrering av fjelloverflaten i traséen benyttes refraksjonsseismikk. Slike undersøkelser bør utføres i profil langsetter veglinja og i ett eller to kryssende profiler.

Videre må det utføres totalsonderinger i hver av de fire bruaksene, samt trykksonderinger (CPTU) og opptak av prøveserier. Brubredden er ca. 28 meter og fundamentene i aksene 2 og 3 er noe bredere. Det bør derfor bores 5 eller 6 sonderinger i hver akse, eventuelt boring i hvert pelepunkt (avhengig av endelig antall peler). Boring i aksene 1 og 4 kan utføres på tørr grunn, men i aksene 2 og 3 må det bores fra flåte. Alle boringene bør gå ned 10 meter under forutsatt pelespiss, det vil si minimum 50 meter ned i sedimentene i aksene 2 og 3.

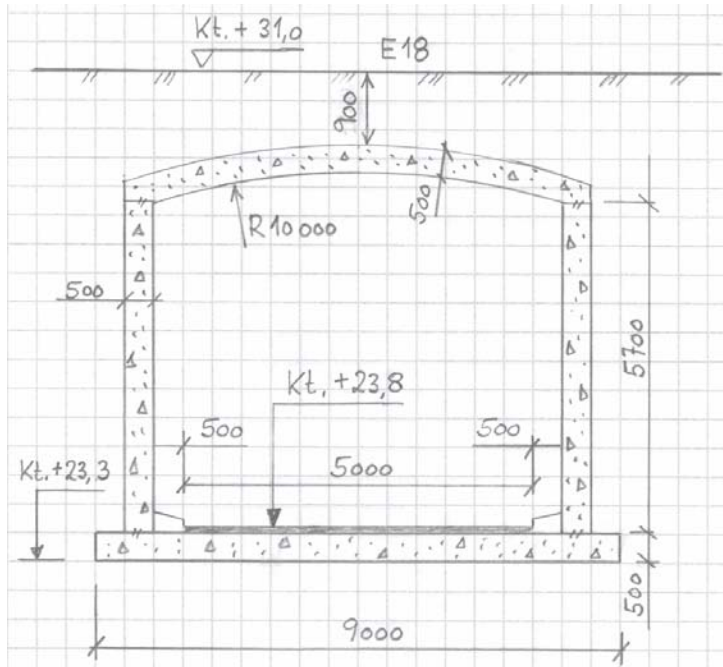
For bestemmelse av jordens styrke- og setningsegenskaper bør det i tillegg til rutineanalyser utføres treaksial- og ødometerforsøk på opptatte prøver. Bestemmelse av massenes overkonsolidering er meget viktig i denne sammenheng.

Det må utføres sonderinger og noe prøvetaking for fyllingene på begge sider av brua.

3.8 Øvrige konstruksjoner

De tre kulvertene som er vist nedenfor utføres som plasstøpte, armerte betongkonstruksjoner.

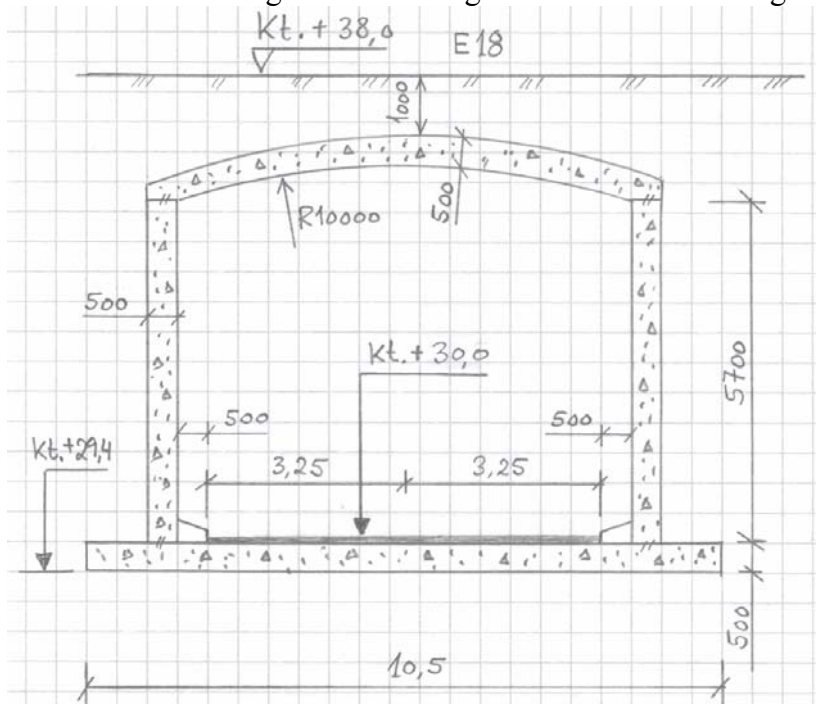
3.8.1 Kulvert for avkjøringen fra E18 til Larvik



Figur 13: Tverrsnitt av kulvert for avkjøring fra E18 til Larvik

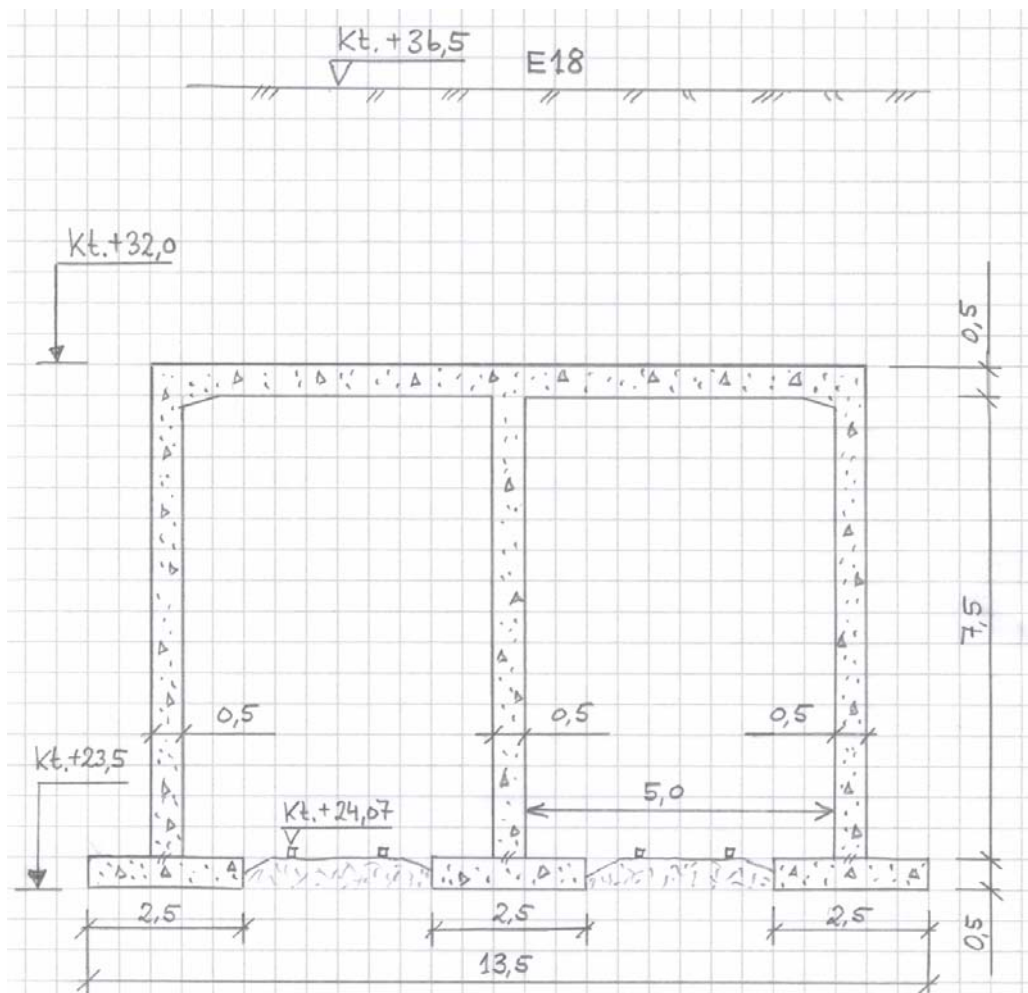
3.8.2 Kulvert for Sørlandske hovedveg

Sørlandske hovedveg eller skiensvegen er en del av lokalvegnettet.



Figur 14: Tverrsnitt av kulvert for Sørlandske hovedveg

3.8.3 Kulvert for jernbanetraséen



Figur 15: Tverrsnitt av kulvert for jernbanetraséen

Kulverten forutsettes fundamentert på rammede betongpeler. Et alternativ med hel bunnplate må vurderes i byggeplanfasen.

3.9 Vegdekker og støydempende asfalt

Ny E18 blir en 4-felts høyhastighetsveg med en stram kurve og stigning mot vest. Høy ÅDT og hastighet innebærer stor belastning med hensyn til vegslitasje, krav til god friksjon hele året og i tillegg en betydelig trafikkstøykilde.

Vegdekker

Siden parsellen går både i løsmassetunnel, på fylling, på bru, på berg og inn i tunnel, så vil disse ulike underlagene ha betydning for oppbyggingen av vegdekket. Vegdekket skal være trafiksikkert og bestandig og for øvrig så miljøvennlig som mulig. På brua kan det være begrensninger på hvor tykt vegdekket kan være (på grunn av blant annet geometri og

utforming av føringskanter). En bør ha mulighet til å legge 100 mm asfalt over fuktisolert betongdekke for å møte fremtidige behov og dekkeløsninger.

Støydempende asfalt

Fra etatsprosjektet «Miljøvennlige vegdekker» ventes det anbefalinger for valg av støydempende asfalttyper. Det ser ut til at finkornig skjelettasfalt/tynndekke (type Ska 8 eller T 8) med en noe justert korngradering kommer ut som det optimale valg. I forhold til en referanseasfalt (Ska 11) kan man forvente en støyreduksjon på ca. 2 dB(A) også på slitt asfalt. Under den finkornige støydempende asfalten må det være et solid bære- og bindlag, for eksempel asfaltbetong med PMB. Minimumstykkelsen på støydempende asfalt bør være 35 mm for å unngå gjennomslitning før terskelverdien for sporslitasje (25 mm) nås.

Porøse dekker (Da) har en initiell støydemping på ca. 5 dB(A), men den faller ned til ca. 2 dB(A) etter 1 - 2 år på grunn av tiltetting av porer. Holdbarheten til drengasfalt (Da) er avhengig av god drenering til sidene. Hvis vannet stenges inne i dekket, kan frostsprengning og andre vannskader føre til at dekket går i oppløsning lenge før forventet levetid er oppnådd.

Et bestandig asfaltdekke med lang levetid vil være gunstig med hensyn til ressurs- og energibruk. I tillegg kan reduserte årlige kostnader forsvare en økt investering.

4. Kostnader

4.1 Grunnlag for kostnadsberegning

Følgende byggemetode er grunnlag for kostnadsberegningen: Akse 2 og 3 etableres fra midlertidig fylling i Farris. Dette er nødvendig for å få på plass de borede pelene i aksene 2 og 3. Siden fyllingen allerede er på plass, kan den også benyttes til å understøtte reis og forskaling for bruspennet mellom aksene 1 og 2 samt aksene 3 og 4. Reis for forskaling under bruspennet mellom aksene 2 og 3 må bæres av en bjelkekonstruksjon, som eventuelt understøttes av midlertidige pelar. På grunn av horisontalkraften i buekonstruksjonen må alle tre buehvelvene etableres samtidig.

4.1.1 Enhetspriser bru

Buehvelv

Entreprisekostnadene baseres på kostnader for Åros bru på fv. 35. Det antas at kostnadene for brua ved Farris blir lavere på grunn av enklere bearbeiding av larvikitt. En skjønnsmessig justering av enhetsprisen fra Åros bru baseres på følgende vurdering:

Selve hvelvet mures opp av blokk bearbeidet til korrekte dimensjoner. Kostnader for bryting av blokk (levering av blokk i bruddet) med dimensjoner $2,7 \cdot 1,3 \cdot 0,7 \text{ m}^3 \sim 2,5 \text{ m}^3$ i prima kvalitet ca. kr 4 500,- per blokk. Dette blir dermed kr 1 800,- per m^3 . Siden det ikke kreves topp kvalitet, men det er tilstrekkelig med en betydelig dårligere steinkvalitet, antas leveringskostnadene for blokk til kr 1 000,- per m^3 .

Blokk bearbeides til korrekt dimensjon med følgende utstyr/mannskap:

- Én mann med lastbærer (showel) kr 1 000,- per time
- Én mann på jigger (bormaskin med hydrauliske splittere og kompressor) kr 1 000,- per time

Det antas at man med dette utstyret klarer 5 blokk/time.

Buehvelvene har et volum på ca. $28 \cdot 45 \cdot 1,2 \cdot 3 \text{ m}^3 \sim 4 600 \text{ m}^3$ som tilsvarer 2 000 blokker. Leverings- og bearbeidingskostnadene estimeres som følger:

$$4 600 \cdot 1 000 + (2 \cdot 1 000 \cdot 2 000 / 5) = 46 + 8 = 47 \text{ mill.}$$

I tillegg kommer transport av ferdig blokk fra bruddet til brusedet, og montering av blokk i buehvelvene. Levering og montering av reis og forskaling til buehvelvene antas som en egen rund sum. Dette gir en kvadratmeterpris for ferdig montert blokk i buehvelvene på ca. 15 000 kr/ m^2 .

Entreprisekostnader fra Åros bru

Enhetspriser fra Åros bru fra 1998 var 25 000 kr/ m^2 . Brua over Farrisidet er vesentlig større (ca. 4 600 m^2 mot Åros ca. 200 m^2), noe som tilsier lavere enhetspris. Larvikitten forutsettes dessuten å være lettere å bearbeide enn steinen på Åros. En 1998-pris på 15 000 kr/ m^2 antas derfor å være mer riktig. Prisstigningen i perioden 1998 - 2009 er ca. 50 prosent (SSBs byggekostnadsindeks for veganlegg). Enhetsprisen blir $15 000 \cdot 1,5 = 22 500$ kr/ m^2 . For overmurer, som krever samme bearbeiding men lettere utførelse, settes enhetsprisen til 15 000 kr/ m^2 .

Åros bru har en total spennvidde på 25 meter og vegbredde på 8 meter. Dette gir en kvadratmeterpris på bru på ca. 25 000 kr/ m^2 (5 000 000 kr / 200 m^2). Det antas en prisstigning på 50 prosent. Et grovt overslag på totalkostnaden blir dermed som følger:

$$25\,000 \text{ kr/m}^2 \cdot 1,5 = 37\,500 \text{ kr/m}^2$$

$$\text{Brua over Farriseidet er: } 28 \cdot 150 = 4\,200 \text{ m}^2$$

$$37\,500 \text{ kr/m}^2 \cdot 4\,200 \text{ m}^2 = 160\,000\,000 \text{ kr}$$

Øvrige bruarbeider

Levering og utstøping av magerbetong: Enhetspris 500 kr/m³.

Riving av forskaling: Inkludert i RS

Støping av armert dekke (200 mm): Enhetspris 2 000 kr/m³.

Asfalt: Se eget oppsett.

Rekkverk og støyskjermer: Enhetspris 3 000 kr/m.

4.1.2 Enhetspriser fundamentering**Fundamentering - alternativ 1**

Dette alternativet omfatter fundamentering på borede peler med diameter 1,8 meter i akse 2 og 3 og direkte fundamentering på grunnforsterkning i akse 1 og 4.

Peler

Kostnader inkluderer alt vedrørende pelearbeidet, inkludert etablering og fjerning av midlertidige fyllinger. Kostnader for økt utnyttelse av spissbæringen (injisering eller komprimering) kommer i tillegg.

Borede peler Ø1800, totalt $2 \cdot 12 \cdot 44 = 1\,056$ meter. Enhetspris 20 000 kr/m.

Fundament

Fundamentene i akse 2 og 3 støpes ut under vann. Det benyttes undervannsstøp med AUV-betong og en antatt kostnad på 4 500 kr/m³, som inkluderer betong, armering og forskaling. Totalt fundamentvolum i aksene 2 og 3 er $2 \cdot 30 \cdot 21 \cdot 3 = 3\,780 \text{ m}^3$.

Fundament i aksene 1 og 4 støpes tørt, og en antatt kostnad på 2 000 kr/m³, som inkluderer betong, armering og forskaling. Platetykkelsen antas til 1 meter. Totalt fundamentvolum i aksene 1 og 4 er $2 \cdot 28 \cdot 17 \cdot 1 = 952 \text{ m}^3$.

Grunnforsterkning i akse 1 og akse 4

Antatt kostnad for grunnforsterkning er 3 000 kr/m³. Volumet av grunnforsterkningen i aksene 1 og 4 er $5\,500 + 4\,760 = 10\,260 \text{ m}^3$.

Fundamentering - alternativ 2

Dette alternativet omfatter fundamentering på borede peler med diameter 2,5 meter i alle akser.

Peler

Kostnader inkluderer alt vedrørende pelearbeidet, inkludert etablering og fjerning av midlertidige fyllinger. Kostnader for økt utnyttelse av spissbæringen (injisering eller komprimering) kommer i tillegg.

Borede peler Ø2500, totalt $2 \cdot 8 \cdot 44 + 2 \cdot 16 \cdot 30 = 1\,664$ meter. Enhetspris 25 000 kr/m.

Fundament

Fundamentene i akse 2 og 3 er en undervannsstøp, som tidligere omtalt. Platetykkelsen på fundamentene i aksene 1 og 4 antas til 3 meter. Totalt fundamentvolum i aksene 1 og 4 blir dermed $2 \cdot 30 \cdot 30 \cdot 3 = 5\,400 \text{ m}^3$.

Fylling samt peler under fylling

Østover: 2488 peler over 210 meter veglengde

Vestover: 600 peler over 50 meter veglengde

Kostnad for vegbane kan settes til $5\,000 \text{ kr/m}^2$ (inkludert peler, lastfordelingsribber og lastfordelende fyllmasser i høyde 2 meter fra underkant betongribber). Det vil si at fyllmasser over dette nivået kommer i tillegg).

Dette gir overslagsmessig:

Fylling øst: $5\,000 \text{ kr/m}^2 \cdot 210 \text{ m} \cdot 28 \text{ m} = 29\,400\,000 \text{ kr}$ (pluss fylling)

Fylling vest: $5\,000 \text{ kr/m}^2 \cdot 50 \text{ m} \cdot 28 \text{ m} = 7\,000\,000 \text{ kr}$ (pluss fylling)

Tørrmurer

Det kan antas en kostnad for ferdig montert tørrmur opp til 10 meters høyde på $2\,000 \text{ kr/m}^2$. I alt er det omtrent $7\,000 \text{ m}^2$ med tørrmur, og dette inkluderer tørrmurer i tilknytning til tunnelportalene på E18 i profil ca. 3450 og 4500. Totalt blir dette ca. kr 14 mill.

Kulverter

Avkjøringsrampen til Larvik: $150 \text{ m} \cdot 10\,000 \text{ kr/m} = \underline{\text{kr } 1\,500\,000}$

Kulvert for jernbanetraséen: $80 \text{ m} \cdot 20\,000 \text{ kr/m} = \underline{\text{kr } 1\,600\,000}$

Sørlandske hovedvei: $55 \text{ m} \cdot 10\,000 \text{ kr/m} = \underline{\text{kr } 3\,650\,000}$

Overvannshåndtering

Kostnaden ved å bygge rensebassenget er estimert til kr 1,5 mill.

Siltgardiner

Erfaringer viser at det er stor variasjon på kostnadene ved siltgardiner, avhengig av entreprenøren og bruk av egenutviklede eller ferdige løsninger. Kostnadene for siltgardiner har vist seg å variere mellom kr 100 - 500 per meter.

4.2 Entreprenørekostnader for steinhvelvbrua

Mål for steinhvelvbrua er vist i Tabell 7.

Mål for steinhvelvbrua	Meter
Brubredde	28
Lengden av buespenn	45
Fylling med støttemur	35
Total brulengde	150

Tabell 7: Mål for steinhvelvbrua

Entreprensekostnader for steinhvelvbrua er vist i Tabell 8.

Element	Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enhetspris	Sum
A	Forb. og generelle arbeider (15 % av øvrige arbeider)	RS			31 385 850
C1-1	Fundamentering, alternativ 1 Borede peler Ø1800 Fundament akse 2 og 3 (AUV) Fundament akse 1 og 4 Grunnforsterkning Sum	m m ³ m ³ m ³	1 056 3 780 952 10 260	20 000 4 500 2 000 3 000	21 120 000 17 010 000 1 904 000 30 780 000 70 814 000
C1-2	Fundamentering, alternativ 2 Borede peler Ø2500 Fundament, akse 2 og 3 (AUV) Fundament, akse 1 og 4 Sum	m m ³ m ³	1 664 2 700 5 400	25 000 4 500 2 000	41 600 000 12 150 000 10 800 000 64 550 000
C2	Landkar (over fundament) Overmur Pilastre Innfallmasser (magerbrtong) Ordnet steinfylling Sum	m ² m ² m ³ m ²	200 60 500 1 000	15 000 15 000 500 1 000	3 000 000 900 000 250 000 1 000 000 5 150 000
C3	Akse 2 og 3 (over fundament)	m ³	1 344	3 500	4 704 000
D4	Stillas inkl. fundamentering Forskaling av hvelv Hvelv Innfallmasser (magerbetong) Overmurer Armert betongplate Kantdrager u/rekkverk Rekkverk og støyskjermer Membran (fuktisolering) Bære- og bindelag Slitelag Sum	RS m ² m ² m ³ m ² m ³ m m m ² t t	4 000 4 000 18 000 1 800 645 300 300 3 225 340 302	500 22 500 500 15 000 2 000 3 000 3 000 300 750 750	5 000 000 2 000 000 90 000 000 9 000 000 27 000 000 1 290 000 900 000 900 000 967 500 255 000 226 500 137 539 000
K1	Siltgardin	RS			500 000
K2	Andre miljøtiltak knyttet til bru	RS			1 500 000
	Uforutsett, 10 %				24 062 485
	Entreprensekostnad				264 687 335

Tabell 8: Entreprensekostnader for steinhvelvbru over Farriseidet

5. Referanser

- /1/ POLMIT 2002. Pollution from roads and vehicles and dispersal to the local environment: final report and handbook. Deliverable D5.
- /2/ Statens vegvesen UTB 2004/08. Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge. Beregning og verifisering av utslippsfaktorer.
- /3/ Snilsberg, B. Samfunnsøkonomiske aspekter knyttet til helseproblemer forårsaket av svevestøv fra vegtrafikk, doktorgradsavhandling NTNU 2008.
- /4/ Statens vegvesen, 2005. Håndbok 242. Veger og dyreliv.
- /5/ Roseth R., Meland S. Statens vegvesen og Bioforsk Jord og Miljø 2006. Forurensning fra sterkt trafikkerte vegtunneler. SVV-rapport 2006.
- /6/ Statens vegvesen, 2004. Ring 3 Ulven - Sinsen, Utredning om vannmiljø.
- /7/ Statens vegvesen, 2008. Håndbok 017 Veg- og gateutforming.
- /8/ Statens vegvesen, 2006. Håndbok 185. Prosjekteringsregler for bruer, uoffisielt arbeidsdokument datert 28. mai 2006
- /9/ Statens vegvesen, Veglaboratoriet, 1965. Redegjørelse for fundamenteringsforholdene for Farriseidet bru. Larvik, Vestfold, Oppdrag Z 66 a. 1965
- /10/ Statens vegvesen, Veglaboratoriet, 1969. Redegjørelse for fundamenteringsforholdene ved ombygging av E 18 utenom Larvik. Oppdragsrapport Z 66^D. UTM-Ref: Z NL 586470. 1969.
- /11/ Statens vegvesen, Veglaboratoriet, 1971. Skjæring ved Trudvang pel 400 - 470. Oppdragsrapport 47 Z 66 D 3. 1971
- /12/ Statens vegvesen, Veglaboratoriet, 1973. Fundamentering av bruer for E18 og Rv. 302 over Farriselva. Oppdrag: Z-66A, Rapport nr: 2, 1973
- /13/ Statens vegvesen, Veglaboratoriet, 1974. Fundamentering av bruer for E-18 og Rv. 302 over Farriselva. Forslag til utførelse ved direkte fundamentering. Oppdrag: Z-66A, Rapport nr: 3, 1974
- /14/ Statens vegvesen, Region Sør. 2006. E18 Bommestad - Sky, Geotekniske undersøkelser for KU – datarapport. Rapport nr. 200501958-056.
- /15/ Peleveiledningen 2005, utarbeidet av Den norske pelekomité og publisert av Norsk geoteknisk forening
- /16/ Statens vegvesen, Teknologivdelingen, 2008. Nasjonalbergarten larvikitt – Ny E18 ved Farriseidet på hvelvbru og tørmurer. Teknologirapport nr. 2536.

- /17/ Statens vegvesen, 2006. Håndbok 016. Geoteknikk i vegbygging.
- /18/ Statens vegvesen, 1995. Håndbok 182. Tørrmuring med maskin.
- /19/ Statens vegvesen, 2005. Håndbok 018. Vegbygging.
- /20/ Statens vegvesen 2008. Håndbok 274. Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger.
- /21/ Statens vegvesen, Veglaboratoriet, 1989. Oset, Hoksrud, Frydenlund og Hovi. Jet-Grouting. Statusrapport etter fire forsøksprosjekt. Internrapport nr. 1405.



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

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

ISSN 1504-5005