


# Notat om slukkevann og vaskevann i tunneler

E16 og Vossebanen, Arna – Stanghelle



<input checked="" type="checkbox"/> Akseptert
<input type="checkbox"/> Akseptert m/kommentarer
<input type="checkbox"/> Ikke akseptert / kommentert Revider og send inn på nytt
<input type="checkbox"/> Kun for informasjon
Sign: <b>Gunnar Søderholm, 23.02.2021</b> 08:00:19

05B	Justering basseng & HY - Vaksdal	29.11.20	INLU	KNOY	NIIN
04B	Levering	22.10.20	INLU	KNOY	NIIN
03B	Inkl.vaskevann	16.09.2020	INLU	KNOY	NIIN
02B	Oversendelse etter kommentarer	09.04.2020	INLU	KNOY	NIIN
01B	Oversendelse	20.02.2020	INLU	KNOY	NIIN
Revisjon:	Revisjonen gjelder:	Dato:	Utarb. av:	Kontr. Av:	Godkj. av
Tittel: E16 og Vossebanen, Arna - Stanghelle		Sider:	30		
Dokumenttittel Notat om slukkevann i tunneler		Produsert av:			
		Prod. Dok. Nr.:			
		Erstatter:			
Prosjekt: 305488r01/77003301		Dokumentnr:	UAS-01-A-00040	Revisjon:	05B
Parsell: 01		Drift dokumentnr:		Drift rev.	

## **INNHold**

Innhold .....	3
1 Innledning.....	5
2 FORSYNING AV SLUKKEVANN.....	6
2.1 Kapasitetskrav .....	6
2.2 Alternative forsyningsmetoder .....	7
2.2.1 Slukkevann fra kommunalt vannforsyningsanlegg .....	7
2.2.2 Slukkevann fra åpne vannkilder .....	7
2.2.3 Slukkevann fra lukkede reservoarer .....	7
2.2.4 Slukking med drensvann fra tunnel .....	8
2.3 Anbefalt forsyningsmetode .....	8
2.3.1 Foreslått løsning for vegtunneler .....	8
2.3.2 Foreslått løsning for jernbanetunneler .....	9
2.3.3 Dimensjonering av slukkevannsbasseng .....	10
2.4 Trykkreduksjon.....	11
3 FORSYNING AV VASKEVANN .....	13
3.1 Alternative løsninger for tilførsel av vaskevann .....	13
3.1.1 Vaskevann gjennom slukkevannssystemet.....	13
3.1.2 Vaskevann fra drensvann i tunnel .....	14
3.1.3 Vaskevann fra rensebasseng.....	15
3.1.4 Vaskevann fra åpne kilder .....	15
3.1.5 Vaskevann fra kommunalt ledningsnett .....	15
3.2 Anbefalt løsning for vaskevann .....	16
4 FORESLÅTT LØSNING FOR DE ULIKE VEGTUNNELER.....	16
4.1 Berrfjelltunnelen B1: Vaksdal sentrum – Helle .....	16
4.1.1 Anbefalt løsning – forsyning fra basseng.....	16

4.1.2	Sekundær løsning med slukkevann fra kommunalt nett .....	18
4.2	Berrfjelltunnelen B2: Tolåsen – Helle .....	18
4.2.1	Anbefalt løsning – forsyning fra basseng .....	18
4.2.2	Sekundær løsning med forsyning fra kommunalt nett .....	19
4.3	Raudnipatunnelen B1: Trengereid – Vaksdal .....	20
4.3.1	Trykksoner i tunnel .....	20
4.4	Raudnipatunnelen B2: Trengereid – Tolåsen .....	20
4.4.1	Trykksoner i tunnel .....	20
4.5	Tunesfjelltunnelen: Arna – Trengereid .....	21
4.5.1	Trykksoner i tunnel .....	21
4.6	Dimensjonering av høydebasseng på Trengereid .....	21
5	DETALJERT LØSNING JERNBANETUNNELER .....	22
5.2	Vaksdaltunnelen .....	23
5.3	Skulstادتunnelen .....	24
5.4	Arnatunnelen .....	24
6	STASJONSOMRÅDER .....	24
6.1	Område A, Stanghelle stasjon .....	25
6.2	Område B, Vaksdal stasjon .....	25
6.2.1	Vaksdal B1 .....	25
6.2.2	Vaksdal B2 .....	26
6.3	Område C, Trengereid dagsone .....	27
6.4	Område D, Arna stasjon .....	27
7	OPPSUMMERING OG ANBEFALING .....	28
8	REFERANSER .....	30

## 1 INNLEDNING

Dette notatet beskriver hvordan slukkevann skal kunne forsynes til jernbane- og vegtunneler for å oppfylle krav i gjeldende regelverk [1–6], og eventuelle fremtidige krav. Det pågår en avklaring mellom Direktorat for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB), Bane NOR og Brannvesenet om eventuelle fremtidige krav til slukkevann i jernbanetunneler.

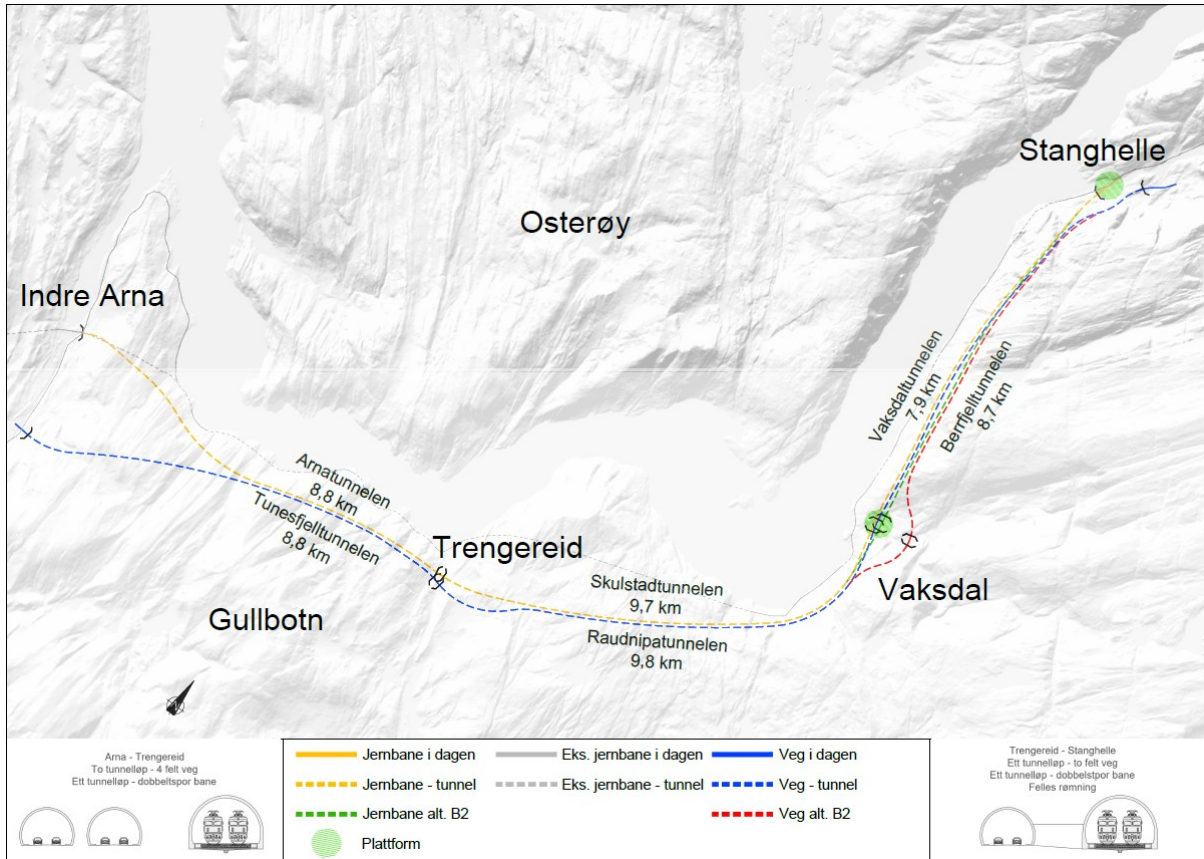
I tillegg er det beskrevet hvordan slukkevannsystemet kan benyttes for uttak av vaskevann til vask av vegtunnel.

Dette notatet er ikke førende for valg av brannsluknings- og redningsstrategi. Det henvises til RAMS, ROS og brannstrategirapporter for prosjektet [10, 11, 12], samt Statens Vegvesen og Bane NOR, for krav og supplerende vurderinger omtalt i dette notatet.

Alle løsningene nevnt i dette notatet må gjennomgås med ansvarlig brann- og redningsetat i detaljprosjekteringsfasen av prosjektet.

Kartet på neste side viser traseer for jernbane og veg, med oversikt over alle tunnelnavnene nevnt i dette notatet.





Figur 1: Oversikt over tunneler og trase. Bilde hentet fra forprosjektrapport.

## 2 FORSYNING AV SLUKKEVANN

### 2.1 Kapasitetskrav

Behov for slukkevann i vegtunnelene er satt til 30 l/s, fordelt på to uttak. Ved forsyning fra et basseng/åpen vannkilde skal størrelsen på vannvolumet være tilstrekkelig for å forsyne 30 l/s i 1 time [6]. Det tilsvarer et vannvolum på 108 m<sup>3</sup>.

For jernbanetunnelene er kravet til slukkevann forankret i TSI-SRT [2] og definert til 800 l/min i 2 timer. 800 l/min tilsvarer ca. 13 l/s, og forsyning fra et basseng i 2 timer tilsvarer et vannvolum på ca. 94 m<sup>3</sup>.

## **2.2 Alternative forsyningsmetoder**

Det er flere metoder for direkte forsyning av slukkevann i tunnelene. Enten via kommunalt vannnettverk, bruk av åpen vannkilde, lukket reservoar eller ved bruk av drensvann/lekkasjevann fra tunnelene. En kombinasjon av disse metodene er også mulig.

### **2.2.1 Slukkevann fra kommunalt vannforsyningsanlegg**

Ved forsyning direkte til tunnel fra kommunalt nett må hensyn til drikkevannskvalitet ivaretas. Høye vannhastigheter kan føre til utspyling av ledningene og forurensing av drikkevannet i ledningsnettet. Lange dødlagte ledningsstrekker gir også økt risiko for bakterievekst, som forringer vannkvaliteten på det øvrige ledningsnettet.

Forsyning fra kommunalt anlegg vil sikre kontinuerlig tilførsel uansett årstid og nedbørsmengde. Vannet som hentes fra det kommunale systemet vil være rent og fritt for bakterier, partikler og andre forurensinger. Konseptet som er foreslått for prosjektet bruker ikke kommunale vannledninger direkte til slukking i tunnelene, men det legges opp til at kommunal vannforsyning benyttes til å fylle slukkevannsbassenger.

### **2.2.2 Slukkevann fra åpne vannkilder**

Det er ikke tilstrekkelig store vannkilder i nærhet til tunneler, og derfor ikke aktuelt for dette prosjektet.

### **2.2.3 Slukkevann fra lukkede reservoarer**

Lukket reservoar er enten prefabrikkerte eller plassbygde bassengløsninger. Disse bør etableres tilstrekkelig høyt over forbrukspunktet, for å gi trykk gjennom gravitasjon.

Ved forsyning fra basseng må det sikres at vannet er tilgjengelig hele året. Det vil være behov for frostsikring av basseng som ligger i dagen. Selv om både åpne og lukkede basseng kan benyttes, vil et lukket basseng være enklere å sikre mot frost og tilgroing, og er foretrukket løsning i dette prosjektet. Et slikt basseng vil kunne fylles på flere måter:

- Fra kommunalt vannforsyningsanlegg
- Fra åpne vannkilder (bekker, elver eller vann)

- Med drensvann/lekkasjevann fra berget i tunnel
- Med fylling via tankbil

#### **2.2.4 Slukking med drensvann fra tunnel**

For at drensvann skal kunne benyttes som slukkevann, må det samles i tanker/bassenger og så pumpes for å oppnå trykk. Dette kan skje ved at brannvesenet benytter medbrakte trykkøkningpumper på biler, eller at drensvann pumpes til høydebasseng i tunnel. Sistnevnte har flere fordeler, da en også kan benytte høydebassengets kapasitet til vaskevann for tunnelvask.

### **2.3 Anbefalt forsyningsmetode**

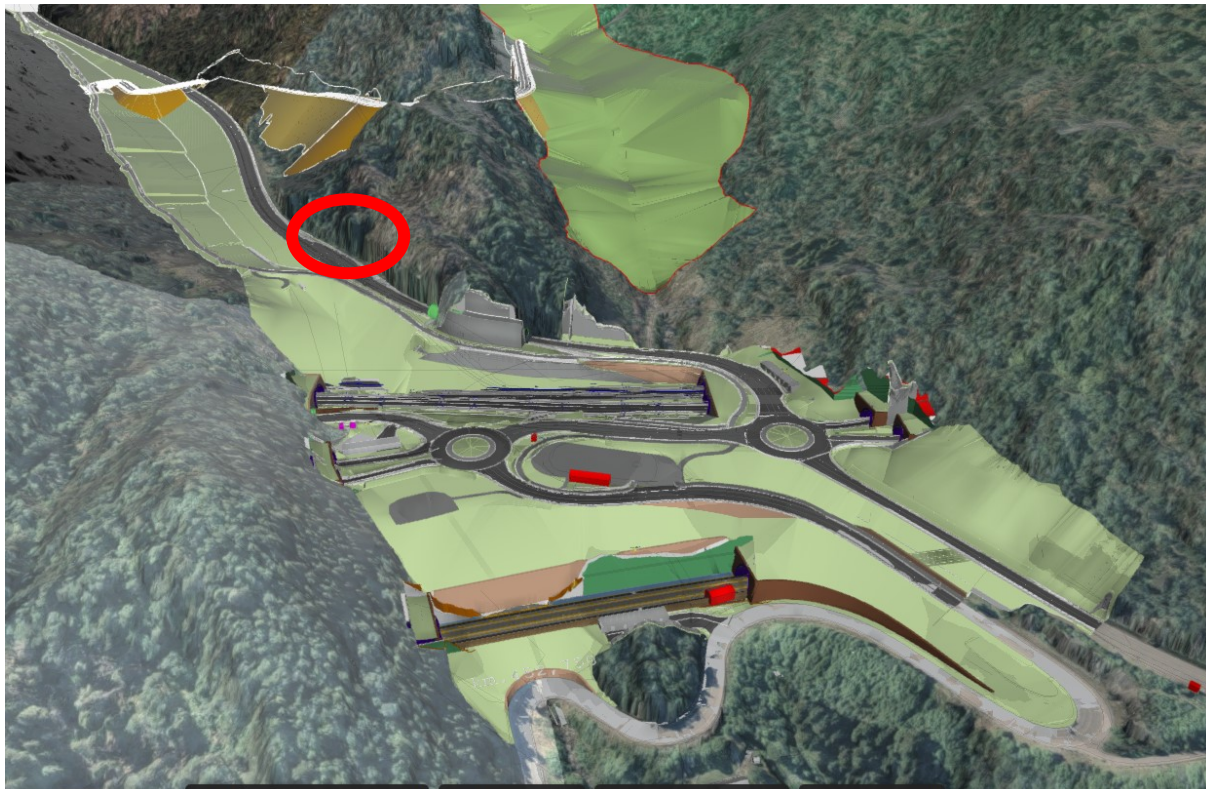
De ovennevnte konseptene er vurdert, og etablering av lukkede reservoar vil gi det beste produktet for fremtiden. Statens vegvesen og Bane Nor får vannforsyning fra basseng til tappepunkt i egen regi, som gir trygghet for at det er slukkevann med riktig trykk og mengde tilgjengelig ved behov. Bergen og Vaksdal kommune unngår ulempene ved utspyling og tapping av nett under brann eller periodisk kontroll av slukkevannsanlegget.

#### **2.3.1 Foreslått løsning for vegtunneler**

Slukkevann fra basseng er anbefalt løsning for forsyning av tunnelene i prosjektet. Det er planlagt med to bassenger, et på Trengereid og et på Vaksdal (B1) / Tolåsen (B2).

Slukkevannsbassenget plassert på Trengereid, er høyeste punkt i tunnelsystemet og slik naturlig plassering for vannreservoaret. For å få tilstrekkelig driftstrykk i hydrantene plassert ved tunnelportalene på Trengereid, er selve slukkevannsbassenget plassert i en fjellhall langs Fv.49 Hardangervegen (se tegning UAS-01-H-01006).





*Figur 2 Bassengplassering Trengeid, vist med rød ring.*

Forsyning fra Trengeid vil kreve store rørdimensjoner for å redusere rørfriksjonen tilstrekkelig for å gi et resttrykk på Helle på 1–2 bar ved uttak av 30 l/s. Samtidig vil det statiske trykket i rørene på Helle være ca. 15 bar ettersom høydeforskjellen mellom slukkevannsbasseng på Trengeid og portal på Helle er ca. 150 meter.

På bakgrunn av dette anbefales det å gå videre med eget basseng på Vaksdal (B1) eller Tolåsen (B2). Dette slukkevannsbassenget forsyner da strekningen Vaksdal–Stanghelle–Helle.

### **2.3.2 Foreslått løsning for jernbanetunneler**

Jernbanetunnelene forsynes med slukkevann via vegtunnelene. En vannledning legges i tverrtunnelene mellom jernbane og veg, for overføring av slukkevann fra vegtunnelen til jernbanetunnelen. Uttak av slukkevann i jernbanetunnelen foreslås plassert i nærheten av rømningstunnelene. Det foreslås uttak pr. 500 meter i Arnatunnelen, Skulstad- og Vaksdaltunnelen.

Generelt anbefales det å føre vann inn i banetunnelen der veg og bane ligger i tilnærmet i samme nivå. Der det er stor høydeforskjell mellom tunnelene eller stor horisontalavstand anbefales det også å føre vann inn i banetunnelen der veg og bane ligger i tilnærmet i samme nivå og så nytte langsgående fordelingsledning i banetunnel fram til hydranter.

Dersom det i senere planfaser bestemmes at det skal være slukkevannsuttak tettere enn 500 m gjennomgående i jernbanetunnelene, kan det legges langsgående vannledning i jernbanetunnelene fra siste felles rømningstunnel med vegtunnelene.

### **2.3.3 Dimensjonering av slukkevannsbasseng**

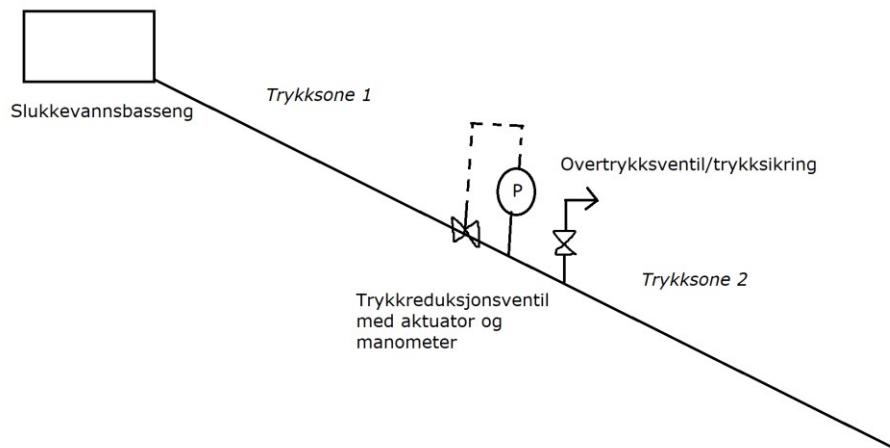
Slukkevannsbassengene blir foreslått dimensjonert for en helvask av tunnel med påfølgende brann i tunnel. Bassengene blir ikke dimensjonert for samtidig brann i veg- og banetunnel. Vannbehovet for en brann i vegtunnel er 108 m<sup>3</sup>, tilsvarende 30 l/s i 1 time [6]. Dette er noe høyere enn volumkrav for brann i jernbanetunnel (94m<sup>3</sup>), og volum for vegtunnel velges som dimensjonerende.

## 2.4 Trykkreduksjon

Trykket for slukkevann og uttak av vaskevann bør ligge mellom 2 og 8 bar ved uttakspunktet. Da noen av tunnelene har en høydeforskjell som fører til at det statiske trykket overstiger 8 bar i løpet av tunnellengden blir det behov for et trykkreduserende system. Det finnes forskjellige metoder for å sikre en forsvarlig trykkreduksjon.

- Trykkreduksjonsventiler med trykksensor og overtrykksikring.
- Oppdeling av slukkevannsystemet i flere delsystemer forsynt fra hvert sitt basseng.

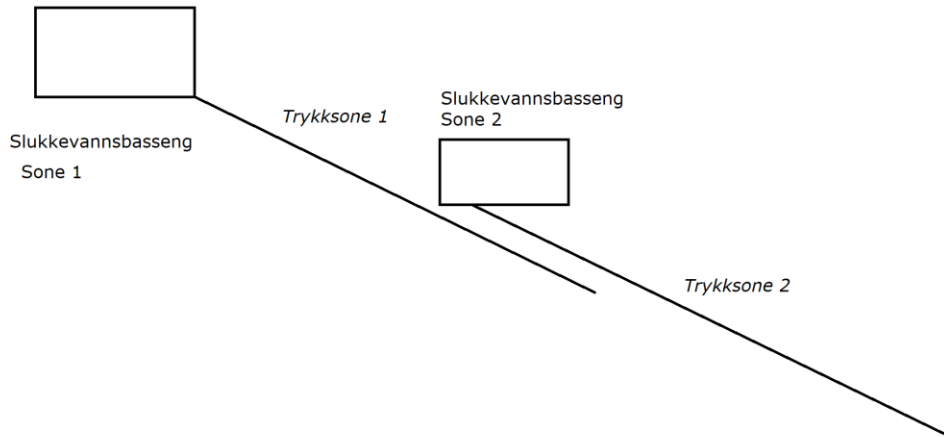
Figurene under viser de to alternativene. I denne rapporten anbefaler vi en løsning med trykkreduksjonsventiler. Løsningen krever flere kontrollsystemer og mer vedlikehold enn en bassengløsning, men er mindre kostnadskreven i installasjonsfasen.



Figur 3: Slukkevannsystem med trykkreduksjonsventil.

Ventilen som benyttes til trykkreduksjon må kunne håndtere både uttak av vann til brannslukning (30 l/s) og uttak til vaskevann. Sensitiviteten bør være størst i området for uttak av vaskevann siden dette vil være den dominerende funksjonen til

systemet. I detaljprosjekteringsfasen må det vurderes hvor mange trykksoner det bør opprettes i de forskjellige tunnelene.



*Figur 4: Slukkevannsystem med to separate basseng*

Når det legges opp til flere bassenger må de to trykksone overlappe hverandre slik at tilstrekkelig trykk får opparbeide seg i trykksone 2 før uttak av slukkevann fra basseng nr. 2. Når det benyttes flere basseng vil nødvendig volum pr. basseng gå ned, og hvert basseng vil bli mindre. Så lenge slukkevann- og vaskevannsystem skal henge sammen må bassengene alltid ha en restbuffer på minimum 108 m<sup>3</sup> med slukkevann etter en tunnelvask.

### **3 FORSYNING AV VASKEVANN**

Det er et mål å få til fellesløsninger for slukkevann og vaskevann slik at samme basseng og ledningssystem kan nyttes. Vaskevann er det vannet som driftsentreprenør benytter til vask av tunnelen. Dette skjer på ulike intervaller, men normalt en gang i året. For å redusere tidsforbruket med å kjøre ut av tunnelen for påfylling av vaskebiler, er ulike løsninger for å tilføre vann inn i tunnelene vurdert. Som hovedløsning har en sett på systemer med felles basseng og ledninger, som gjør at vaskevann kan tas ut via hydranter for slukkevann. For forsyning av vaskevann til helvask av tunnel er det tatt utgangspunkt i at en tunnel vaskes om gangen. I påfølgende delkapitler er noen av de aktuelle løsningene omtalt.

#### **3.1 Alternative løsninger for tilførsel av vaskevann**

##### **3.1.1 Vaskevann gjennom slukkevannssystemet**

Om vaskevann skal hentes fra slukkevannssystemet, må høydebassenger dimensjoneres for uttak av vaskevann. Behovet for lagret vaskevann kommer i tillegg til slukkevann, da systemet må dimensjoneres for at en brann kan oppstå samtidig eller umiddelbart etter tunnelvask.

For bassenget på Trengereid, vil Tunesfjelltunnelen være dimensjonerende som toløpstunnel med det største forbruk av vaskevann. For en helvask av Tunesfjelltunnelen er vannforbruk konservativt satt til 140 m<sup>3</sup>/km [8, 9]. Tunnelens lengde er 8,8 km, noe som gir et behov for en reservoarstørrelse på 1232 m<sup>3</sup>. Dette kombinert med slukkevannsbehovet gir nødvendig bassengstørrelse på Trengereid til ca. 1340 m<sup>3</sup>. Volumet er beregnet konservativt, da bassenget vil fylles samtidig som vask pågår. Om det er bra kapasitet på fyllingsledningen, vil bassenget kunne fylles like fort som tapping skjer og reservoarvolumet kan reduseres.

For Berrfjelltunnelen, forsynes vaskevann fra basseng i Vaksdal (B1) eller ved Tolåsen (B2). Behov for vaskevann for en ettløpstunnel ved helvask er satt til 70 m<sup>3</sup>/km [8,9]. For alternativ B1 tilsvarer dette 631 m<sup>3</sup> for Berrfjelltunnelen (9,0 km) og for B2 tilsvarer det 638 m<sup>3</sup> (9,1 km). Dimensjonerende volum slukkevann er det samme for Berrfjellstunnelen som øvrige tunneler, 108 m<sup>3</sup>.



Uttak av vaskevann fra hydranter vil være en effektiv løsning, som gir driftsentrepreneur tilgang på rikelige vannmengder på korte intervaller gjennom tunnelene. At hydranter benyttes til uttak av vaskevann bidrar til årlig testing av systemet, som gir økt trygghet for at løsningen kontinuerlig fungerer.

Om det blir aktuelt med vask av tog tunneler i forbindelse med senere rehabiliteringsarbeider, vil vasketoget også kunne fylles fra hydranter ved rømningstunnelene.

Felles basseng for slukkevann og vaskevann åpner for at bassengene tømmes helt, og at det ved brann ikke er tilgjengelig vann i reservoarene. Det kan monteres sensorer som varsler ved lavt nivå i reservoaret, men de kan ikke gripe inn i uttak av vann fra hydranter. Om driftsentrepreneur er uoppmerksom eller uheldig, kan det tenkes at de forlater en hydrant i helt eller delvis åpen posisjon, som i verste fall vil kunne drenere ut bassenget. Ved god kapasitet på tilførsel til bassengene regnes risikoen for at dette kan skje som liten. Om en vil fjerne denne risikoen helt, kan det etableres egne ledninger fra bassenget og frem til egne uttak for vaskevann.

### **3.1.2 Vaskevann fra dreinsvann i tunnel**

En annen løsning for permanent system for vaskevann i tunnel er å ha oppsamling av dreinsvann (lekkasjevann fra berget) i basseng på en eller flere lokasjoner i tunnelene. Disse bassengene plasseres i havari- og snunisjer, med egne tverrslag parallelt med teknisk hus- /og rømningstunneler. Vaskevann vil da kunne hentes ut ifra bassenger med lokale pumpeløsninger. Ved en slik løsning vil vaskevannsystemet være et separat system adskilt fra slukkevannsystemet, som reduserer volumet av høydebassengene betraktelig. Bilene som benyttes under vask vil måtte kjøre frem og tilbake til tappepunktene for påfylling av vann, men betraktelig kortere enn ved påfylling utenfor tunnelene som dagens løsning.

Utfordringen med en slik løsning er at det vil medføre behov for opplæring av personell per tunnel. Det vil også måtte utarbeides særskilte instruksjoner pr. tunnel om bassengplassering og hvordan tilgangen til disse fremskaffes. Vann må pumpes fra basseng til bil, enten via mobil pumpe/sugeslange eller permanent pumpeløsning i tunnel. Driftspersonell må også lese av bassengnivåer, og om innlekkasje av vann fra berg reduseres må bassengene tilføres vann fra andre kilder.

### **3.1.3 Vaskevann fra rensebasseng**

Det skal etableres bassenger i berg for oppsamling av vaskevann fra tunnelvask. I samband med dette notatet er det vurdert mulighet for resirkulering av dette vannet for ombruk til ny runde tunnelvask.

Den største utfordringen med bruk av dette vannet, vil være økt slitasje på høytrykksanlegget til vaskebilene. Renset tunnelvann vil trolig inneholde kjemikalier, metaller og salter som ikke bør kjøres gjennom høytrykkpumpesystemer. Vannet i disse bassengene kan også inneholde brennbar væske/olje og bør således heller ikke benyttes til slukkevann.

Videre vil det trolig oppstå utfordring med transport av partikulært stoff gjennom samme høytrykksanlegg. Renset tunnelvann har sedimentert ut partikler under oppholdstiden i bassenget. Disse partiklene kan virvles opp gjennom strømminger skapt av pumpen som løfter vannet fra basseng til vaskebil, og fører til tette filter og økt slitasje på høytrykkspumpe.

Løsningen anbefales ikke, da den stiller høye krav til operatører og sjekk av vannkvalitet. Videre risikerer en at forurensing fra tidligere vask føres tilbake til tunnelen, særskilt tungmetaller og annet som ikke løses opp av kjemikalier.

### **3.1.4 Vaskevann fra åpne kilder**

Tilsvarende som for slukkevann, finnes det ikke store vannkilder med åpent vannspeil i umiddelbar nærhet til tunnelene. Det er vassdrag i tilknytning til alle vegtunneler, men på bakgrunn av den uvisse vannføringen gjennom året anbefales det ikke bruk av åpne kilder som basis for vaskevannstilførsel. Vassdrag i Arna, Vaksdal og Stanghelle vil ha tilstrekkelig årlig vannføring, men det er ikke planlagt egne oppstillingsplasser for henting av vann. Ved stor vannføring i vassdragene kan det være betydelig risiko for personellet å hente vann fra elv.

### **3.1.5 Vaskevann fra kommunalt ledningsnett**

Det er kommunalt ledningsnett i nærhet til alle vegtunnelene i prosjektet, som kan benyttes for fylling av tanker på vaskebiler. Dette er tilsvarende modell som driftsoperatører benytter i dag. Ved bruk av flere tankbiler, kan en tunnelvask utføres effektivt ved at tankbiler kjører i skytteltrafikk mellom påfyllingspunkt og spylebil.

### **3.2 Anbefalt løsning for vaskevann**

Det mest effektive for utførende vil være å hente vaskevann fra hydranter i vegtunnelene, og det er denne løsningen som reguleres i prosjektet. Ved en slik løsning vil vask foregå hurtig, og behov for tankbiler som henter vann i dagsoner elimineres. I lange tunneler kan det være tidkrevende å hente vann i dagsoner, noe som vil være negativt med tanke på trafikkavvikling.

## **4 FORESLÅTT LØSNING FOR DE ULIKE VEGTUNNELER**

Krav til slukkevannsdekning i vegtunneler er forankret i Statens Vegvesen Håndbok N500 [1]. Det skal være vannforsyning til slukkevann i alle tunneler. Hydranter skal være i nærheten av portalene og innvendig med mellomrom som ikke overstiger 250m. Bergen Brannvesen har i et høringsnotat, datert 28.01.2019, ønsket slukkevannsuttak pr. 100 meter i tunnel. I planarbeidet er gjeldende håndbok lagt til grunn, og hydranter plassert på 250 meters intervaller.

Plassering av slukkevannsuttak i tunnel er lagt til havari- og snunisjer der hvor det er mulig. Det er lagt til grunn en forsyningsmengde på 30 l/s med et resttrykk på minimum 1–2 bar.

Ved estimering av slukkevannsbehov er det lagt til grunn at det ikke brenner i flere tunneler samtidig.

### **4.1 Berrfjelltunnelen B1: Vaksdal sentrum – Helle**

Tunnellengde er 9016 m. Det medfører behov for 37 slukkevannsuttak, inkludert en hydrant i nærheten av hver portal. Rampetunnelenes lengde medfører at de også bør være utstyrt med hydranter. Ved å plassere hydranter ved portaler for ramper, vil en også kunne betjene eksisterende tunnel.

Tunnelen forsynes fra Vaksdal ettersom påslag ligger på kote +40 m.o.h. i Vaksdal, mot kote +10 m.o.h i Helle.

#### **4.1.1 Anbefalt løsning - forsyning fra basseng**

Slukkevannsbassenget på Vaksdal skal forsyne Berrfjelltunnelen med slukkevann og vaskevann. Dette må ha reservoarkapasitet på minimum 740 m<sup>3</sup>. Bassenget er foreslått plassert oven- og vestenfor for tunnelportal bane for å gi nødvendig trykk

ved innløpet til tunnelen. Det etableres driftsveg til bassenget fra kommunal veg i boligområde Jamne. Bassenget kan fylles ved tilkobling til kommunalt ledningsnett på Jamne. Siden bassenget kan fylles gradvis, vil dette ikke virke negativt inn på øvrig forbruk i nettet. Bassenget må utstyres med sensor, som stenger vanntilførsel når bassenget er fullt.



*Figur 5. Bassengplassering Vaksdal B1, ligger på kulle mellom boligområde Jamne og Vaksdaldaltunnelen.*

Et alternativ er å fylle bassenget med drensvann fra tunnel. Dette krever pumpeløsning i tunnel, koblet til en sensor i bassenget, som starter å fylle opp bassenget når vannivået er redusert under et gitt nivå. Tunnelen kan utstyres med et oppsamlingsbasseng for drensvann, som sikrer at slukkevannsbassenget blir fylt opp igjen i en jevn hastighet. Bassenget bør utstyres med sensor som stopper pumpen når bassenget er fullt. Plassering av pumpen og påfyllingsrate for slukkevannsbassenget må bestemmes i byggefasen og avhenger av innlekkingsrate i tunnelen.

#### **4.1.2 Sekundær løsning med slukkevann fra kommunalt nett**

Dersom ikke løsning med basseng kan velges i senere planfaser, vil det la seg gjennomføre å bruke kommunalt ledningsnett direkte til hydranter i tunnel. Dette er ikke den anbefalte løsningen.

Nærmeste mulighet for å hente vann er en Ø160 ledning nær påslaget. Det må undersøkes i detaljprosjekteringsfasen om det er tilstrekkelig trykk ved uttak av 30 l/s i denne ledningen til å kunne forsyne tunnelen. Det andre alternative er å knytte seg til eksisterende VL225 ledning som krysser den nye veggen i området hvor jernbanestasjonen vil komme. Trykkfallssimuleringer må utføres på det kommunale nettet i detaljprosjekteringsfasen.

Det bør gjøres en vurdering av sårbarheten til vannnettverket i Vaksdal ved uttak av slukkevann til tunnel med tanke på risiko for forurensing av drikkevannet.

Tegning UAS-01-H-01004 viser ledningsnettet i Vaksdal sentrum i alternativ B1.

(Hva anbefales. Vi har vel lagt opp til forsyning via kommunal ledning)

#### **4.2 Berrfjelltunnelen B2: Tolåsen – Helle**

Tunnellengde er ca. 9116 m. Det medfører behov for 37 slukkevannsuttak, inkludert en hydrant i nærheten av hver portal. Tunnelen forsynes med vann fra Vaksdal ettersom påhugg ligger på kote +80 m.o.h. i fra vest, mot kote +10 m.o.h i Helle. Det gir en statisk trykkøkning i tunnelen på ca. 7 bar.

Den statiske trykkøkningen gjennom tunnelen fører til behov for trykkreduksjonsanlegg, dersom trykket skal holdes mellom 2 og 8 bar. Med et statisk trykk i Tolåsen på 2 bar blir trykket på Helle 9 bar.

Forbruket er dimensjonert til et forsyningsbehov i tunnelen med 30 l/s slukkevann. Overføringsledning bør ha en dimensjon på minimum Ø250 PE. Det gir et friksjonstap igjennom tunnelen på ca. 4 bar.

##### **4.2.1 Anbefalt løsning - forsyning fra basseng**

Det anbefales løsning med høydebasseng for slukkevann og vaskevann til Berrfjelltunnelen B2. Vannvolum må være 750 m<sup>3</sup> for å dekke en helvask av tunnel, samt påfølgende brann. Selve bassenget kan forsynes med vann fra det kommunale høydebassenget i Tolåsen. Planlagt plassering av bassenget er i fjellhall, tilsvarende



som for basseng i Trengereiddalen. Fjellhallen etableres inn i skjæring på lokalvegen opp til kommunalt høydebasseng, illustrert med rød ring på figur under. Denne plasseringen må vurderes i senere planfase for mulig konflikt mot fremtidig tunneltube 2.



*Figur 6: Bassengplassering Vaksdal B2. Ligger i fjellhall med adkomst fra sekundærveg.*

Bassenget kan også fylles med drensvann fra tunnel. Løsningen krever en pumpe som pumper vann opp i bassenget fra tunnelens drenssystem. Plassering av pumpen og påfyllingsrate for slukkevannsbassenget må bestemmes i byggefase og avhenger av innlekkingsrate i tunnelen. Det kan etableres et oppsamlingsbasseng for drensvann i tunnel i tilknytning til pumpen som sikrer kontinuerlig tilførsel av vann til bassenget ved behov.

#### **4.2.2 Sekundær løsning med forsyning fra kommunalt nett**

Om ikke den anbefalte løsningen velges i senere planfase, kan Berrfjelltunnelen B2 teoretisk forsynes fra det nye kommunale høydebassenget plassert i åsen over tunnelen. Dimensjon på vannledning fra høydebasseng er Ø250, som vil gi tilstrekkelig kapasitet til å forsyne tunnelen med 30 l/s.

### **4.3 Raudnipatunnelen B1: Trengereid – Vaksdal**

Tunnellengde er 9860 m. Det medfører behov for 41 slukkevannsuttak, inkludert en hydrant i nærheten av hver portal. Innslag til tunnelen ved Trengereid er på kote +138 m.o.h og ved Vaksdal er innslag på kote +44 m.o.h. Det gir en statisk trykkforskjell på ca. 9,5 bar. Tunnelen har et lavpunkt på kote +36 m.o.h. Statisk trykkøkning til dette punktet er ca. 10 bar.

Raudnipatunnelen B1 kan ikke forsynes med slukkevann direkte fra kommunalt nett. Tunnelen må derfor forsynes fra slukkevannsbassenget på Trengereid.

Overføringsledningen bør ha en dimensjon på min. Ø225 PE, som gir et friksjonstrykktap i ledningen på 8 bar i tunnelen, ved uttak av 30 l/s.

#### **4.3.1 Trykksoner i tunnel**

Høydeforskjellen mellom Trengereid og Vaksdal sentrum fører til en statisk trykkøkning tunnel på over 9 bar. Ved laveste punkt i tunnelen er statisk trykkøkning på hele 10 bar. Dette overskrider ønsket operasjonstrykk mellom 2 og 8 bar. For å sikre utstyr og personell ved uttak av vaskevann igjennom slukkevannssystemet må tunnelen deles opp i forskjellige trykksoner. Det anbefales en løsning med trykkredusjonsventil. I byggefasen må antall soner og oppdeling av slukkevannssystemet i tunnelen fastsettes.

### **4.4 Raudnipatunnelen B2: Trengereid – Tolåsen**

Tunnellengde er ca. 10070 m. Det medfører behov for 42 brannslukningsuttak, inkludert en hydrant i nærheten av hver portal. Innslag til tunnelen ved Trengereid er på kote +138 m.o.h og ved Tolåsen er innslag på kote +78 m.o.h. Det gir en statisk trykkforskjell på ca. 6 bar. Tunnelen har et lavpunkt på kote +42 m.o.h. Statisk trykkøkning til dette punktet er på 9,5 bar.

Tunnelen forsynes fra slukkevannsbassenget på Trengereid. Overføringsledningen bør ha en dimensjon på min. Ø250 PE, som gir et friksjonstrykktap i ledningen på 5 bar i tunnelen, ved uttak av 30 l/s.

#### **4.4.1 Trykksoner i tunnel**

Høydeforskjellen mellom Trengereid og lavpunktet i Raudnipatunnelen gir en statisk trykkøkning på 9,5 bar. Dette overskrider ønsket operasjonstrykk mellom 2 og 8 bar. For å sikre utstyr og personell ved uttak av vaskevann igjennom

slukkevannsystemet må tunnelen deles opp i forskjellige trykksoner. Det anbefales en løsning med trykkredusjonsventil. Høydeforskjell mellom lavpunkt på kote +42 moh og Tolåsen på kote +78 moh gir en statisk trykkøkning på ca. 3.5 bar. I alternativ B2 bør derfor Raudnipatunnelen ha tosidig forsyning av slukkevann og vaskevann. Både fra basseng i Trengereiddalen og fra Tolåsen. Plassering av og antall trykksoner må bestemmes i detaljprosjekteringsfasen.

#### **4.5 Tunesfjelltunnelen: Arna – Trengereid**

Tunnellengde er 8800 m. Det medfører behov for 36 slukkevannsuttak i hvert løp, inkludert en hydrant i nærheten av hver portal. Innslag i Arna ligger på kote +70 m.o.h og ved utløpet av tunnelen i Trengereid er det kote +138 m.o.h. Dette gir en statisk trykkøkning på ca. 6,5 bar ved forsyning fra Trengereid. I tillegg har tunnelen et lavpunkt ved kote + 57 m.o.h, i området ved Takvam.

Overføringsledningen bør ha en dimensjon på minimum Ø250 PE i tunnelen. Dette gir et friksjonstrykktap igjennom hele tunnelstrekningen på ca. 4,5 bar.

Siden det må etableres høydebasseng på Trengereid som følge av Raudnipatunnelen, forsynes også Tunesfjelltunnelen fra dette.

##### **4.5.1 Trykksoner i tunnel**

Tunesfjelltunnelen har et lavpunkt på kote +57 m.o.h. Statisk trykkøkning til dette punktet er nesten 8 bar. For å holde driftstrykket mellom 2 og 8 bar vil det være behov for trykkreduksjon også i denne tunnelen. Dersom det kan aksepteres høyere driftstrykk, maks 10 bar, i påkoblingsøyeblikket vil behovet for trykkreduksjon i Tunesfjelltunnelen falle bort. Plassering av og antall trykksoner må bestemmes i detaljprosjekteringsfasen.

#### **4.6 Dimensjonering av høydebasseng på Trengereid**

Bassenget forsyner både Raudnipatunnelen og Tunesfjelltunnelen. Det dimensjoneres for det største behovet for vaskevann, samt slukkevann. Største behovet for vaskevann er ved helvask av Tunesfjelltunnelen, tilsvarende 140 m<sup>3</sup>/km [8, 9], samt påfølgende brann. Dette gir et totalvolum for vannreservoaret på ca.1350 m<sup>3</sup>. Bassenget er foreslått plassert i fjellhall noe opp i Trengereiddalen, se tegning UAS-01-H-01006.

Bassenget fylles med vann fra kommunalt anlegg i Trengreidssvingene. Det vil være behov for en pumpe som kan pumpe vann opp til bassenget. Det er svært konservativt antatt en påfyllingsrate på 5 l/s. Det vil ta ca. 3 dager å fylle bassenget igjen etter en helvask. Pumpen bør installeres med start/stopp funksjon basert på nivå i bassenget.

Bassenget kan også forsynes med drens- / lekkasjevann fra tunnel. Også her er det behov for en pumpe for å løfte vann opp til reservoaret. Plassering av pumpen og påfyllingsrate for bassenget må bestemmes under detaljprosjektering og avhenger av innlekkingsrate i tunnelen. Pumpen kan installeres med start/stopp funksjon basert på nivå i bassenget eller bassenget kan bygges med overløp. Overløp fra bassenget føres til Mandalsbekken via nye planlagte stikkrenner.

Driftsrutiner må derfor etableres som sikrer at bassenget ikke tappes helt ned under vask av tunnelene. Det skal alltid være en buffer på minimum 108 m<sup>3</sup> i bassenget for å dekke slukkevannsbehov.

## **5 DETALJERT LØSNING JERNBANETUNNELER**

Krav til slukkevann er forankret i TSI-SRT [2]. Kravene er en leveranse på minimum 800 l/min i 2 timer ved evakuerings- og redningspunkt. For tunneler over 20 km, slik som tunnelene på prosjektet er definert, er det krav til å ha et evakuerings- og redningspunkt ved hvert av innslagene, samt et inne i tunnelen. Evakuerings- og redningspunktet definert som inne i tunnelen blir ved Vaksdal stasjon.

Det pågår en avklaring mellom DSB, Bane NOR og Brannvesenet om slukkevannbehov i tunneler. I påvente av en avklaring har prosjektet besluttet å legge til rette for at slukkevann skal kunne være tilgjengelig inne i jernbanetunnelene i tilfelle det blir fremtidig krav. Da det ikke er krav i TSI-SRT til slukkevann inne i tunnelen er det antatt at det vil være tilstrekkelig med etablering av hydrant ved hver rømningstunnel, på 500 meters intervall i Vaksdaltunnelen og Skulstadtunnelen, og på 500 meters intervall i Arnatunnelen. Slukkevann forsynes fra vegtunnelen og inn til jernbanetunnelen via rømningstunnelene ved at det legges en vannledning sammen med de andre tekniske føringene som passerer mellom tunnelene, se også kap 2.3.2. Vannledningen avsluttes med en hydrant i nærheten

av utløpet til rømningstunnel. Nøyaktig plassering må planlegges i samråd med Bane NOR i senere planfase, og følge krav i Teknisk regelverk [7].

#### ***5.1.1.1 Alternativ med langsgående ledning i tunnel***

Der hvor vegtunnel og jernbanetunnel avviker i trase, kan det legges langsgående vannledning i jernbanetunnelen. Hydranter plasseres da på gitte intervaller avhengig av ønsket dekning (Eksempelvis 250 meters intervall). Dette prinsippet kan og etableres på strekninger hvor veg- og bane går parallelt, om en ønsker økt slukkevannsdekning på bane.

Det legges ikke opp til en slik løsning i denne prosjektfasen, men foreslått slukkevannsystem er svært robust og gir ikke begrensninger for fremtidig antall hydranter og ledninger i banetunneler.

## **5.2 Vaksdaltunnelen**

Høydeforskjellen er på 34 meter fra innslag på Vaksdal til utløp på Stanghelle. Det tilsvarer en statisk trykkøkning på ca. 3 bar. Slukkevann forsynes fra vegtunnelen og inn til jernbanetunnelen via rømningstunnelene ved at det legges en vannledning sammen med de andre tekniske føringene som passerer mellom tunnelene. Slukkevannsledning fra vegtunnel avsluttes med en hydrant i nærheten av utløp til rømningstunnel.

#### ***5.2.1.1 Alternativ med langsgående ledning i tunnel***

Der hvor jernbanetunnelen ikke går parallelt med vegtunnelen kan tunnelen forsynes med slukkevann fra langsgående vannledning, dersom det stilles krav til det i senere planfase. Tunnellengde er 7920 m. Det kan da legges opp til hydrant pr. 500 m som tilsvarer 16 hydranter.

For alternativ B2 kan langsgående vannledning i Vaksdaltunnelen forsynes fra Vaksdal frem til den går parallelt med vegtunnelen, dersom det er behov for langsgående vannledning i tunnel. Behov for dette må avklares av DSB, Bane NOR og Brannvesenet i senere planfase.



### **5.3 Skulstadtunnelen**

Skulstadtunnelen er 9690 m lang. Det legges opp til hydrant pr. 500 m. Det tilsvarer 20 hydranter. Tunnelen forsynes med slukkevann fra vegtunnelen via overførende vannledning som legges langs med rømningstunnelene. Høydeforskjellen er ca. 70 m fra innslag på Trengereid til innslag i Vaksdal. Det tilsvarer en statisk trykkøkning på ca. 7 bar.

#### ***5.3.1.1 Alternativ med langsgående ledning i tunnel***

Der hvor jernbanetunnelen ikke går parallelt med vegtunnelen kan tunnelen forsynes med slukkevann fra langsgående vannledning, dersom det blir et krav i senere planfase. Nøyaktig plassering av hydranter bestemmes av Bane NOR i byggeplan.

### **5.4 Arnatunnelen**

Arnatunnelen er 8740 m. Det legges opp til hydrant pr. 500 m. Det tilsvarer 18 hydranter. Tunnelen forsynes med slukkevann fra vegtunnelen via vannledning som ligger langs rømningstunnelene. På strekning av tunnelen hvor bane ligger med stor avstand til vegtunnel, legges det egen vannledning for slukkevann i banetunnel. Høydeforskjellen er 104 m fra innslag på Trengereid til innslag i Arna. Det tilsvarer en statisk trykkøkning på 10 bar.

Om det ønskes tettere intervall på hydrantene, må det legges inn vannledning i jernbanetunnelen- enten langsgående gjennom hele, eller som stikkledninger ut fra tverrtunneler. Stikkledninger vil gi minst grøfter og ledninger for å oppnå økt dekning.

Ledningen for slukkevann i jernbanetunnel bør forsynes fra basseng på Trengereid.

## **6 STASJONSOMRÅDER**

Krav til slukkevann er forankret i TSI-SRT [2]. Kravene er en leveranse på minimum 800 l/min i 2 timer ved evakuerings- og redningspunkt. For tunneler med over 20 km lengde, slik som tunnelen på prosjektet er definert, er det krav til å ha et evakuerings- og redningspunkt ved hvert av innslagene, samt et inne i tunnelen. Evakuerings- og redningspunktet definert som inne i tunnelen blir ved Vaksdal

stasjon. For prosjektet vil alle evakuerings- og redningspunktene være i stasjonsområdene.

En leveranse på 800 l/min i 2 timer tilsvarer en leveranse på ca. 13 l/s [2,7]. Krav til slukkevannskapasitet for tettbygde strøk er 1200 l/min (småhusbebyggelse) eller 3000 l/min (bykjerner/sykehus) ved resttrykk på 1–2 bar [5]. Kommunalt vannforsyningsanlegg i stasjonsområdene skal ha tilstrekkelig kapasitet til å dekke kravet på 800 l/min, ettersom det er dimensjonert for å levere 1200–3000 l/min i området. Trykkfallsberegninger bør utføres i detaljprosjekteringsfasen, og bestilles normalt gjennom ledningseier.

Videre prosjektering må i samråd med lokalt brannvesen avdekke hvordan vannforsyning for brannslukning i banetunneler skal sikres. Dersom det blir aktuelt å forsyne banetunneler med slukkevann så må behov for kapasitet og trykk identifiseres i samarbeid med berørte brannvesen.

## **6.1 Område A, Stanghelle stasjon**

Vann kan hentes fra kommunal Ø160 ledning som ligger i Døso. Hydrant etableres ved evakuerings- og redningspunkt, innen 25–50m fra stoppested for tog [2,6]. Plassering skal være ved hovedangrepsveg for brann- og redningsetaten (brannvesenets kjøreadkomst til plattform) og følge krav i Teknisk regelverk [7]. Nøyaktig plassering må avklares av Bane NOR i detaljprosjekteringsfasen i samråd med brann- og redningsetat. Det må legges opp vannledning med dimensjon på Ø160 PE frem til hydrant. Kapasitet og trykktapsberegninger bør utføres i byggeplan. Utførelse skal følge krav i Vaksdal kommunes VA norm. Se tegning UAS-01-H-01001.

## **6.2 Område B, Vaksdal stasjon**

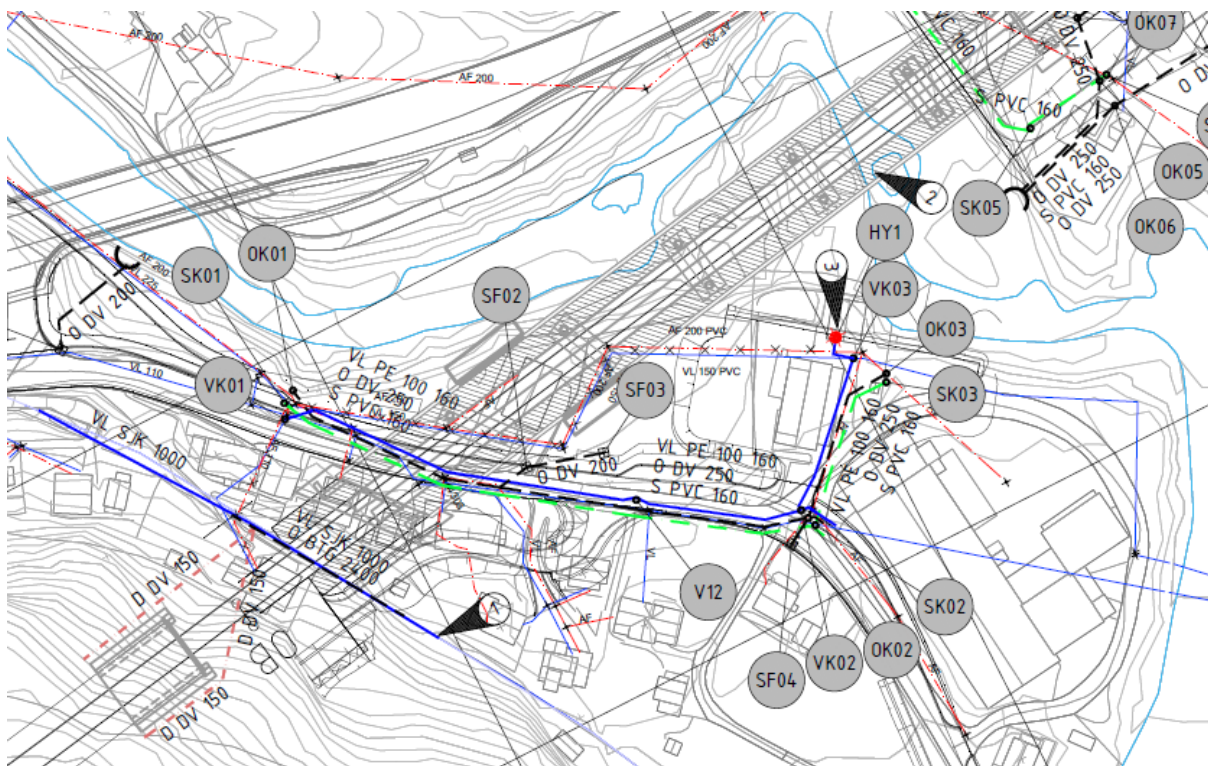
### **6.2.1 Vaksdal B1**

Vann kan hentes fra kommunal Ø225 ledning som krysser i dag under det som blir det nye stasjonsområdet, se tegning UAS-01-H-01004. Hydrant etableres ved evakuerings- og redningspunkt, innen 25–50m fra stoppested for tog [2,6]. Brannhydranten skal plasseres ved hovedangrepsveg for brann- og redningsetaten og følge krav i Teknisk regelverk [7]. Nøyaktig plassering må avklares av Bane NOR

byggeplan i samråd med brann- og redningsetat. Det må legges opp vannledning med dimensjon på minimum Ø160 PE frem til hydrant. Kapasitet- og trykktapsberegninger bør utføres i byggeplan. Utførelse skal følge krav i Vaksdal kommunes VA norm.

### 6.2.2 Vaksdal B2

Hydrant på stasjonsområdet forsynes fra kommunal Ø160 ledning, se tegning UAS-01-H-02004.



Figur 7: Utklipp UAS-01-H-02004, plassering hydrant i pkt. 3, Vaksdal B2.

Hydrant etableres ved evakuerings- og redningspunkt, innen 25–50m fra stoppested for tog [2,6]. Brannhydranten skal plasseres ved hovedangrepsveg for brann- og redningsetaten og følge krav i Teknisk regelverk [7].

For å øke forsyningspotensialet på stasjonsområdet, kan det innlemmes tørre rør i brokonstruksjonen opp til plattform på bro. Dette blir tilsvarende konsept som stigeledning i bygg, og erstatter brannvesenets slangeutlegg oppover i

etasjer/nivåer. På bakkeplan må det som minimum etableres to tilkoblingspunkt for Ø65mm fødeslanger. Utforming av og nøyaktig plassering må avklares i av Bane NOR byggeplan i samarbeid med brann- og redningsetat.

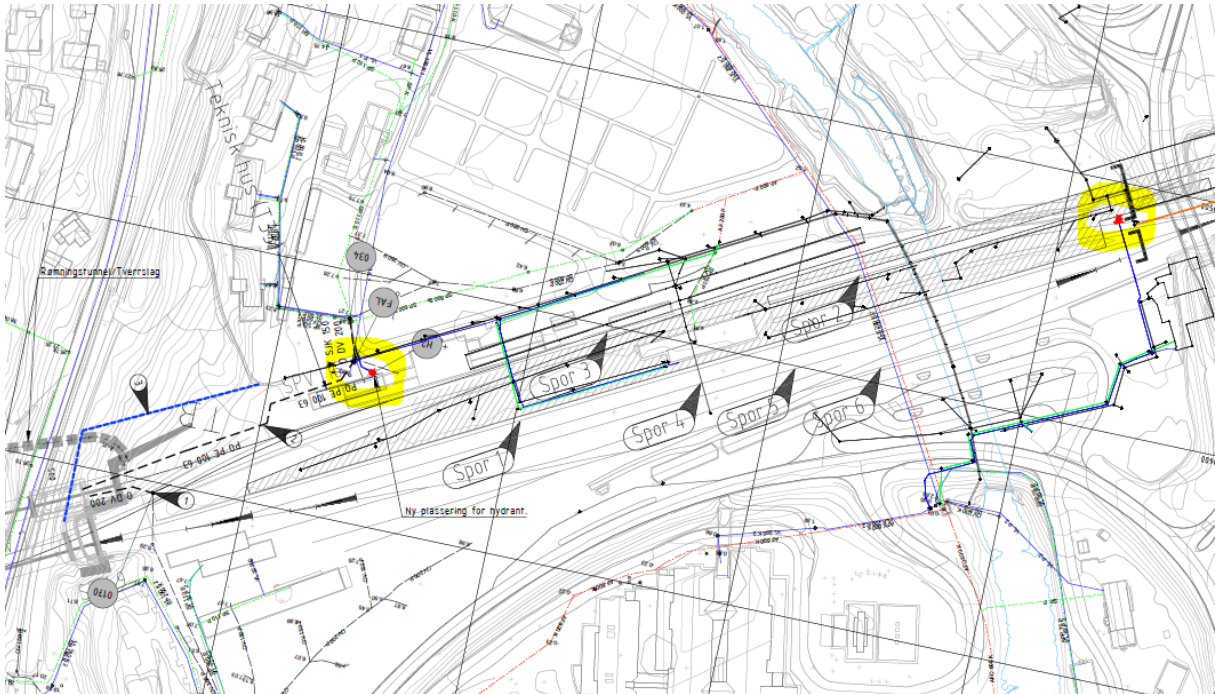
For å sikre tilstrekkelig vannmengde og trykk, må det legges opp vannledning med dimensjon på minimum Ø160 PE frem til hydrant. Kapasitet- og trykktapsberegninger bør utføres i byggeplan. Utførelse skal følge krav i Vaksdal kommunes VA norm.

### **6.3 Område C, Trengereid dagsone**

Det er ikke krav til slukkevann her, da dagsone er for kort. Slukkevann vil allikevel være tilgjengelig og det er foreslått at det legges stikkledning fra kommunal ledning i Trengereidsvingane og fram til hydrant ved teknisk hus. I tillegg vil slukking i denne dagsonen kunne foregå med innsats fra vegbane slik at brannvesenet kan koble sine pumper på hydrant plassert ved innslag til vegtunnel. Endelig løsning avklares av Bane NOR i senere planfase i samarbeid med brann- og redningsetat.

### **6.4 Område D, Arna stasjon**

Arna stasjon får etablert et evakuerings- og redningspunkt i forbindelse med utbygging av Ulriken tunnel. Her skal det plasseres en hydrant i nærheten av portalen. Denne kan benyttes for Vossebanen også. I tillegg plasseres det også en hydrant nærmere Arnatunnelen. Hydranter omringet gult i figur under.



*Figur 8: Utklipp tegning UAS-01-H-010008. Hydrantplassering Arna Stasjon.*

Det må legges opp vannledning med dimensjon på minimum Ø150 SJK frem til hydranten. Kapasitet og trykktapsberegninger bør utføres i byggeplan. Utførelse skal følge krav i Bergen kommunes VA norm.

## 7 OPPSUMMERING OG ANBEFALING

E16 Vossebanen Arna– Stanghelle planlegges med et robust og selvstendig anlegg for forsyning av slukkevann. Det anbefales å etablere høydebassenger på hhv. Vaksdal og Trengereid som forsyner samtlige veg- og banetunneler gjennom egne slukkevannsledninger fram til hydranter. For å sikre effektiv drift i fremtiden, anbefales det videre at anlegget i tillegg dimensjoneres for vaskevann.

Den anbefalte løsningen summeres opp som følger:

- Det etableres to bassenger, dimensjonert for slukkevann og vaskevann
  - o Trengereid, volum ca. 1350 m<sup>3</sup>
  - o Vaksdal B1, volum ca. 750 m<sup>3</sup> / Tolåsen B2, volum ca. 750m<sup>3</sup>

Tunnelene forsyntes som følger:



- Høydebasseng Trengereid
  - o Veg
    - *Raudnipatunnelen B1 & Raudnipatunnelen B2*
    - *Tunesfjelltunnelen*
  - o Jernbane
    - *Arnatunnelen*
    - *Skulstadtunnelen*
- Høydebasseng Vaksdal B1 / Tolåsen B2
  - o Veg - *Berrfjelltunnelen*
  - o Jernbane - *Vaksdaltunnelen*

At anlegget skal dimensjoneres for uttak av vaskevann, bidrar til en signifikant økning i størrelsen på reservoarene. Dimensjonerende volum satt av for brannvann er ca. 100m<sup>3</sup>, mens det for vaskevann er hhv. ca. 1250m<sup>3</sup> og ca. 650m<sup>3</sup>. At det er rent vann tilgjengelig til vaskevann i tunneler er en stor fordel, men designet av systemet legger mye ansvar over på driftspersonell. Det må holdes kontroll med at det hele tiden er tilgjengelig slukkevann i reservoaret, og ved tomt reservoar må vask utsettes tilsvarende lengde som fyllingstid. På Trengereid er denne (konservativt) satt til 5 l/s, noe som tilsier litt over 3 døgn for å fylle bassenget igjen. Sentrumsområdet Vaksdal er har mye bedre dekning, og bassenget kan trolig fylles med tilsvarende hastighet som det tømmes.

Det kreves solide tiltak for å etablere bassenger i denne størrelsesorden, herunder bl.a. tilkomstveger, tunneldriving, betongarbeider og sikringsarbeider. Det er usikkert om investeringen forsvarer den smidige utførelsen av tunnelvask en oppnår. Dagens vaskekonsept med fylling av vaskebiler i dagsoner har høyere driftskostnader, men neglisjerbar investeringskostnad. Trolig kan dagens konsept utvikles med flere tankbiler i skytteltrafikk, eller redusert forbruk av vaskevann som vil øke effektivitet noe.

Selv med det tatt i betraktning, mener vi at den anbefalte løsningen bør fremmes i planforslaget. Den legger til rette for en fremtidig løsning hvor tunnelvask er svært effektiv, noe som er viktig på en sterkt trafikkert innfartsåre.

## 8 REFERANSER

1. Statens vegvesen håndbok N500 – Vegtunneler, 2016.
2. TSI-SRT, 2019.
3. Norsk Vann rapport 218 – Vann til brannslukning, 2016.
4. Notat for reguleringsplan for E6 Ranheim – Værnes – Notat brannvann i tunneler og hensyn kommunal VA-anlegg, [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/1355004/binary/1108582?fast\\_title=Brannvann%2C+Asplan+Viak+09.11.2015.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/1355004/binary/1108582?fast_title=Brannvann%2C+Asplan+Viak+09.11.2015.pdf), 2015.
5. Byggteknisk forskrift (TEK17), §11–17 – Tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap. <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/v/11-17/>, 11.2019.
6. Tilrettelegging for innsats for rednings- og slokkemannskaper, Bergen Brannvesen, 25.11.2019.
7. Bane NOR Teknisk Regelverk, kap. 2.1.11. [https://trv.banenor.no/wiki/Tunneler/Prosjektering\\_og\\_bygging/Sikkerhetstil\\_tak#Brannslokningspunkter\\_.28ref.\\_TSI\\_SRT\\_4.2.1.7.29](https://trv.banenor.no/wiki/Tunneler/Prosjektering_og_bygging/Sikkerhetstil_tak#Brannslokningspunkter_.28ref._TSI_SRT_4.2.1.7.29)
8. SVV rapport nr. 295. Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging, 01.06.2014.
9. UAS-02-A-00010, Notat renseløsning vegtunneler, 02B.
10. UAS-03-Q-00006, RAM- og Sikkerhetsplan, 02E.
11. UAS-01-Q-00017, Brannkonsept – Bane og Veg, 02B.
12. UAS-01-Q-0007, ROS – Driftsfase, 02B.