



FELLESPROSJEKTET ARNA – STANGHELLE, FORBEREDENDE ARBEIDER

FAGNOTAT. RENSELØSNINGER FOR AVRENNING FRA RIGG, DEPONI, KNUSEVERK; TRENGEREID, DALEHAGEN, ESPELAND

04A	Korrigerer referanser og referanseliste	19.03.2024	SVO	HADN	EISI	
03A	Diverse presiseringer, justert løsning Trengereid og Espeland N	12.03.2024	SVO	HADN	EISI	
02A	Deponeringsvolum og påvirkning vassdrag justert for Trengereid	14.02.2024	SVO	HADN	EISI	
01A	Konsept/løsningsforslag, diverse presiseringer om løsning	28.08.2023	SVO	HADN	EISI	
00A	Første versjon til gjennomsyn, grunnlag for prosjektering	11.05.2023	SVO	HADN	EISI	
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	
Tittel: Fagnotat. Renseløsninger for avrenning fra rigg, deponi, knuseverk; Trengereid, Dalehagen, Espeland		Ant. sider	Fritekst 1d			
		28	Fritekst 2d			
			Fritekst 3d			
		Produsent	COWI			
		Prod. dok. nr.				
Erstatning for						
Erstattet av						
Prosjekt: Fellesprosjektet Arna – Stanghelle, forberedende arbeider Parsell: 01		Dokument nr. FAS-01-A-00010			Rev. 04A	
  Statens vegvesen		Dokument nr.			Rev.	

1	INNLEDNING	3
2	TRENGEREID	5
2.1	ANLEGGSAKTIVITET	5
2.2	AVRENNING TIL MANNDASELVA.....	6
2.3	RENSELØSNING.....	11
3	DALEHAGEN	16
3.1	ANLEGGSAKTIVITET	16
3.2	AVRENNING TIL DALEELVA	17
3.3	RENSELØSNING.....	20
4	ESPELAND NORD	22
4.1	ANLEGGSAKTIVITET	22
4.2	AVRENNING TIL STORELVA.....	23
4.3	RENSELØSNING.....	25
5	REFERANSER	27

1 INNLEDNING

I Fellesprosjektet Arna - Stanghelle (FAS) skal Statens vegvesen og Bane NOR bygge ny vei og jernbane mellom Arna i Bergen og Stanghelle i Vaksdal kommune. Den statlige reguleringsplanen for FAS ble godkjent i april 2022. Ny jernbane og vei skal gå i tunnel med en kort dagsone på Vaksdal. Ny E16 har i tillegg en kort dagsone på Trengereid. Forbedrende arbeider har planlagt oppstart i 2024 og består av en rekke større og mindre enkeltstående entrepriser. De skal etter planen være gjennomført første halvår 2026. Hele prosjektet har en forventet anleggsperiode på 10 år.

Foreliggende notat viser påvirkning i vassdrag og renseløsninger for avrenning fra anleggsområder som startes i forberedende entrepriser på Trengereid (E1), Dalehagen (E 1 og E5) og Espeland nord (E6) i Fellesprosjektet Arna – Stanghelle (FAS). Tiltakene gjelder hele anleggsperioden for de arbeider som videreføres i hovedprosjektet. Notatet beskriver prinsipløsninger og vil være grunnlag for videre detaljprosjektering og søknad om tillatelse etter forurensningsloven. Figur 1 viser felles trase for veg og jernbane i prosjektet.

Aktiviteten omfatter følgende:

Trengereid – deponering av tunnelmasser ovenfor og nedenfor eksisterende E16. Oppfyllingen nedenfor E16 vil fungere som del av veifylling for fremtidig utvidet kryssområde på Trengereid. Deponiet ovenfor E16 benyttes til riggområde og knuseverk. Etter avsluttet anleggsvirksomhet, gjenskapes ny natur med åpent bekkeløp over deponiarealet.

Dalehagen – deponering tunnelmasser, knuseverk og rigg.

Espeland nord – her klargjøres et område for rigg og knuseverk med anleggsvei. I tillegg inngår arbeide med tunnelforskjæring.

For alle områdene er det aktuelt med mellomlagring og sortering av bunnrenskmasser fra tunnel og det tilrettelegges for disse arbeidene også i forberedende fase.



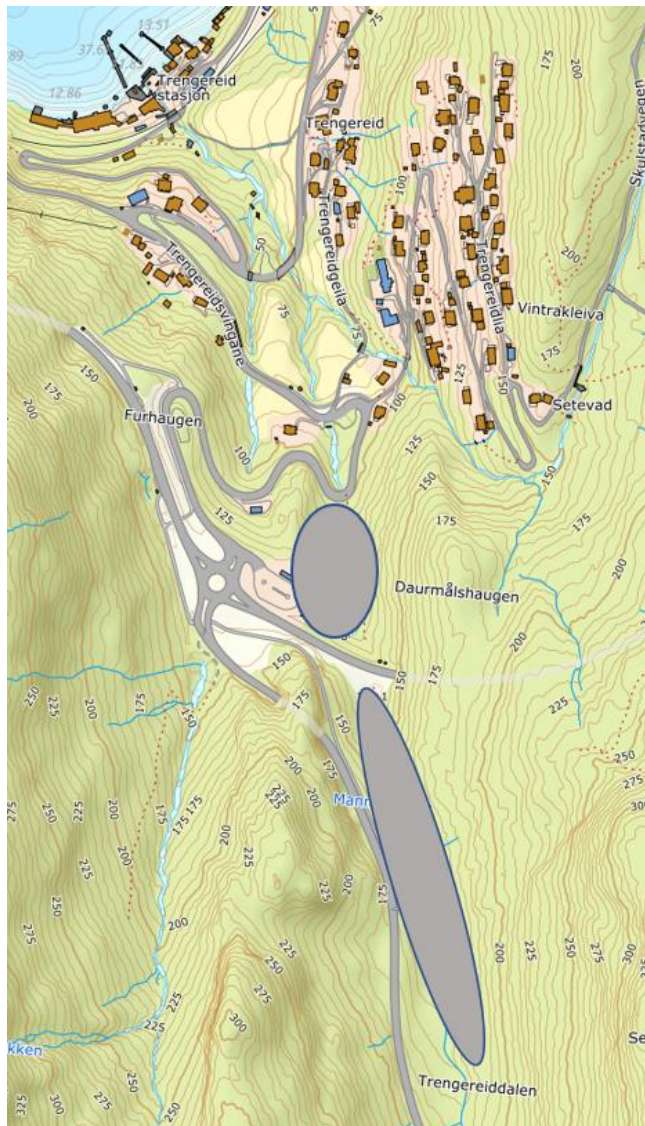
Figur 1. Felles trase for vei og jernbane i Fellesprosjektet Arna – Stanghelle.

2 TRENGEREID

2.1 Anleggsaktivitet

Deponeringen av sprengsteinsmasser medfører igjenfylling av Trengereiddalen ovenfor E16. Manddalselva legges midlertidig i rør i elveleiet mens anleggsdriften pågår. Etter avsluttet anleggsdrift skal elva føres åpent over deponiområdet (Tabell 1). Grunnforholdene består av faste skredmasser med lav mektighet over fjell. Stedvis er det noe sandmasser (Figur 2).

Nedenfor E16 utvides dagens fylling i kryssområdet med sprengstein for å gi plass til utvidet kryssløsning. Elva går i dag i kulvert under E16, og kulverten forlenges under nytt fyllingsområde og elva forblir permanent lukket gjennom fyllingsområdet. Dagens kulvert under E16 oppgraderes med økt kapasitet. Grunnen består av tynt morenedekke.



Figur 2. Skissemessig plassering og utbredelse av deponi og fylling av sprengstein oppstrøms og nedstrøms for dagens E16 i Trengereiddalen.

Tabell 1. Deponering og fylling av tunnelmasser i Trengereiddalen inkludert lagring av masser til knusing.

Lokalitet	Deponi- og fyllingsareal, m ²	Volum anbrakt sprengstein, m ³	Areal med tilrenning til deponi og fylling, m ²
Deponi ovenfor E16	40 000	300 000	300 000
Veifylling nedenfor E16	12 500	130 000	90 000
Sum	52 500	430 000	390 000

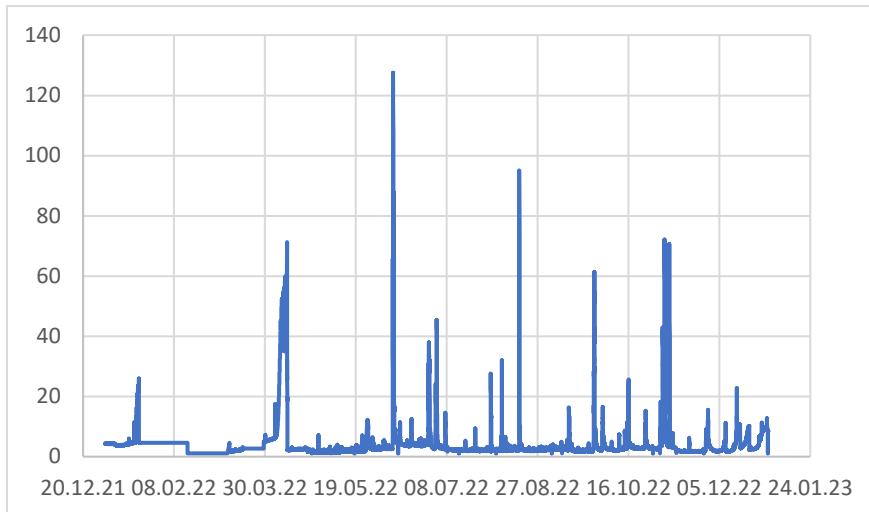
Innholdet av finstoff (kornstørrelse <0,063 mm / silt-leir) i tunnelmasser er 0,7 %, sand (0,063–2 mm) 7 %, grus 40 % (2–63 mm) og stein 54 % (>63 mm) for delsikt < 250 mm. Finstoffinnholdet utgjør 2,6 % for delsikt <22,4 mm (= middel/grov grus) (ref. siktekurve for sprengstein mottatt fra SVV/FAS).

På deponiet oppstrøms E16 etableres riggområde og knuseverk.

2.2 Avrenning til Manddalselva

Sprengsteinsdeponi

Avrenning fra tunnelmasser inneholder partikler og nitrogen fra sprengstoffrester. I tillegg kan slik avrenning inneholde helse- og miljøfarlige metaller i konsentrasjoner som kan ha forurensende virkning på vannresipienter. Det gjelder først og fremst tunnelmasser med syredannende bergarter (Pabst, et al., 2015; Ranneklev, et al., 2016). Resultater fra undersøkelser gjennomført av COWI viser at det trolig er små mengder syredannende berg som skal sprenges ut i FAS. Derfor er det lite trolig at avrenning fra sprengsteinsfyllinger/-deponi i prosjektet vil ha metallkonsentrasjoner som kan ha forurensende virkning på vannresipienter. Tiltak under etableringen av deponiet vil bidra til å redusere partikkelavrenningen. Erfaringer viser at partikkelutslippet (SS – suspendert stoff) fra sprengsteinsdeponier på årsbasis ligger på 25 mg/l, men at maksutslipp ved nedbør ligger i størrelsesorden 400 mg/l (NIBIO, 2023) (Figur 3).



Figur 3. Suspendert stoff (mg SS/l) i sigevann fra sprengsteinsfylling med sidearealer for E16 Bjørum – Skaret. Korrigert for sidearealene vil maks målt verdi (120 mg/l) utgjøre 400 mg/l fra kun deponiarealet (NIBIO, 2023).

Utslipp til Manddalselva vil på dette grunnlaget gi en gjennomsnittlig konsentrasjon i underkant av miljømålet på 10 mg/l og en maks konsentrasjon på 28 mg/l. I refererte deponi ble det lagt ut filtermasser (subbus) i deponiet, noe som bidrar til å redusere utvaskingen av finstoff samt at deponiet ikke ble benyttet til knuseverk eller annet formål. Avrenning fra knuseverk kan gi høye partikkelutslipp ved mye nedbør. Målinger viser 1700 – 2000 mg suspendert stoff/l (Gjesdal & Misund, 2014). Virkningen av et mulig utslipp av overflatevann (overløp) til elva fra knuseverksdriften er beregnet for 1700 mg SS/l. Det er derimot lite sannsynlig at et så høyt partikkelinnhold renner av fra hele deponiarealet. Beregnet påvirkning av partikkelutslipp i Manddalselva, og fra etter samtløp med Skulstadelva og Skredbekken uten rensetiltak, er vist i Tabell 2. Partikkelpåvirkningen overskrider miljømålet under nedbør og kan bli potensielt høy under ekstrem nedbør (beregning metode etter Åstebøl, Dalen, Henninge, & Vollertsen (2021). Rensetiltak er da nødvendig.

I tidligere deponirapport er det foreslått sedimentasjonsbasseng for rensing av sigevann fra deponiet og fyllinga (SVV / Bane NOR, 2020). Plassforholdene i nedkant av fyllinga gjør det vanskelig å etablere sedimentasjonsbasseng. Det er likevel regulert et midlertidig areal for sedimentasjonsbasseng dersom det senere viser seg mulig og ønskelig å etablere et mindre anlegg. Erfaringsmessig har sedimenteringsbasseng for denne type sigevann en begrenset renseeffekt, i størrelsesorden 30 %. Dette skyldes finkornige partikler i sigevannet (NIBIO, 2023).

Mengden total nitrogen i sprengstoffrester i anbrakte sprengsteinsmasser til deponi og fylling er beregnet å være inntil 13 tonn.

Beregningen av nitrogen i sprengstoffrester baseres på følgende grunnlag:

- 75 % sprengstein fra tunnel, og 25 % fra dagsone.
- Forbruk av 0,8 kg sprengstoff per pfm³ (prosjektert fastkubikkmeter) sprengt berg fra dagsone. For tunnelsprengt stein bruker vi 2,1 kg per pfm³ (prosjektintern vurdering; Hammervold, 2009).
- pfm³ = am³/1,5 (Statens vegvesen, 2018)
- 1 % uomsatt sprengstoff i dagsonesprengt stein. For tunnelsprengt stein bruker vi 15 % (Bækken, 1998; Vikan, 2013). Andelen sprengstoffrester er rapportert å variere. Tiltak i FAS for å redusere andel sprengstoffrester, for eksempel bruk av elektroniske tennere, gjør at 15 % kan være et høyere estimat enn det som vil bli tilfellet.
- Ca. 28 vekt-% nitrogen i sprengstoff.
- For tunnelsprengt stein følger 35 % av nitrogenet med tunnelvannet (Vikan, 2013).

Vi antar her at alt nitrogen vil renne av i løpet av et år, selv om det er trolig at avrenningen vil ta lengre tid. Beregninger viser at belastningen av totalnitrogen overskrider miljømålet (Tabell 2). Tiltak for å redusere nitrogenbelastningen i vassdraget er nødvendig.

Tabell 2. Dagens tilstand og beregnet ny gjennomsnittlig årlig konsentrasjon av total nitrogen og suspendert stoff i vassdraget fra sprengsteinsdeponi/-fylling uten rensertiltak. Nedbørfelt Manddalselva nedstrøms deponiet og fyllinga; 0,85 km². Beregning maks konsentrasjon av suspendert stoff fra deponi og knuseverk: 400–1700 mg/l. Nedbørfelt ved samløp med Skulstadelva og Skredbekken; 6 km². Skulstadelva har et større nedbørfelt (avrenning fra Skulstadvatnet, 10 km²), som delvis er inkludert da elva deler seg oppstrøms samløpet med Manddalselva, men andelen som går til den delen av Skulstadelva som Manddalselva munner ut i, er ukjent.

Tilstand	Manddalselva, total nitrogen, µg/l	Manddalselva suspendert stoff, mg/l	Skulstadelva nedstrøms samløp med Manddalselva og Skredbekken total nitrogen, µg/l	Skulstadelva nedstrøms samløp med Manddalselva og Skredbekken suspendert stoff, mg/l
Dagens tilstand i elva	290	2,5	333	2
Vannmiljømål	250	10	475	10
Ny middel-konsentrasjon under anlegg	4850	3,8	1012	2,2
Ny maks konsentrasjon under anlegg	-	28 - 107	-	6 - 17

Nitrogen i ferske sprengsteinsmasser vil være i form av ammonium (NH₄⁺) og nitrat (NO₃⁻), med ca. 50 % av hver (Vikan, 2013). Ammonium kan omdannes til ammoniakk som er giftig for fisk. Miljømålet for god økologisk tilstand for ammoniakk har en grenseverdi i ferskvann på 10 µg/l gitt som 90-persentil (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018). Ammoniakkpåvirkningen i Manddalselva for 90-persentil er beregnet til 11,9 µg/l det året med høyest utslipp. For Skulstadelva etter samtløp med Manddalselva og Skredbekken er påvirkningen beregnet til 1,5 µg/l. Det er liten fare for at konsentrasjonen av ammoniakk i Manddalselva generelt kan bli høyere enn miljømålet som følge av avrenning fra sprengsteinsfyllinger på Trengereid. Det er ikke sannsynlig at konsentrasjonen av ammoniakk i Skulstadelva blir høyere enn miljømålet.

Drift av knuseverk

Det planlegges å etablere et mindre mobilt knuseverk på deponiområdet på Trengereid, i forberedende arbeider. Ved driving av hovedtunnelene (i hovedprosjektet) planlegges et knuseverk på deponiområdet som vil være i drift i hele anleggsperioden. Knuseverk genererer støv og støy (COWI, 2024a og b). I tillegg genererer knuseverk med bruk av fersk sprengstein, avrenning av nitrogen og partikler til vann fra lagret sprengstein, før og etter knusing.

Riggområde

Utslipp fra riggområder ved bygging av veg og jernbane, og som kan føre til forurensning, er for eksempel oljeholdig vann i utslipp fra verksted, vaskeplasser og utslipp av sanitært avløpsvann. Etableres det vaskeplass for fullvask av kjøretøy på riggområdet må avløpsvannet ledes via oljeutskiller som oppfyller kravet til utslipp av oljeholdig avløpsvann på 50 mg THC/l (ref. forurensningsforskriften del 7 og paragraf 15-7, evt. krav i tillatelse etter forurensningsloven). Det forutsettes at entreprenør håndterer nevnte typer utslipp fra riggområder i tråd med gjeldende regelverk.

Mellomlagring av bunnrensk

Bunnrenskmasser er masser som ligger i den midlertidige kjørebane som er anlagt i tunneler under driving, og som typisk fjernes når den endelige kjørebane skal etableres. Håndbok 500 legger til rette for at deler av bunnrensk (forurensningsgrad under gitte kriterier) kan ligge igjen i sålen. Dette vil påvirke hva som blir tatt ut av tunnelene, både mengde og forurensningsgrad. Bunnrenskmasser består hovedsakelig av knust sprengstein. FAS søker om å få mellomlagre bunnrenskmasser på anleggsområdet på Trengereid. Bunnrenskmasser kan være forurenset slik at de er i tilstandsklasse 2 eller dårligere etter Miljødirektoratet (2023). Forurensningen kan bestå av oljeprodukter, og også f.eks. av benzen, bly og krom. Forurensede bunnrenskmasser skal mellomlagres slik at det ikke blir avrenning fra dem. Det skal oppnås ved tiltak som å etablere avskjæring av overvann fra tilgrensende arealer, legge massene på fast dekke, og tildekke massene med vanntett materiale. Lagring i tverrslagene blir vurdert som et alternativ. Med nevnte tiltak vurderes risikoen for forurenset avrenning fra bunnrensk til vassdrag, å være liten. Prosjektet søker altså ikke om å få slippe ut vann som har vært i kontakt med forurensede mellomlagrede bunnrenskmasser. Bunnrenskmasser er å anse som næringsavfall, og skal i utgangspunktet behandles etter avfallsforskriften.

Prosjektet vil tilstrebe at det blir dannet minst mulig mengde av forurensete bunnrenskmasser, og at minst mulig bunnrenskmasser må håndteres som forurensete masser, blant annet ved å:

- Fortløpende avgrense og rydde opp i masser som blir utsatt for oljesøl fra anleggsmaskiner/lagertanker i tunnelene.
- Prøveta bunnrenskmasser slik at partier med forurenset bunnrensk og ikke-forurenset bunnrensk kan identifiseres og holdes atskilt.
- Behandle bunnrensk, for eksempel ved sikting, for å ytterligere redusere mengden forurenset bunnrensk.

Tunnelvann

På Trengereid skal det også etableres tunnelpåhugg. Et påslipp av tunnelvann til elva i hovedprosjektet, vil overbelaste vannkvaliteten ytterligere selv etter rensing (sedimentasjon) av tunnelvannet (Tabell 3). Med tunnelvann menes vann som ledes ut av tunnel under driving, og som består av en blanding av driftsvann, innlekkasjevann og påboret vann (Norsk forening for fjellsprenningsteknikk, 2009). Et alternativ tiltak er å føre tunnelvannet i separat ledning til utslipp i sjøen tilsvarende samme løsning som for øvrige tunnelavløp i prosjektet ved Gamle Fossen, Fossmark og Romslo/Naustvika.

Tabell 3. Beregnet påvirkning i vassdraget fra utslipp av tunnelvann etter sedimentasjon av tunnelvannet, årlig gjennomsnitt.

Vassdrag/middel-konsentrasjon	Mål total nitrogen, µg/l	Påvirkning tot. N, µg/l	Mål partikler/SS, mg/l	Påvirkning partikler/SS, mg/l
Mannadalselva	250	8180	10	77
Skulstadelva nedstrøms samløp med Mannadalselva og Skredbekken	475	1490	10	13

Tabell 4 viser samlet påvirkning i vassdraget hvis både sigevann fra sprengsteinsdeponi/-fylling og tunnelvann slippes ut i vassdraget. Belastningen på vassdraget blir betydelig over miljømålet og det er behov for tiltak for å redusere belastningen.

En sjøledning kan fange opp både sigevann fra deponiene og utslipp fra tunneldrivingen. En slik løsning vil gi den nødvendige beskyttelsen av Mannadalselva/Skulstadelva og vannkvaliteten i strandsonen. Det er foretatt en vurdering av utslippsdybden i sjø uten at vannkvalitetsmålet for vannkvaliteten i sjøvann overskrides. Anbefalt utslippsdybde ligger på 100 m (COWI, 2024c).

Tabell 4. Samlet påvirkning i gjennomsnitt for året i vassdrag fra utslipp fra sprengsteinsdeponi/-fylling og tunneldriving. Tunnelvannet er forutsatt å gjennomgå sedimentasjon før utslipp til vassdrag. For øvrig ingen andre utslippsreduserende tiltak.

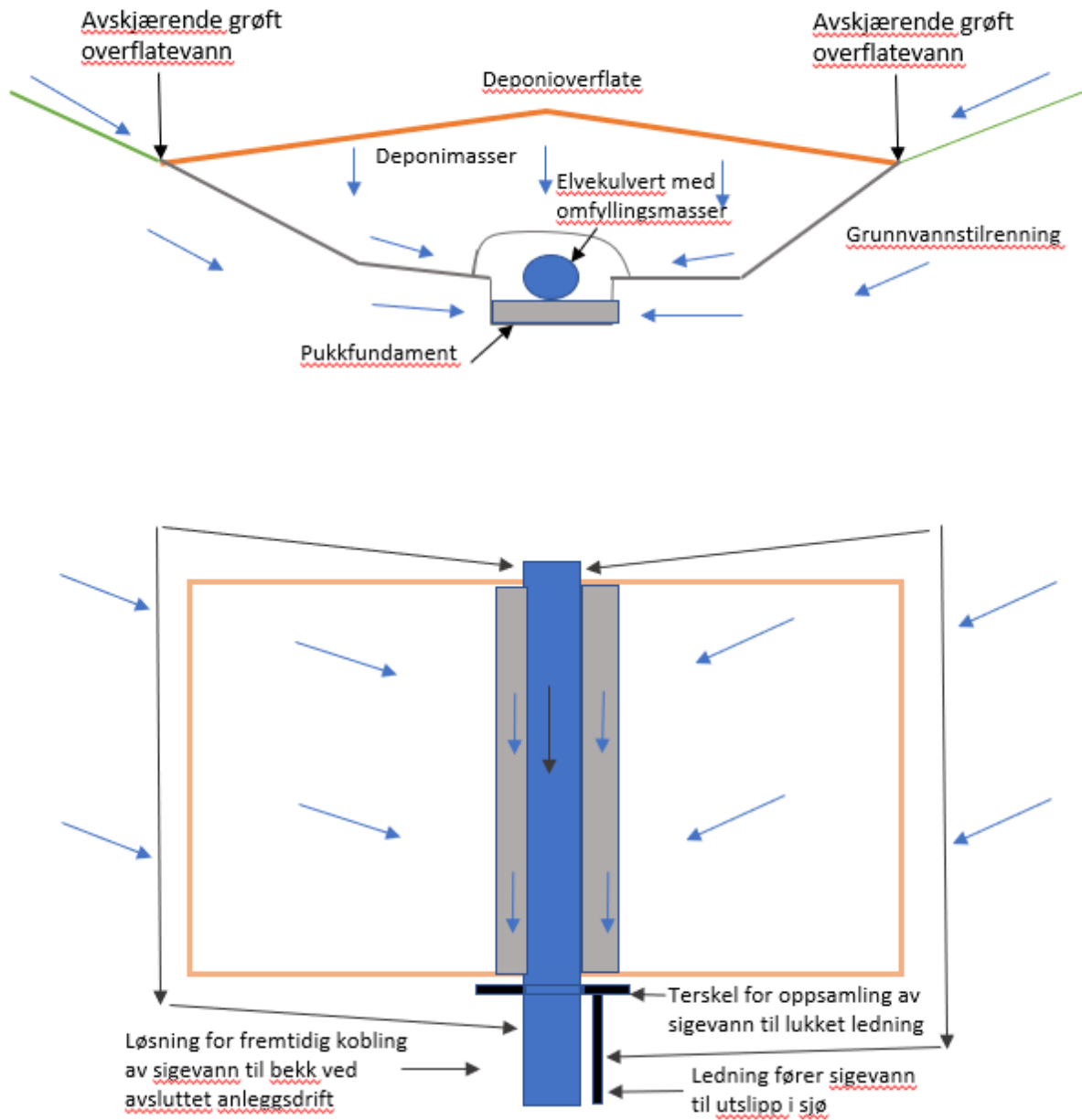
Vassdrag/middel-konsentrasjon	Mål total nitrogen, µg/l	Påvirkning tot. N, µg/l	Mål partikler/SS, mg/l	Påvirkning partikler/SS, mg/l
Mandalselva	250	13 000	10	81
Skulstadelva nedstrøms samløp med Mandalselva og Skredbekken	475	2 500	10	15

2.3 Renseløsning

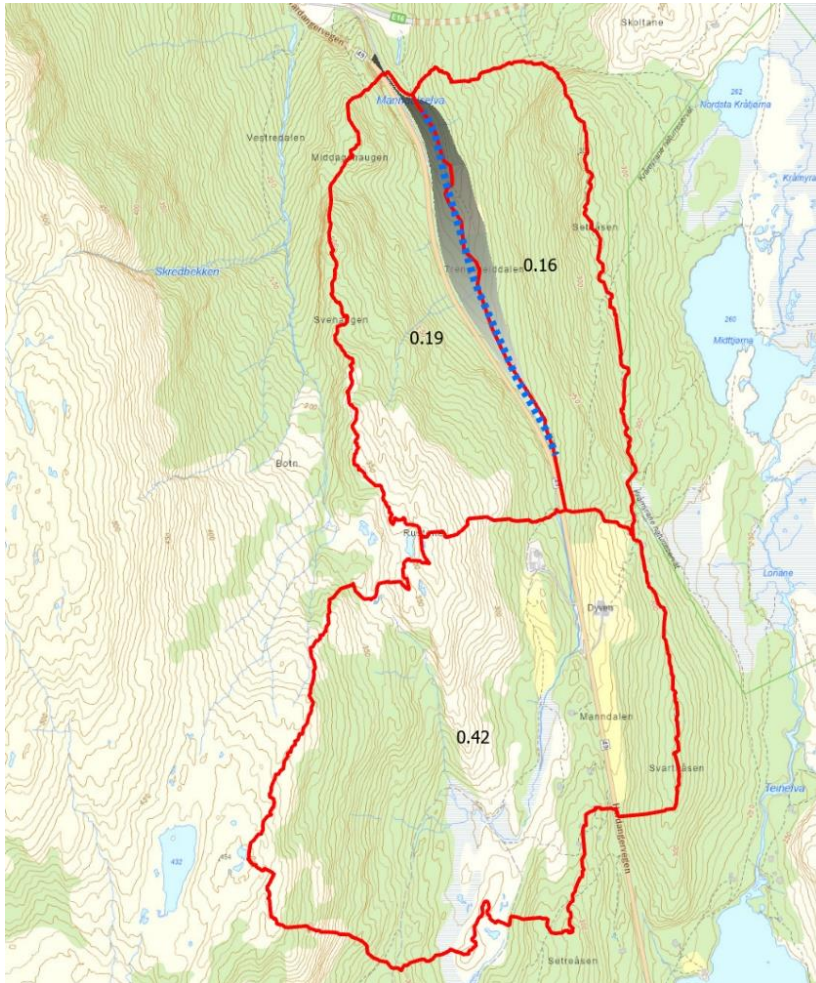
Det anbefales følgende tiltaksløsninger for deponering av sprengsteinsmasser i Trengereiddalen oppstrøms og nedstrøms E16 (Figur 4):

- Elva legges i kulvert i deponiområdene oppstrøms og nedstrøms E16. Nedstrøms blir kulverten permanent, men oppstrøms legges elva åpent over deponiområdet når anleggsfasen er avsluttet.
- Det legges et lag av separasjonsmasse mellom omfyllingsmassen for kulverten og sprengsteinsmassene
- Generelt etableres avskjærende grøfter langs ytterkanten og i overkanten av deponiene som avskjærer terrengvann/overflatevann fra å renne inn i deponimassene. For deponiet oppstrøms E16 etableres avskjærende grøft på østsiden. På vestsiden vil Hardangerveien være avskjærende og stikkrenner forlenges og kobles til bekelukkingen. For fyllinga nedstrøms E16 avskjæres terrengvann etter samme prinsipp.
- Oppsamling av overflatevann fra kjørearealer på deponiområdene. Vannet infiltreres i deponimassene. Overflatevann skal ikke renne av direkte til bekken.
- Sigevann fra deponiene og grunnvannstilsig fra nedbørfeltet på begge sider av deponiet, vil følge det gamle elveleiet i bunnen av dalen. Nederst i deponiene (ved fyllingsfot) etableres en terskel der sigevannet samles opp og ledes inn på en tett ledning. Sigevannet fra deponiet/fyllingen ovenfor og nedenfor E16 føres videre i felles separat ledning til utslipp i fjorden. Ledningen legges i elveleiet/kulvertene frem til ønsket dybde i sjøen. Utslippsdybden bestemmes ved modellering av utslippets virkning i sjøen. Drivevann fra tunneldrift på Trengereid i hovedprosjektet, kobles på samme utslippsledningen (Tabell 5). Når anleggsdriften er avsluttet og sigevannet har en tilfredsstillende vannkvalitet, kobles sigevannet tilbake til elva og sjøledningen fjernes.

- Deponiområdene opparbeides suksessivt med etablering av bekkelukking og avskjærende grøfter parallelt med oppfylling av deponiet. I deponerings- og fyllingsarealene fjernes vegetasjons- og toppjorddekket til mellomlagring. Massene gjenbrukes på deponi-/fyllingsoverflatene for reetablering av vegetasjonsdekke når anleggsfasen er avsluttet.
 - Overløp fra avrenning fra sprengsteinsdeponi-/fyllingen kan skje, og overløpsvannet havner da i Manddalselva. Overløp skal kun skje ved ekstraordinært mye nedbør, og økningen i årsmiddelkonsentrasjon av suspendert stoff i Manddalselva som følge av slike hendelser skal være ubetydelig. Virkningen av overløp til elva må følges opp.
-



Figur 4. Prinsippskisse tværssnitt/plan for deponi og fylling for tunnelmasse, Trengereid. Løsningen er basert på bekkelukkning lagt i dagens bekketrase. Det er planlagt en terskel for oppsamling av sigevann ved foten av deponi/fylling, se detaljer i prosjektert løsning.



Figur 5. Mannalselvas nedbørfelt oppstrøms E16. Deponiområdet er avmerket med grå farge. Elva legges i kulvert under deponiet i anleggsfasen. Delfeltene (areal 0,16/0,19 km²) beliggende på øst- og vestsiden med direkte avrenning til deponiområdet, inngår i dimensjoneringen av sigevannsopsamling under deponiet. Sigevannet ledes i separat ledning til utslipp i sjøen. Feltstørrelse angitt i km². Nedbørfelt er utarbeidet ved Gis-analyser av terrengoverflate i Scalgo.

Avrenningen til sjøledning er sammenstilt i Tabell 5. Sjøledningen dimensjoneres for en kapasitet på 45 l/s.

Tabell 5. Beregnet avrenning til separat utslippsledning til sjø fra deponi/fylling opp- og nedstrøms E16 og tunneldriving. Middelaavrenning nedbørfelt 108 l/s*km², derav midlere grunnvannsavrenning (34 %) = 36 l/s*km².

Data	Areal/ tunnellengde	Spesifikk avrenning	Avrenning, l/s
Deponiareal oppstrøms E16	4 ha	1,1 l/s*ha	4,4
*Areal grunnvanns- tilsig til deponi oppstrøms E16	30 ha	0,36 l/s*ha	10,8
Deponiareal nedstrøms E16	1,25 ha	1,1 l/s*ha	1,4
*Areal grunnvanns- tilsig til deponi nedstrøms E16	9 ha	0,36 l/s*ha	3,2
** Innlekkasje fra tunnel	3093 m	5066 m ³ /uke	8,4
*** Tunnelvann (middel/maks)	3093 m	788 m ³ /uke	1,5/16,7
Sum vannføring til sjøledning (middel/maks), l/s	-	-	30/45

* Tilsig i grunnen, forutsetter avskjærende terrenggrøft langs ytterkanten av deponiet

** Innlekkasje – basert på 7 dagers uke

*** Tunnelvann – gjennomsnitt for 6 dagers uke. Maks drivevann fra samtidig drift; 16,7 l/s (COWI, 2024d).

3 DALEHAGEN

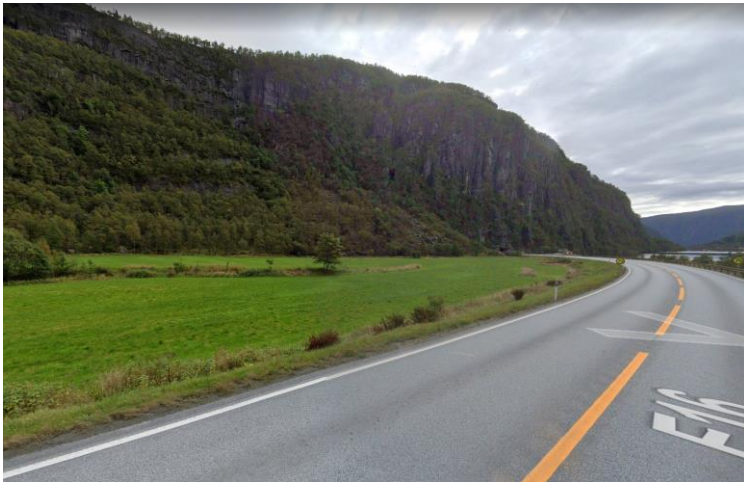
3.1 Anleggsaktivitet

På Dalehagen er det avsatt et areal på 6,4 ha til sprengsteinsdeponi, riggområde og knuseverk (Figur 6/Figur 7). Totalt deponeringsvolum inkludert mellomagring for knusing er 700 000 m³ anbrakt masse, am³. I størrelsesorden 90 % av sprengsteinen vil komme fra tunnel, 10 % fra dagsone.

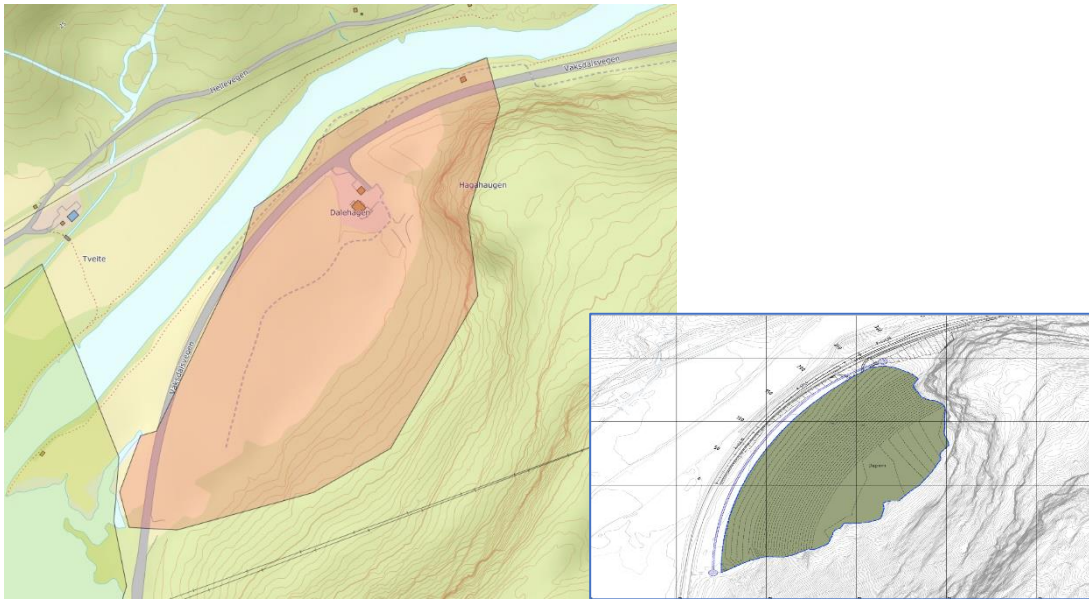
Dagens arealbruk er dyrket mark beliggende på en elveavsetning bestående av sand- og grusmasser til store dyp (> 20 m) (SVV 2019/SVV-Bane NOR 2020). Terrengflaten ligger på ca. kote +2 i vest, ca. 70 cm over elvenivået, mens den ligger på kote 4-5 i nordøst. Med fradrag av matjord (ca. 30 cm), er det liten mektighet i vest (ca. 40 cm) av masser over grunnvannet for alternativ bruk (Figur 8).

I foten av fjellet er det et langsgående vannsig/bekk i retning sør med utløp til sjøen ved tunnelen. Det er fare for at skred/steinsprang fra fjellet kan nå E16. Under oppstart av deponeringen etableres en skredvoll langs fjellet. Skredvollen kombineres med avskjæring av overflatevann fra fjellet. Skredvollen heves suksessivt samtidig med at deponiet vokser i høyden. Avsluttet deponi vil ligge på ca. kote +30.

Riggområde planlegges plassert i et belte langs E16.



Figur 6. Dalehagen deponiområde beliggende på elveslette (dyrket mark), E16 tunnelportal og Dalevågen i bakgrunnen. Bildet er hentet fra Google Maps.



Figur 7. Dalehagen deponiområde og Daleelva som har utløp i Dalevågen.

3.2 Avrenning til Daleelva

Sprengsteinsdeponi

Avrenning fra deponi med fersk sprengstein inneholder nitrogenforbindelser fra udetonert sprengstoff, og partikler fra sprengsteinen (Vikan, 2013; Ranneklev, et al., 2016; Roseth, Rognan, Skrutvold, & Fjermestad, 2022). I tillegg kan slik avrenning inneholde helse- og miljøfarlige metaller i konsentrasjoner som kan ha forurensende virkning på vannresipienter. Det gjelder først og fremst tunnelmasser med syredannende bergarter (Pabst, et al., 2015; Ranneklev, et al., 2016). Resultater fra undersøkelser gjennomført av COWI viser at det trolig er små mengder syredannende berg som skal sprenges ut i FAS. Derfor er det lite trolig at avrenning fra sprengsteinsfyllinger/-deponi i prosjektet vil ha metallkonsentrasjoner som kan ha forurensende virkning på vannresipienter.

Konsentrasjonen av partikler i avrennings-/sigevannet fra sprengsteinsdeponiet, målt som suspendert stoff (SS), er forventet å være i størrelsesorden 25 mg/l i gjennomsnitt over året, og opp til 400 mg/l ved nedbør (NIBIO, 2023). Fra knuseverk er det dokumentert konsentrasjoner av SS i avrenning opp til 1700–2000 mg/l ved nedbør (Gjesdal & Misund, 2014). Hovedparten av nedbøren på deponiarealet vil sige ned i deponimassene og løse ut partikler og nitrogenforbindelser. Det forurensede sigevannet vil infiltrere videre ned i de stedege sand- og grusmassene (Figur 8). De stedege massene har stor kapasitet til å holde tilbake (rense) de partikulære stoffene i sigevannet. Partikkelavrenning til elva blir svært lav og vil ikke overskride 25 mg/l i gjennomsnitt.

Overflateavrenning vil oppstå ved høy nedbør og spesielt i områdene med kjøreaktivitet. Overflateavrenning til elva eller Dalevågen kan ikke utelukkes, men vil opptre sjeldent og under spesielle værforhold. Virkningen av et mulig utslipp av overflatevann (overløp) til elva er beregnet for Daleelva (400 – 1700 mg SS/l), selv

om det er lite sannsynlig at et så høyt partikkelinnhold renner av fra hele deponiarealet (Tabell 6). Beregnet påvirkning viser lave verdier og viser god margin til miljømålet for elva. Et overløp til Dalevågen via dagens kulvert beliggende nær tunnelen, vil imidlertid gi lokal partikkelforurensning i vågen.

Nitrogen i sprengstoffrester i tunnelmassene er beregnet å utgjøre 27 tonn (avsluttet deponi). Forutsetninger for en slik beregning er blant annet følgende:

- 90 % sprengstein fra tunnel, 10 % fra dagsone.
- Forbruk av 2,1 kg sprengstoff per fm^3 sprengt berg fra tunnel, 0,8 kg fra dagsone (prosjektintern vurdering; Hammervold, 2009).
- 15 % uomsatt sprengstoff i tunnelsprengt stein, 1 % i dagsonesprengt stein (Bækken, 1998; Vikan, 2013). Andelen sprengstoffrester er rapportert å variere. Tiltak i FAS for å redusere andel sprengstoffrester, for eksempel bruk av elektroniske tennere, gjør at 15 % kan være et høyere estimat enn det som vil bli tilfellet.
- Ca. 28 vekt-% nitrogen i sprengstoff.
- 35 % av nitrogenet på sprengstein fra tunnel følger med tunnelvannet (Vikan, 2013).

Det er begrenset med dokumentasjon av hvordan avrenningsforløpet for nitrogen fra ei sprengsteinsfylling vil være. Vi antar her at alt av nitrogen vil renne av i løpet av et år, selv om det er trolig at avrenningen vil ta lengre tid. Deponeringen av sprengstein skjer over flere år og beregningen gir et teoretisk maksimalt utslipp og påvirkning i elva. Beregningen viser uansett at påvirkningen i elva er begrenset sammenlignet med miljømålet. De andre forutsetningene vi har brukt for beregning av nitrogenutslipp er også gjennomgående i den enden av skalaen som gir beregning av høyest utslipp.

Avrenningen av nitrogen fra deponiet vil følge grunnvannsstrømmen til elva/sjøen. Beregnet påvirkning i elva viser lave verdier. I en ekstrem nedbørsituasjon kan det være mulighet for overløp av overflatevann til vassdrag/sjø. Resulterende påvirkning i elva er beregnet. Beregningene viser god margin til miljømålet for elva (Tabell 6).

Nitrogen i ferske sprengsteinsmasser vil være i form av ammonium (NH_4^+) og nitrat (NO_3^-), med ca. 50 % av hver (Vikan, 2013). 90-persentil for ammonium er målt til 26 $\mu\text{g/l}$ i overflaten av Dalevågen rett ved utløpet av Daleelva. Vi antar at denne konsentrasjonen er representativ for Daleelva ved Dalehagen. Ammonium kan omdannes til ammoniakk som er giftig for fisk. En beregning viser at forventet konsentrasjon av ammoniakk i elva kan komme til å bli 0,1 $\mu\text{g/l}$ som 90-persentil det året med størst tilførsel fra sprengsteinsdeponiet på Dalehagen. Grensen for God økologisk tilstand for ammoniakk er 10 $\mu\text{g/l}$ (Direktoratsgruppen vanddirektivet, 2018), og det er derfor ikke fare for at avrenning av nitrogen fra sprengsteinsdeponiet skal kunne føre til forringelse av Daleelva med hensyn på ammoniakk.

Det er ikke forventet at helse- og miljøfarlige metaller i avrenning fra sprengsteinsdeponiet skal ha forurensende virkning i Daleelva eller Dalevågen.

Drift av knuseverk

Det planlegges å etablere et knuseverk på deponiområdet på Dalehagen. Knuseverket kan komme til å være i drift i hele anleggsperioden. Knuseverk genererer støv og støy. I tillegg genererer knuseverk med bruk av fersk sprengstein avrenning av nitrogen og partikler til vann fra lagret sprengstein, før og etter knusing.

Riggområde

Utslipp fra riggområder ved bygging av veg og jernbane, og som kan føre til forurensning, er for eksempel oljeholdig vann i utslipp fra verksted, vaskeplasser og utslipp av sanitært avløpsvann. Det forutsettes at entreprenør håndterer denne type utslipp.

Tabell 6. Påvirkning i Daleelva fra deponi for sprengstein med rigg og knuseverk. Nedbørfelt Daleelva 197 km². Forutsatt utslipp fra 24 tonn nitrogen i sprengstoffrester, over ett år. Beregnet påvirkning i elva ved overløp av overflatevann (400 -1700 mg suspendert stoff/l) ved ekstrem nedbørsituasjon uten tiltak.

Tilstand	Daleelva, total nitrogen, µg/l	Daleelva, suspendert stoff, mg/l
Dagens tilstand	130	2,0
*Vannmiljømål God tilstand	425	10
Ny konsentrasjon i elva under anlegg	168	2,0
Ny konsentrasjon i elva ved ekstrem nedbør og overløp av overflatevann fra deponiet til Daleelva	-	2,2 – 2,6

* Ref. Direktoratgruppen vanndirektivet, 2018.

Mellomlagring av bunnrensk

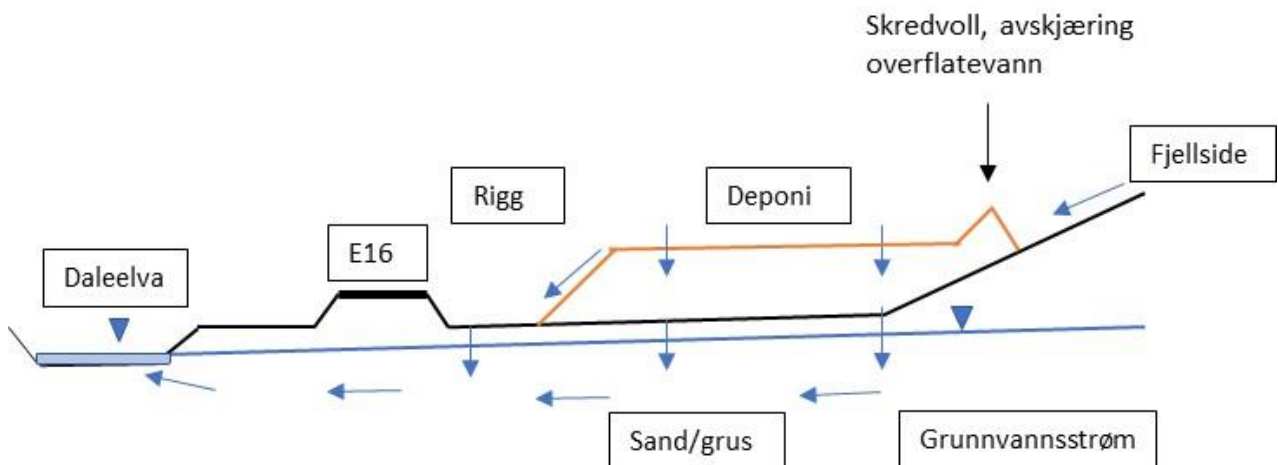
Når det gjelder håndtering av bunnrenskmasser og risiko for forurensning i Daleelva, vises det til beskrivelsen for Trengereid (kap. 2.2).

3.3 Renseløsning

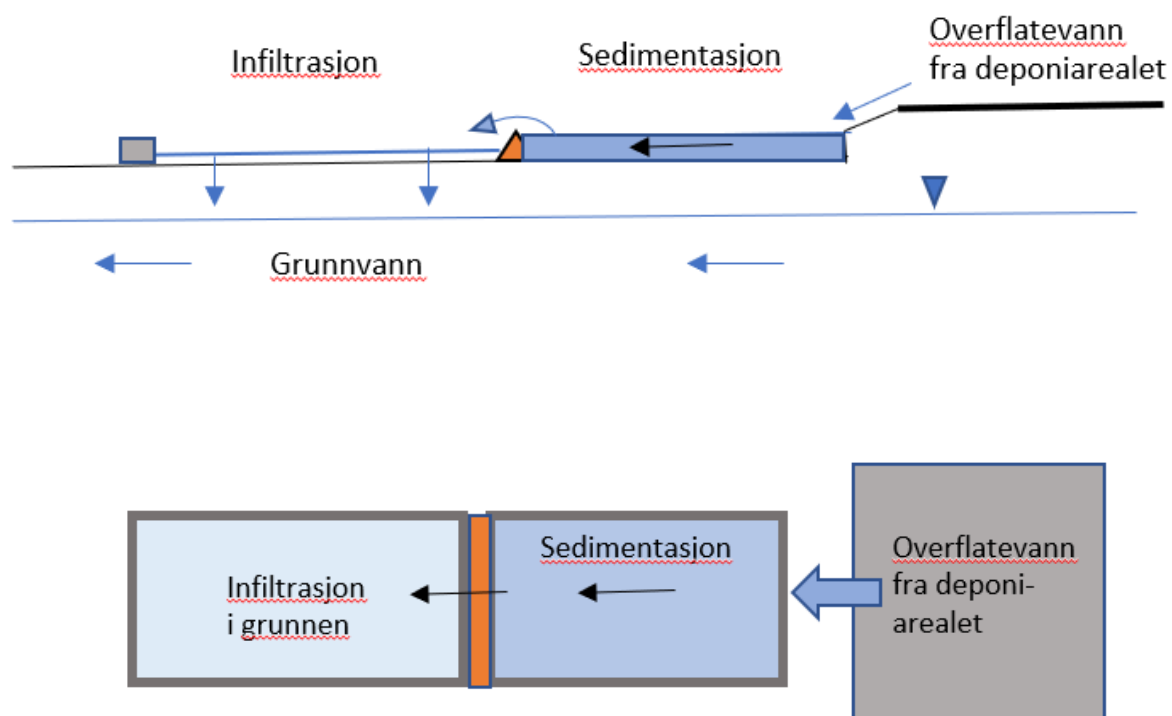
Deponiarealet har selvdrenerende grunn som medfører at sigevann fra deponiet vil infiltrere ned til grunnvannet som strømmer ut mot elva/vågen. Sigevannet renses i grunnen ved at partikulært materiale tilbakeholdes i massene (Figur 8). Det vil ikke være nevneverdig partikkelutslipp til elva/sjøen. Oppløst nitrogen fra sprengstoffrester føres med grunnvannsstrømmen ut til vassdraget/sjøen. Deponiet er høydemessig avgrenset av E16-veifylling mot vassdrag/sjø og deponeringen vil ikke medføre overflateavrenning fra deponiet til vannforekomstene under ordinære værforhold. Etter avtak av matjord kan tunnelmasser deponeres på arealet.

Det anbefales at det avsettes et areal langs med E16 til sedimentasjons- og infiltrasjonsbasseng for rensing av overflateavrenning fra deponiarealet under intens nedbør. Tiltaket skal redusere partikkelforurensning ved overløp til Dalelågen og/eller Daleelva. Bassengløsningen kan deles opp i flere separate enheter hvis det er hensiktsmessig. Renseløsningen skal ha et samlet overflateareal på 0,25 % av tilrenningsarealet og en dybde på 0,5 -1,0 m (dybde opp til overløp) (Figur 9). Renseløsningen håndterer overflateavrenning fra hele deponiarealet. Løsningen skal kun gå i overløp under særlig høy nedbør. Effekter av overløp til resipient må følges opp. Overløp skal ikke ha nevneverdig negativ effekt på resipienten.

For å redusere risikoen for utvasking fra deponimassene i sør (nær dagens tunnel) til sjøen, etableres en tverrgående løsmassevoll med et definert overløp i forkant av gjennomløp (kulvert/stikkrenne) til sjøen, bygget av stedegne løsmasser.



Figur 8. Prinsippskisse lengdesnitt (Ø-V) for deponi på Dalehagen.



Figur 9. Prinsippskisse lengdesnitt/plan renseløsning for overflateavrenning fra deponiarealet.

4 ESPELAND NORD

4.1 Anleggsaktivitet

På Espeland skal det tilrettelegges for riggområde, knuseverk og anleggsvei til tunnelpåhugg, ca. 40.500 m² (riggområdet utgjør ca 36.000 m²) (Figur 10). Arealene planeres på et nivå som gir massebalanse.

Det skal i forberedende arbeid lages en anleggsvei til riggområder og til en forskjæring for vegtunnel på Espeland. Arbeidet inkluderer ikke sprengning.



Figur 10. Arealer på Espeland til rigg, knuseverk og anleggsvei til tunnelpåhugg nord i området.

En bekk krysser fremtidig anleggsvei nær tunnelforskjæring, men ellers er det ingen gjennomgående bekker i anleggsområdet. Arealet drenerer til Storelva, som er en viktig lakseelv. Det nordlige arealet har tynt morenedekke over fjell. Det sørlige arealet består delvis av elve-/bekkesedimenter og morene. Elve-/bekkesedimenter består typisk av sandige masser og kan benyttes til rensfilter på anleggsområdet.

4.2 Avrenning til Storelva

Riggområde

Utslipp fra riggområder for bygging av veg og jernbane kan uten avbøtende tiltak, føre til forurensning fra utslipp fra verksted, vaskeplasser og utslipp av sanitært avløpsvann.

Drift av knuseverk

Det skal etableres et knuseverk på Espeland, i hovedprosjektet. Knuseverket kan komme til å være i drift i hele anleggsperioden. Knuseverk genererer støv og støy (COWI, 2024a; COWI, 2024b). I tillegg genererer knuseverk med bruk av fersk sprengstein avrenning av nitrogen og partikler til vann fra lagret sprengstein, før og etter knusing.

Det kan komme til å bli brukt i størrelsesorden 34 000 m³ sprengstein, som prosjektert anbrakt masse (pam³), for klargjøring av riggområdet. Det vil si ca. 23 000 fast-m³ (fm³). Det er forventet at all sprengsteinen kommer fra dagsone, fra området hvor riggområdet er. Mengden nitrogen i sprengstoffrester som kan renne av fra sprengsteinen er ca. 0,05 tonn.

Ved drift av knuseverk vil det bli transportert inn og ut sprengstein til riggområdet på Espeland, og det vil være noe mellomlagring av stein før og etter knusing. Avrenning av nitrogen fra denne sprengsteinen vil komme i tillegg til avrenningen fra oppbyggingsmassene på riggplassen. Prosjektet har per nå ikke detaljert oversikt over hvordan mengdefordelingen av knuseverkstein kommer til å bli ut over i prosjektet. Men det antas at inntil 130 000 pam³ sprengstein til knusing vil kunne være lagret ved Espeland nord. Avrenning av nitrogen fra en slik mengde sprengstein over ett år er derfor inkludert i resipientvurderingen nedenfor. Denne nitrogenmengden er beregnet å være 5,0 tonn, og forutsetter at all sprengsteinen kommer fra tunnel.

Beregningen av nitrogen i sprengstoffrester baseres på følgende grunnlag:

- 100 % av sprengstein til riggområde kommer fra dagsone, 100 % av sprengstein til knusing kommer fra tunnel.
- Forbruk av 0,8 kg sprengstoff per pfm³ sprengt berg fra dagsone. For tunnelsprengt stein bruker vi 2,1 kg per pfm³ (prosjektintern vurdering; Hammervold, 2009).
- 1 % uomsatt sprengstoff i dagsonesprengt stein. For tunnelsprengt stein bruker vi 15 % (Bækken, 1998; Vikan, 2013). Andelen sprengstoffrester er rapportert å variere. Tiltak i FAS for å redusere andel sprengstoffrester, for eksempel bruk av elektroniske tennere, gjør at 15 % kan være et høyere estimat enn det som vil bli tilfellet.
- Ca. 28 vekt-% nitrogen i sprengstoff.

Avrenningen fra riggområdet etter rensing vil inneholde finpartikler og nitrogenrester fra sprengstoff.

Partikkelinnholdet i avrenning til Storelva vil ligge på i størrelsesorden 25 mg/l i gjennomsnitt og opptil 400 mg/l ved nedbør forutsatt etablering av de nevnte tiltak. Fra drift av knuseverk er det dokumentert konsentrasjoner av SS i vann opp til 1700–2000 mg/l ved intens nedbør (Gjesdal & Misund, 2014). I en ekstrem nedbørsituasjon kan det være mulighet for overløp av overflatevann til vassdrag, men det er lite sannsynlig at overflatevann fra hele riggområdet vil ha så høye konsentrasjoner som omtalt for knuseverk. Utslippsnivået er imidlertid tatt med i beregningen for Storelva for å demonstrere den teoretiske påvirkningen (Tabell 7).

Beregning av forventet påvirkning i Storelva viser liten påvirkning av nitrogen og partikler, men med en økning i suspendert stoff i situasjoner med høy nedbør (Tabell 7). Det anbefales tiltak for å unngå direkte avrenning/overløp fra riggområdet ved høy nedbør. Tiltaket baseres på fordrøyning, infiltrasjon og diffus avrenning fra riggområdet.

Nitrogen i ferske sprengsteinsmasser vil være i form av ammonium (NH_4^+) og nitrat (NO_3^-), med ca. 50 % av hver (Vikan, 2013). 90-persentil for ammonium er målt til 12 $\mu\text{g/l}$ i Storelva ved Espeland (COWI, 2023a). En beregning viser at forventet konsentrasjon av ammoniakk i elva kan komme til å bli i underkant av 0,1 $\mu\text{g/l}$ som 90-persentil det året med størst tilførsel fra riggområdet på Espeland. Grensen for God økologisk tilstand for ammoniakk er 10 $\mu\text{g/l}$ (Direktoratsgruppen vandndirektivet, 2018). Det er derfor ikke fare for at avrenning av nitrogen fra sprengsteinsdeponiet skal kunne føre til forringelse av Storelva med hensyn på ammoniakk.

Det er ikke forventet at helse- og miljøfarlige metaller i avrenning fra sprengsteinsdeponiet skal ha forurensende virkning Storelva.

Tabell 7. Påvirkning i Storelva fra utslipp fra rigg- og knuseverksområde på Espeland. Nedbørfelt Storelva; 34,4 km². Total nitrogen i sprengstoffrest i massene; 5,8 tonn. Utslipp av suspendert stoff etter rensing; 50 mg/l. Beregnet påvirkning i elva ved overløp av overflatevann (400 – 1700 mg suspendert stoff /l) i en ekstrem nedbørsituasjon.

Tilstand	Storelva, total nitrogen, $\mu\text{g/l}$	Storelva suspendert stoff, mg/l
Dagens tilstand i elva	288	2,0
Vannmiljømål	475	10
Ny konsentrasjon under anlegg	326	2,2
Ny konsentrasjon i elva ved intens nedbør og overløp av overflatevann til vassdrag uten rensing	-	2,5 – 4,0

Mellomlagring av bunnrensk

Når det gjelder håndtering av bunnrenskmasser og risiko for forurensning i Storelva, vises det til beskrivelsen for Trengereid (se kap. 2.2).

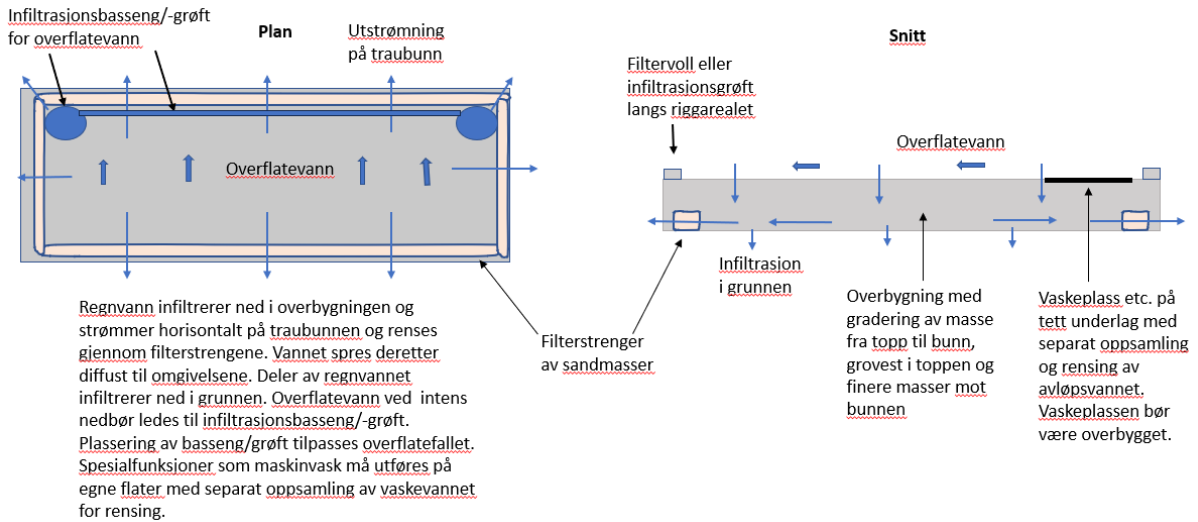
4.3 Renseløsning

Utformingen av arealet baseres på at avrenningen skal spres diffust ut til omgivelsene tilsvarende som for dagens situasjon. Arealet bygges opp med sprengsteinsmasser der toppflaten tilføres grove masser og toppdekke av grus som sikrer at nedbørvannet infiltrerer ned i oppbygningsmassene. Traubunnen utformes med svakt fall ut mot yttersidene med tilsvarende dreneringsretning som dagens terrengfall. Anleggsvirksomheten medfører avrenning av partikkelholdig vann som infiltrerer ned i overbygningsmassene. Tiltak for å tilbakeholde partikler (finstoff) i avrenningsvannet baseres på at vannet infiltreres og renses gjennom overbygningsmassen og filtervoller. Det etableres filtervoll på traubunnen i ytterkanten rundt hele riggområdet (Figur 11). Stedlige sandmasser (elve-/bekkesediment) kan benyttes til formålet. Det etableres en avskjærende kanal langs riggarealene mot dalsiden for å avskjære overflatevann (rent terrengvann) fra dalsiden mot å renne inn på riggarealet. Overflatevann på riggarealet ledes til langsgående infiltrasjonsgrøft og fordøyes i infiltrasjonsbasseng. Infiltrasjonstiltakene må driftes jevnlig med fjerning av sedimentert materiale for å opprettholde god infiltrasjons- og rensesfunksjon.

Det er ikke bestemt på hvilket område knuseverket skal ligge. Hvis infiltrasjonsbasseng velges skal dimensjoneringen av bassengene (overflatearealet) utgjøre 0,25 % av tilrenningsarealet, og bassengene bør ha en dybde på min. 0,5 m (dybde opp til overløp). For utforming og dimensjonering av infiltrasjonsgrøft og – basseng, se notat; COWI (2023b).

Aktiviteter som medfører forbruk av vann (f.eks. vaskeplass) forutsetter oppsamling og lokal rensing av avløpsvannet. Det forutsettes at entreprenøren håndterer tiltak for denne type avløpsvann. Vann som benyttes til støvdemping forutsettes å infiltrere i grunnen og eventuelt overflatevann ledes til infiltrasjonsbasseng/-grøft. Overløp fra infiltrasjonsbasseng/-grøft skal kun inntreffe ved ekstraordinær høy nedbør. Overløp skal ikke ha nevneverdig negativ effekt på resipienten eller medføre flomskader.

Forurensningsforskriften kapittel 15, paragraf 15-7– setter grense for utslipp av oljeholdig avløpsvann på 50 mg/l THC. Eventuelt vil et annet krav bli satt i anleggstillatelsen etter forurensningsloven. Det forutsettes at entreprenøren håndterer tiltak for denne type avløpsvann.



Figur 11. Prinsippskisse av rigg-/knuseområde med renseløsning (rensefilter) innebygget i overbygningen på traubunnen (plan/snitt) og infiltrasjonsbasseng/-grøft for overflatevann. Det etableres en kanal langs riggarealene som avskjærer overflatevann fra dalsiden. Kanalen kan kombineres med skredtiltak ved behov.

Under arbeidet med tunnelforskjæring må det etableres en lokal sedimentasjonsdam som samler opp og renses overflatevann fra anleggsområdet. Dammen dimensjoneres tilsvarende som for riggområdet.

En lokal bekk som vil krysse anleggsvei i nord, legges lukket gjennom anleggsområdet. Bekken gjenåpnes når anleggsarbeidet avsluttes.

5 REFERANSER

- Bækken, T. (1998). *Avrenning av nitrogen fra tunnelmasse*. Rapport 3920-98, Norsk institutt for vannforskning. 27 s.
- COWI. (2023a). *Fellesprosjektet Arna – Stanghelle, forberedende arbeider. Fagrapport. Miljøtilstand i ferskvannsresipienter*. Dokument FAS-01-Q-00002.
- COWI. (2023b). *Fellesprosjektet Arna – Stanghelle, forberedende arbeider. Fagnotat. Overvannshåndtering for rigggarealer. Håndtering av overvann på riggplasser*. Dokument FAS-01-G-00051.
- COWI. (2024a). *Fellesprosjektet Arna – Stanghelle, forberedende arbeider. Fagrapport luftkvalitet ved deponi-/riggområder*. Dokumentnummer FAS-01-A-00013.
- COWI. (2024b). *Fellesprosjektet Arna – Stanghelle, forberedende arbeider. Støyvurdering knuseverk*. Dokumentnummer FAS-01-A-00002.
- COWI. (2024c). *Fellesprosjektet Arna – Stanghelle, forberedende arbeider. Innlagring- og spredningsmodellering av ferskvannsutslipp til sjø*. Dokumentnummer FAS-01-A-00062.
- COWI. (2024d). *Fellesprosjektet Arna – Stanghelle, forberedende arbeider. Dimensjonering av utslippsledninger*. Dokumentnummer FAS-01-G-00052.
- Direktoratsgruppen vanndirektivet. (2018). *Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann*. www.vannportalen.no, versjon 15.10.2020. 227 s.
- Gjesdal, A., & Misund, A. (2014). *Sluttrapport miljøkontroll ved Os knuseverk*. Dokumentnummer A034047-2014-01, COWI. 74 s.
- Hammervold, J. (2009). *Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter*. Rapport 2009/11. Vegdirektoratet, Utbyggingsavdelingen. 80 s.
- Miljødirektoratet. (2023). *Veileder om forurenset grunn*. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsområder/forurensning/forurenset-grunn/for-naringsliv/forurenset-grunn---kartlegge-risikovurdere-og-gjore-tiltak/>.
- NIBIO. (2023). *E16 Bjørum – Skaret. Vannkjemiske og biologiske undersøkelser gjennom anleggsfasen 2022*. NIBIO rapport vol. 9 nr. 36. 118 s.
- Norsk forening for fjellsprenningsteknikk. (2009). *Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg*. Teknisk rapport 09. 36 s.
- NVE. (2023). *Avrenningsdata for Manddalselva, NEVINA og lavvannsindeks*. NVE.
- Pabst, T., Hindar, A., Hale, S., Garmo, Ø., Endre, E., Petersen, K., . . . Baardvik, G. (2015). *Bergarters potensielle effekter på vannmiljøet ved anleggsvirksomhet*. Statens vegvesens rapporter 389. 100 s.
- Rambøll SWECO. (2020). *E16 og Vossebanen, Arna – Stanghelle. Geoteknisk vurderingsrapport for alle deponiområder*.
- Ranneklev, S., Jensen, T., Solheim, A., Haande, S., Meland, S., Vikan, H., . . . Kronvall, K. (2016). *Vannforekomstens sårbarhet for avrenningsvann fra vei under anleggs- og driftsfasen*. Statens vegvesens rapport nr. 597. 51 s.
- Roseth, R., Rognan, Y., Skrutvold, J., & Fjermestad, H. (2022). *Nitrogen i sprengestein – avrenning og rensing. Konsentrasjoner, avrenningsforløp, målemetoder, effekter på vannmiljø og aktuelle rensemetoder*. Rapport 8/66/2022, NIBIO. 70 s.
- Statens vegvesen. (2018). *Prosesskode 1. Standard beskrivelse for vegkontrakter. Håndbok R761. Retningslinje*. 256 s.
- Statens vegvesen. (2023). *Fellesprosjektet Arna – Stanghelle – siktekurve for sprengesteinmasser*.

- Vikan, H. (2013). *Avrenning av ammoniumnitrat fra uomsatt sprengstoff til vann – Giftvirkninger i resipient og renseløsninger*. Vann 03 2013, 333-340.
- Åstebøl, S. O., Dalen, H., Henninge, L. B., & Vollertsen, J. (2021). *Forurensninger i overvann fra urbane flater – vannmiljømål og rens tiltak*. Rapport Norsk Vann B27/2021. 68 s.
-