

Rørosbanen (Elverum) - Koppang
Sikring og sanering av planoverganger Opphus
Hydrogeologisk rapport

00A	Hydrogeologisk rapport	21.03.2024	AF	SRL	PeJ
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: Rørosbanen (Elverum) - Koppang Sikring og sanering av planoverganger Opphus, km 210,104 – 211,980		Antall sider:			
		17			
		Produsent:	Multiconsult		
		1. Prod.tegn.nr.:	2.	3.	4.
		Erstatning for:	5.		
		Erstattet av:	6.		
Prosjektnr.: 60033352 Parsell: 00		Dokument-/tegningsnummer: POM-00-A-04950		Revisjon: 00A	
		FDV-dokument-/tegningsnummer:		FDV-rev.:	

NOTAT

Oppdrag	PLO Opphus	Dokumentkode	POM-00-A-04950
Emne	Rørosbanen, (Elverum) - Koppang, Opphus, KU Underbygning, km 210,104-211,980, Hydrogeologisk rapport	Tilgjengelighet	Åpen
Oppdragsgiver	Bane NOR SF	Oppdragsleder	Petter Jakola
Kontaktperson	Åge Sjømark	Utarbeidet av	Andrea Nymo Fikse
Kopi		Ansvarlig enhet	Multiconsult Norge AS

SAMMENDRAG

Bane NOR SF planlegger bygging av ny kulvert under jernbanen på Opphus (ca. km 209,883) samt adkomstveier på begge sider av jernbanen. I forbindelse med den nye kulverten, vurderes muligheten for lokal infiltrasjon av overvann som samles i kulverten. Multiconsult Norge AS er engasjert for å vurdere egnethet for infiltrasjon og infiltrasjonskapasiteten i området. Resultater fra utførte undersøkelser (infiltrasjonstest og kornfordelingsanalyse) og vurdering av områdets infiltrasjonsevne og -kapasitet er presentert i foreliggende notat.

De utførte undersøkelsene indikerer at de sandige løsmassene egner seg godt til infiltrasjon og at de har en anslått infiltrasjonsevne på 50-100 l/m² per døgn basert på tabellverdier for infiltrasjon av forbehandlet avløpsvann. Empiriske beregninger indikerer at løsmassene har en gjennomsnittlig hydraulisk kapasitet på 1,2-6,5 m³/m² per døgn. Dypereliggende siltige masser, som særlig er registrert øst for kulverten, egner seg ikke til infiltrasjon. Det er derfor viktig at infiltrasjonsanlegget etableres med tilstrekkelig avstand fra bunnen av anlegget ned til siltige masser, og helst på vestre side av kulverten. Nødvendig avstand ned til siltige masser avhenger av øvrige dimensjoner av infiltrasjonsanlegget samt mengden vann som skal infiltreres.

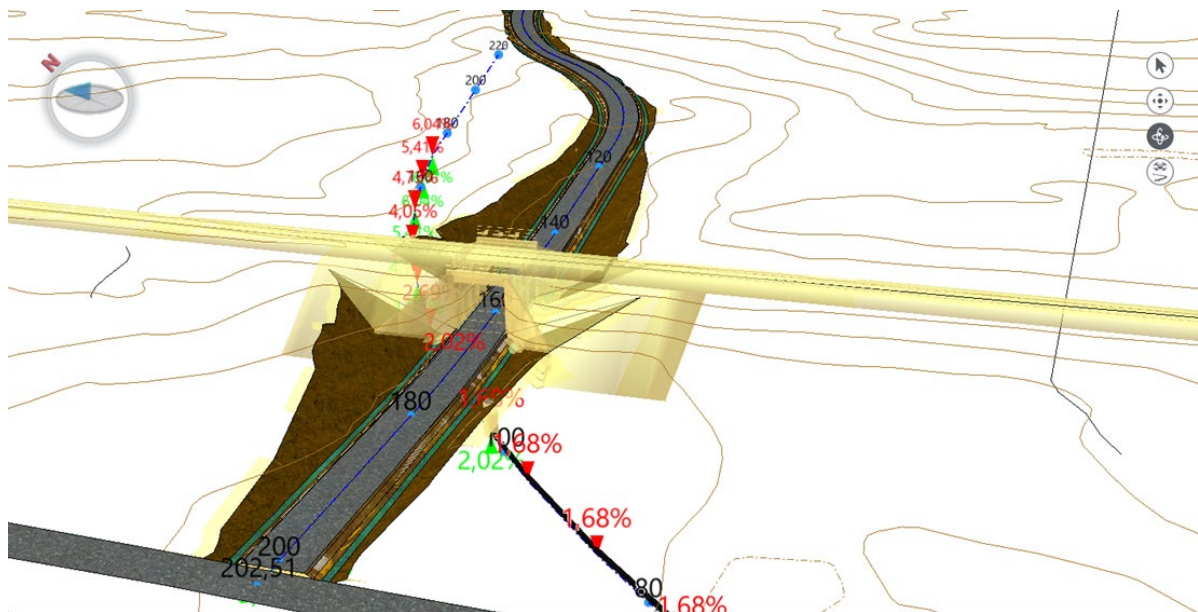
1 Innledning

Bane NOR SF planlegger bygging av ny kulvert under jernbanen på Opphus (ca. km 209,883). I tilknytning til ny kulvert skal det etableres nye adkomstveier på begge sider av jernbanen. Den nye vegen (veglinje 60000) påkobles Strandveien på vestsiden av jernbanen, føres i kulvert under jernbanesporet og fram til Opphusveien (fv. 606) på østsiden av jernbanen. Se planlagt utforming i figur 1-1. Den nye kulverten vil erstatte kulverten som er der i dag og forbedre tilkomst til Strandveien. I forbindelse med den nye kulverten, vurderes muligheten for lokal infiltrasjon av overvann som samles i kulverten. Multiconsult Norge AS er engasjert for å vurdere egnethet for infiltrasjon og infiltrasjonskapasiteten i området.

Utførte grunnundersøkelser omfatter graving av tre sjakter for undersøkelse og prøvetaking av masser, samt utførelse av infiltrasjonstest i én av sjaktene. Totalt fire jordprøver fra tre sjakter ble sendt til kornfordelingsanalyse hos Multiconsults geotekniske laboratorium i Oslo, som er akkreditert for analysene.

Resultater fra undersøkelsene og vurdering av områdets infiltrasjonsevne og -kapasitet og dertil egnethet for lokal overvannshåndtering ved infiltrasjon, er presentert i foreliggende notat.

00A	21.03.2024	Til kunde	Andrea Nymo Fikse	Svein Ragnar Lysen	Petter Jakola
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

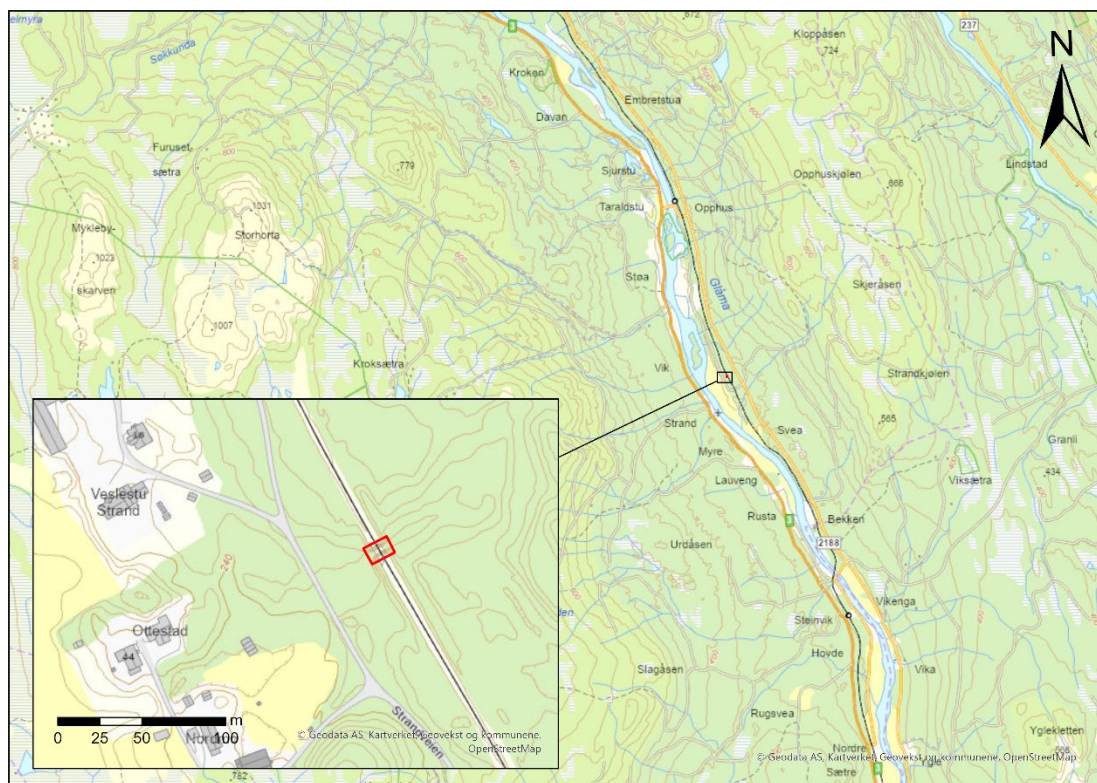


Figur 1-1: Planlagt utforming av ny kulvert og vei mellom Strandveien og Opphusveien.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Plassering

Tiltaksområdet ligger på Opphus i Stor-Elvdal kommune og berører eiendommene 4/16, 4/34 og 4/83. Selve kulverten og planlagt infiltrasjonsanlegg ligger på eiendom 4/83. Plassering av kulverten er vist i figur 2-1. I henhold til *Norgeskart.no* ligger bunnen av dagens kulvert ca. på kote +240. Terrenget heller i vestlig retning, mot Glomma.

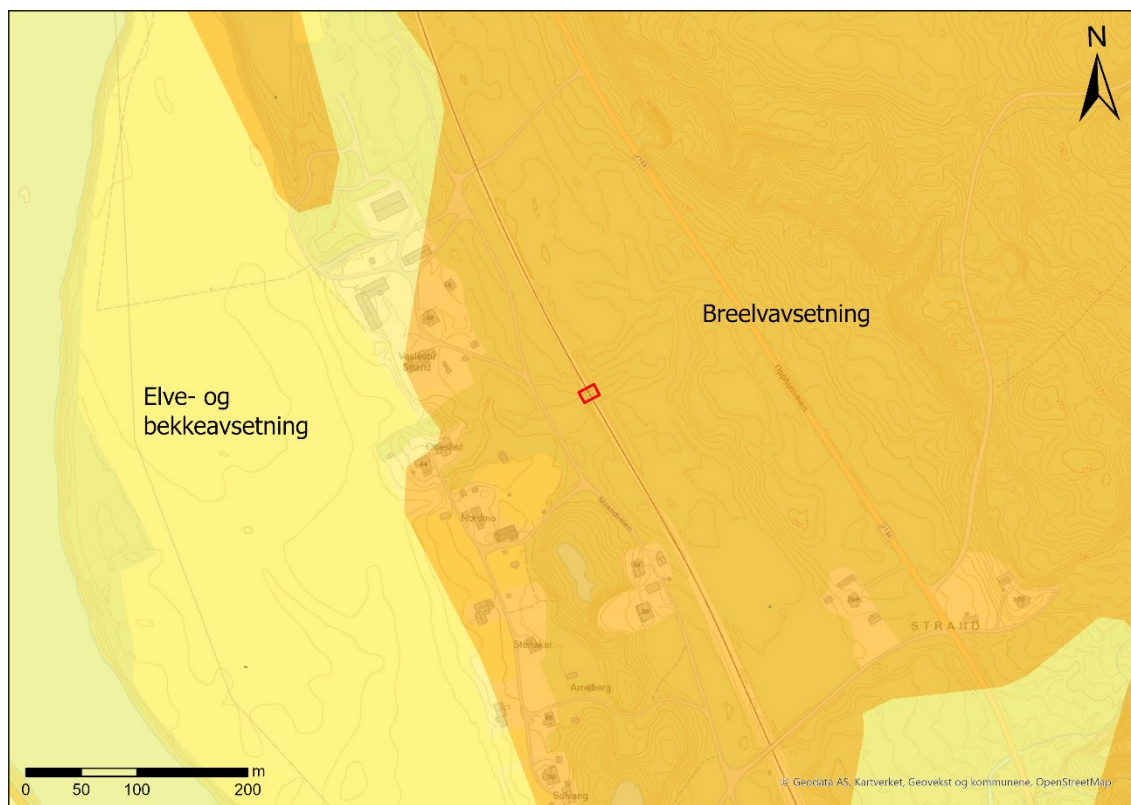


Figur 2-1: Oversiktskart der kulverten er markert i rødt.

2.2 Grunnforhold

2.2.1 Kvartærgeologi

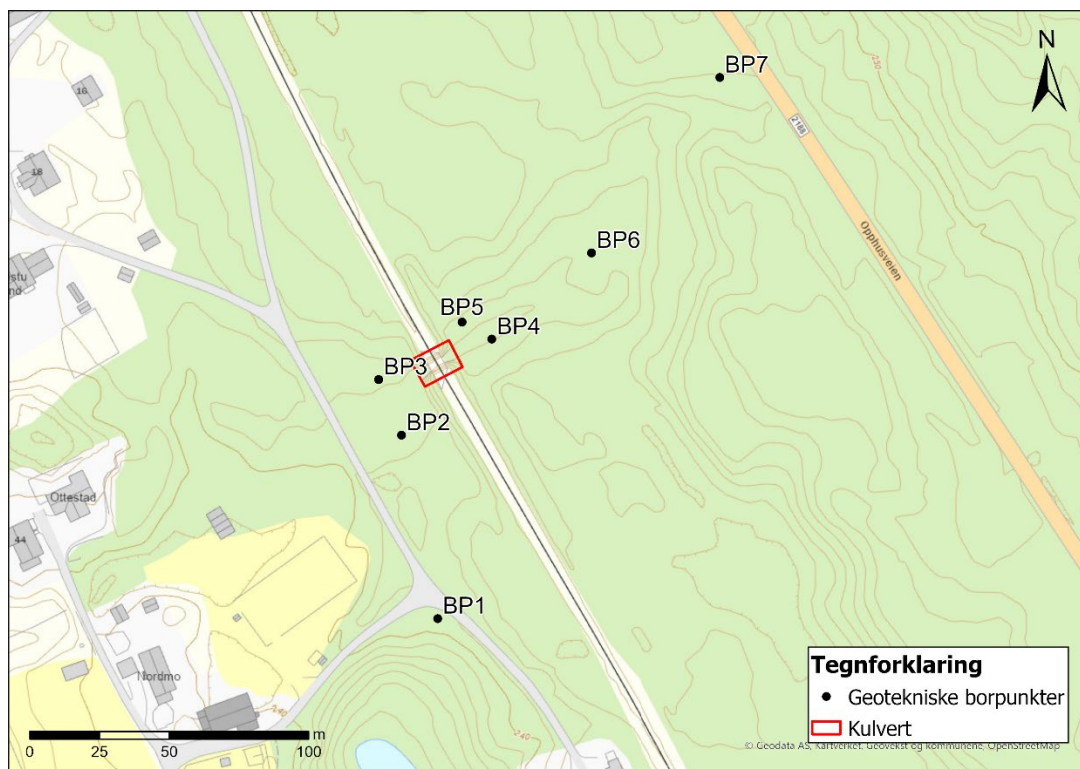
I henhold til Norges geologiske undersøkelse (NGU) sin løsmassedatabase, er løsmassene i det aktuelle området beskrevet å være breelvavsetninger (se figur 2-2). Breelvavsetninger består av materiale som er transportert og avsatt av breelver. Breelvavsetninger består av sorterte, lagdelte avsetninger av forskjellig kornstørrelse fra fin sand til stein og blokk, og mektigheten er ofte flere titalls meter. Videre er det vanlig at slike avsetninger har tydelig overflateformer som tørrlagte kanaler, terrasser og rygger [1]. Vest for tiltaksområdet er det elve- og bekkeavsetninger, som er sortert sand og grus som er transportert og avsatt av elver og bekker [1].



Figur 2-2: Løsmassefordeling i området [1]. Kulverten er markert i rødt.

Multiconsult utførte geotekniske grunnundersøkelser i tiltaksområdet i 2023 og resultatene er rapportert i rapport 10204851-40-RIG-RAP-003 [2]. Det ble da utført sju totalsonderinger (BP1-BP7), opptak av poseprøver fra tre punkter (BP3, BP4 og BP6) og satt ned én hydraulisk poretrykksmåler (med spissen på 7 m under terreng (mut.) i BP3). Plassering av borpunktene er vist i figur 2-3. I BP6 og BP7 ble berg påtruffet på henholdsvis ca. 10,4 mut. og 9,8 mut. I resterende borpunkter ble boringen avsluttet i sand, stein og grus. Tolkning av utførte sonderinger viser at løsmassene i hovedsak består av sand, grus og stein. I BP4 ble boringen avsluttet i antatt morene, mens i BP7 ble det påtruffet morene 4,0-9,8 m [2].

På laboratoriet ble det utført rutineundersøkelse av 13 poseprøver, analyse av organisk innhold på to prøver og kornfordelingsanalyse på åtte prøver. I BP3 viste kornfordelingsanalysene at det er grusig sand på 1-2 mut. og sand på 2-3 mut. I BP4 viser analysene at det er grusig sand på 1-2 mut., sand på 2-3 mut. og sandig silt på 4-5 mut. I BP6 viser analysene at det er sandig silt på 0,2-1 mut., silt på 1-2 mut. og sandig silt på 2-3 mut. [2].



Figur 2-3: Geotekniske boringer utført i 2023.

2.2.2 Hydrogeologi

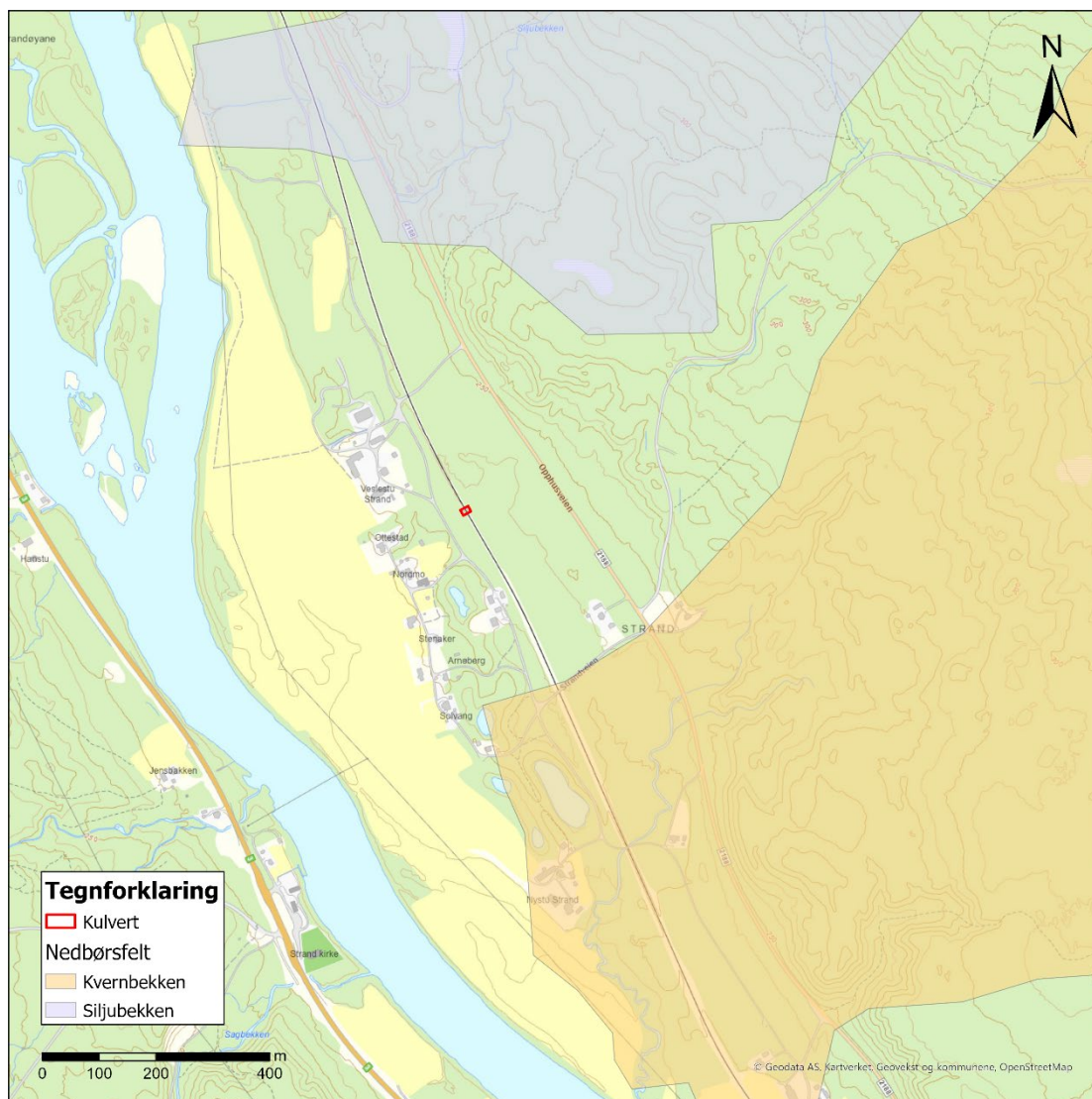
Det er ikke registrert grunnvannsbrønner i området i NGU sin grunnvannsdatabase GRANADA [3]. 25.04.2023 ble det installert en hydraulisk poretrykksmåler vest for dagens kulvert i BP3. Spissen er på 7 mut. Poretrykksmåleren ble avlest 12.09.2023 og var da tørr [2].

I henhold til temakartet «Infiltrasjonspotensiale» i NGU sin nasjonale løsmassedatabase, ligger tiltaksområdet i et område som antas å ha høy infiltrasjonskapasitet og som dermed er godt egnet til infiltrasjon [4]. Denne vurderingen er gjort basert på løsmassenes kornfordeling og permeabilitet, samt jorddybde og terrengforhold, og er derfor kun en antagelse.

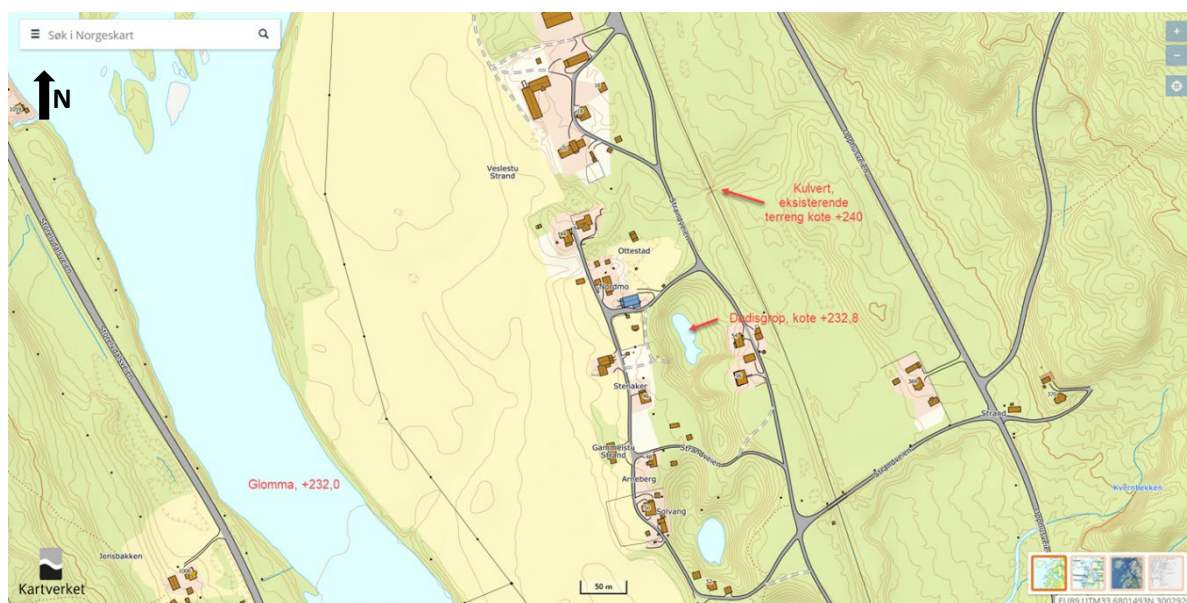
2.3 Hydrologi

Tiltaksområdet ligger mellom nedbørsfeltene til Siljubekken i nord og Kvernbecken i sør, som vist i figur 2-4. Begge bekkene har utløp i Glomma i vest. Tiltaksområdet omfattes ikke av nedbørsfelt som genereres i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sitt verktøy NEVINA. Ettersom terrenget heller mot vest i retning Glomma, er det sannsynlig at overvann/grunnvann ved tiltaksområdet drenerer i vestlig retning.

Omtrent 125 m sør for kulverten ligger det en dødisgrop. I henhold til Norgeskart har vannoverflaten i dødisgropen tilnærmet lik vannstand som Glomma i vest. Det er usikkert om vannet i dødisgropen er i hydraulisk kontakt med grunnvannet eller om bunnen består av tilnærmet impermeable masser (for eksempel tettpakkede morenemasser).



Figur 2-4: Nedbørsfelt tilhørende Kvernbecken og Siljubekken henholdsvis sør og nord for kulverten [5].



Figur 2-5: Nærliggende vannforekomster som vist i Norgeskart.

3 Undersøkelser

3.1 Metodikk

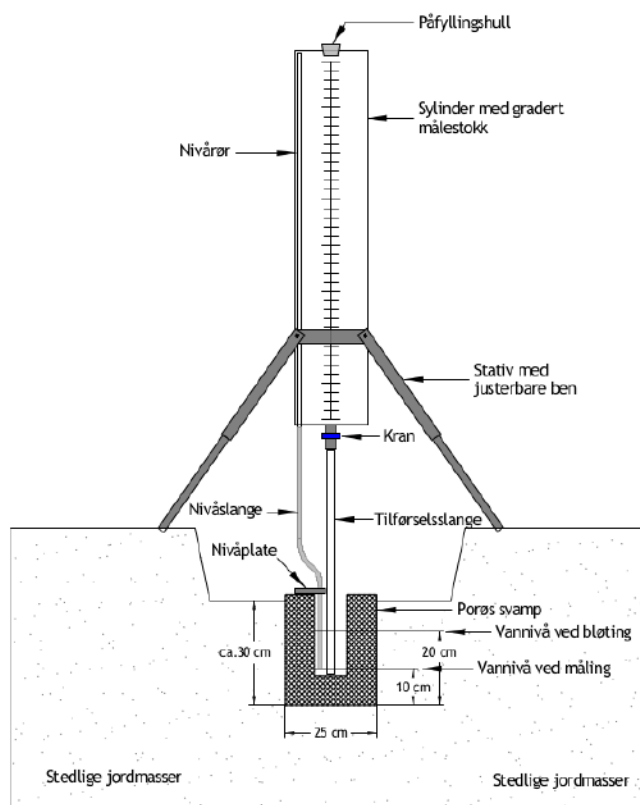
3.1.1 Infiltrasjonstest i felt

Infiltrasjonstest utføres ved hjelp av et infiltrometer, som er utviklet av NIBIO (tidl. Bioforsk). Det kan gi en tilnærmet verdi for jordartens permeabilitet. Det anbefales at infiltrasjonstestene utføres i tilnærmet samme nivå som infiltrasjonsflaten som etableres, altså på kote tilsvarende bunn av planlagt infiltrasjonsanlegg.

Nødvendig utstyr til infiltrasjonstest med infiltrometer er som følger:

- Infiltrometer med svamp og nivåplate
- Tilgang på vann
- Hagekanne uten sil eller ev. slange fra vanntank
- Liten spade
- Tommestokk
- Stoppeklokke

Infiltrasjonstesten utføres ved at svampen (LxBxD: 25 cm x 25 cm x 30 cm) graves ned i jorda og infiltrometeret settes over og fylles med vann. Sylindere og svampen er i kontakt via en tilførselsslange og en nivåslange. Figur 3-1 viser en skisse av utstyret når det er montert. I forkant av infiltrasjonstesten bløtlegges svampen og løsmassene til det er oppnådd mettet strømnings. Når mettets strømnings er oppnådd, åpnes kranen og det noteres hvor lang tid det tar å få 15 cm synk i infiltrometeret. Det anbefales å utføre to målinger etter hverandre for å se at tiden er tilnærmet lik. Resultatene kan benyttes til å beregne hydraulisk ledningsevne og infiltrasjonskapasitet for stedlige masser.



Figur 3-1: Skisse av infiltrasjonstest med et infiltrometer [6].

3.1.2 Kornfordelingsanalyse

Kornfordelingsanalyse av jordprøver kan benyttes til å beregne hydraulisk ledningsevne (K) i grunnen, som kan sammenlignes med resultater fra infiltrasjonstester.

De kan også brukes for å klassifisere massene i infiltrasjonsklasser, som vist i tabell 3-1. For å gjøre dette benyttes sorteringsgrad ($S_o = d_{60}/d_{10}$) og middelkornstørrelse ($M_d = d_{50}$).

Infiltrasjonsklasse 1 karakteriserer løsmasser med lav hydraulisk ledningsevne eller usorterte masser, og det anbefales da å utføre infiltrasjonstest i felt.

Infiltrasjonsklassene i tabell 3-1 er basert på erfaringer med infiltrasjon av sanitært vann, men kan likevel foreligge som indikasjon på massenes infiltrasjonsegenskaper også ved infiltrasjon som overvannshåndtering.

Tabell 3-1: Infiltrasjonsklasse og vannledningsevne (m/d) og infiltrasjonskapasitet (l/m² og d) ved tradisjonell infiltrasjon og ved biologisk forbehandling før infiltrasjon [7].

Infiltrasjonsklasse og vannledningsevne [meter per døgn]	Infiltrasjonskapasitet ved tradisjonell infiltrasjon [liter per m ² per døgn]	Infiltrasjonskapasitet ved biologisk for- behandling før infiltrasjon (faktor 2-4) [liter per m ² per døgn]
Klasse 1 (Finkornige masser/dårlig sorterte masser)		
< 1 meter per døgn	Meget liten, infiltrasjon anbefales ikke.	Meget liten, infiltrasjon anbefales ikke.
1-2 meter per døgn	6 liter/m ² /døgn	12-18 liter/m ² /døgn
2-3 meter per døgn	10 liter/m ² /døgn	20-30 liter/m ² /døgn
3-4 meter per døgn	15 liter/m ² /døgn	30-45 liter/m ² /døgn
4-5 meter per døgn	20 liter/m ² /døgn	40-60 liter/m ² /døgn
> 5 meter per døgn	25 liter/m ² /døgn	50-100 liter/m ² /døgn
Klasse 2 (sand)		
> 5 meter per døgn	25 liter/m ² /døgn	50-100 liter/m ² /døgn
Klasse 3 (grusig sand)		
Høy vannledningsevne	50 liter/m ² /døgn	100-200 liter/m ² /døgn
Klasse 4 (sandig grus og grus)		
I lagt sandlag, sand klasse 2, > 5 meter per døgn	25 liter/m ² /døgn	50-100 liter/m ² /døgn

3.2 Utførelse

Feltarbeidet ble utført 10.-11. januar 2024 av hydrogeolog Andrea Nymo Fikse fra Multiconsult. John Galten AS bisto med gravearbeidene og stilte med gravemaskin og vanntank. Det var lettskyet/overskyet og -3 °C.

Det er i dag granskog i det planlagte tiltaksområdet. Arealet var snødekt under feltarbeidet, men under graving ble det avdekket at grunnen er dekket med lyng og mose i tillegg til trær og småbusker. På grunn av kabler innenfor gjerdet langsmed jernbanen, ble det gravd sjakter utenfor gjerdet.

Det ble gravd to sjakter ned til 4 mut. (P1 og P3) og én sjakt ned til 1 mut. (P2). Plasseringen av sjaktene er vist i figur 3-2, mens beskrivelse av løsmassene er gitt i tabell 3-2. Under vekstlaget bestod løsmassene hovedsakelig av sand og noe grus enkelte steder, mens det i én sjakt ble påtruffet silt. Det ble ikke påtruffet grunnvann i noen av sjaktene.

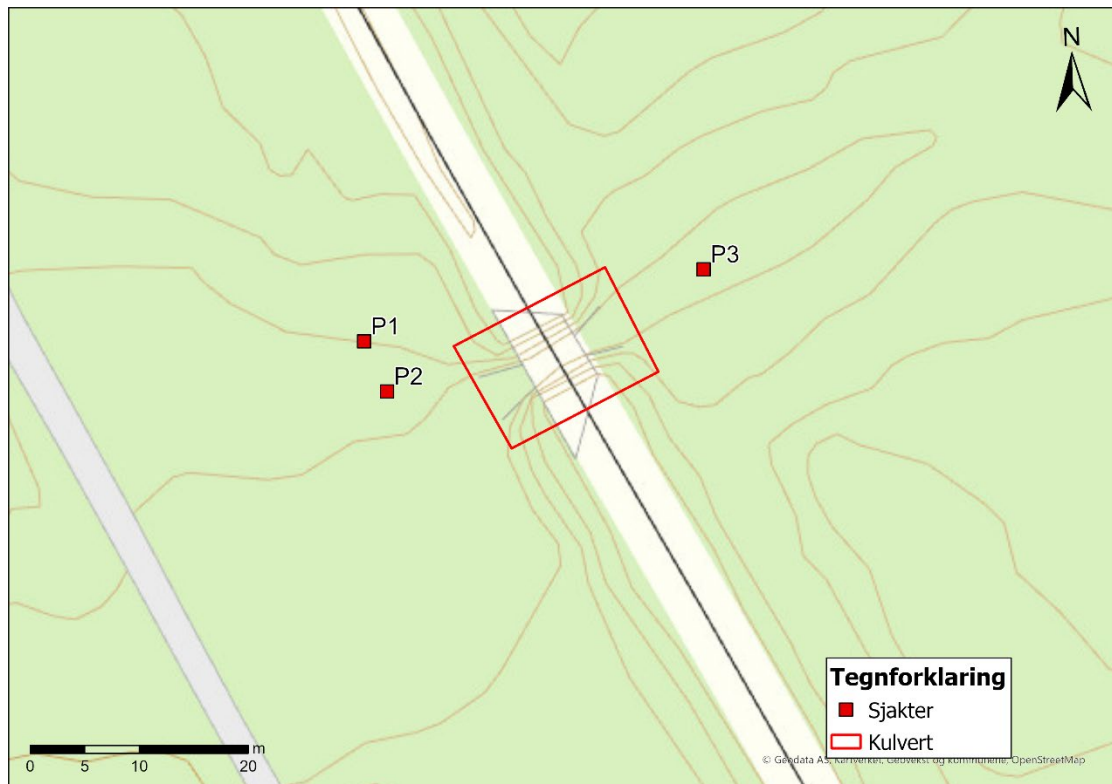
I P1 hadde løsmassene lav pakningsgrad og under graving raste det ned løsmasser fra sidene. Dette gjorde prøvetaking noe utfordrende, og det ble derfor tatt prøver fra 0-1 m, 1-3 m og 3-4 m. Det var ingen tydelig lagdeling og det ble observert sand 0-4 mut. Bilder av sjakta er vist i figur 3-3.

P2 ble gravd like ved P1 og pakningsgraden til løsmassene var derfor tilsvarende lav. Ettersom sjakta kun var 1 m dyp, var det ikke et problem med masser som raste ned i sjakta. Det ble observert sand 0-1 mut., med et tynt lag med hardere sandmasser med oransje farge (trolig jernutfelling) på ca. 0,7 m. Det ble ikke tatt en separat prøve av dette laget ettersom mektigheten var såpass liten. Det ble tatt blandprøve av masser fra 0-1 m samt én prøve fra bunn av sjakta hvor infiltrasjonstesten ble utført. Under infiltrasjonstesten ble massene forsøkt mettet i 20 minutter, men det var ikke mulig å oppnå metning (etter testen ble resterende vannmengde på ca. 500 L tømt ned i gropa hvorpå også dette infiltrerte raskt, hvilket indikerer at det ikke var mulig å oppnå metning med de vannmengdene vi hadde tilgjengelig). Det ble utført tre infiltrasjonstester i P2. På grunn av høy synkehastighet ble hver av testene filmet for dokumentasjon. Bilder av infiltrometeret og massene testene ble utført i, er vist i figur 3-4.

I P3 hadde løsmassene høyere pakningsgrad og det raste ikke like mye ned fra sidene under graving. Det ble tatt ut prøver fra 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m og 3-4 m. Det ble observert sand med noe innhold av grus 0-3 m. På ca. 3 m ble det observert et tynt gruslag over silt ned til ca. 4 m. Bilder fra P3 er vist i figur 3-5.

Tabell 3-2: Beskrivelse av løsmassene i prøvesjaktene P1, P2 og P3.

Sjakt	Dybde (m)	Beskrivelse	Kornfordelingsanalyse
P1	0-1	Sand, brun og rødoransje farge. Antatt jernutfelling.	Nei
	1-3	Sand, brun/grå farge.	Nei
	3-4	Sand og noe grus, brun og rødoransje farge. Antatt jernutfelling.	Ja
P2	0-1	Sand, brun og oransje farge. Et litt hardere lag med oransje farge på ca. 0,7 mut. Antatt jernutfelling.	Nei
	1	Sand, grå farge.	Ja
P3	0-1	Sand og noe grus, rødbrun farge.	Nei
	1-2	Sand, brun og noe rødbrun farge. Noe organisk materiale.	Nei
	2-3	Sand, brun farge.	Ja
	3-4	Et tynt lag med grus over grå silt.	Ja



Figur 3-2: Plassering av prøvesjakterne.



Figur 3-3: Bilder fra P1, der bildet til venstre viser sjakta med raste masser fra sidene og bildet til høyre viser de sandige massene 3-4 mut.



Figur 3-4: Bilder fra P2, der bildet til venstre viser nordre vegg i sjakta og bildet til høyre viser infiltrometeret installert i bunnen av sjakta på 1 m dybde.



Figur 3-5: Biler fra P3, der bildet til venstre viser sjakta og bildet til høyre viser de siltige massene 3-4 mut.

4 Resultater

4.1 Infiltrasjonstest i felt

I tabell 4-1 er resultater fra infiltrasjonstestene i sjakt P2 inkludert. Ved å finne synkehastigheten og multiplisere denne med en utstyrsspesifikk omregningsfaktor (1,4), får man grunnens vannledningsevne [6]. Verdiene kan brukes som en indikasjon på infiltrasjonsevnen til grunnen.

Testene indikerer en gjennomsnittlig hydraulisk ledningsevne på 117 m/d eller $1,4 \times 10^{-3}$ m/s.

Tabell 4-1: Resultater fra infiltrasjonstestene. 15 cm synk ble registrert tre ganger i hver test, og verdiene angitt i tabellen er gjennomsnittet av de tre registreringene i hver test.

Test nr.	Tid	Nivåforskjell	Synkehastighet	Vannledningsevne		Gjennomsnittlig vannledningsevne	
	sek	cm	cm/min	m/d	m/s	m/d	m/s
1	12	15	76	106	1,2E-03	117	1,4E-03
2	10	15	88	123	1,4E-03		
3	10	15	87	122	1,4E-03		

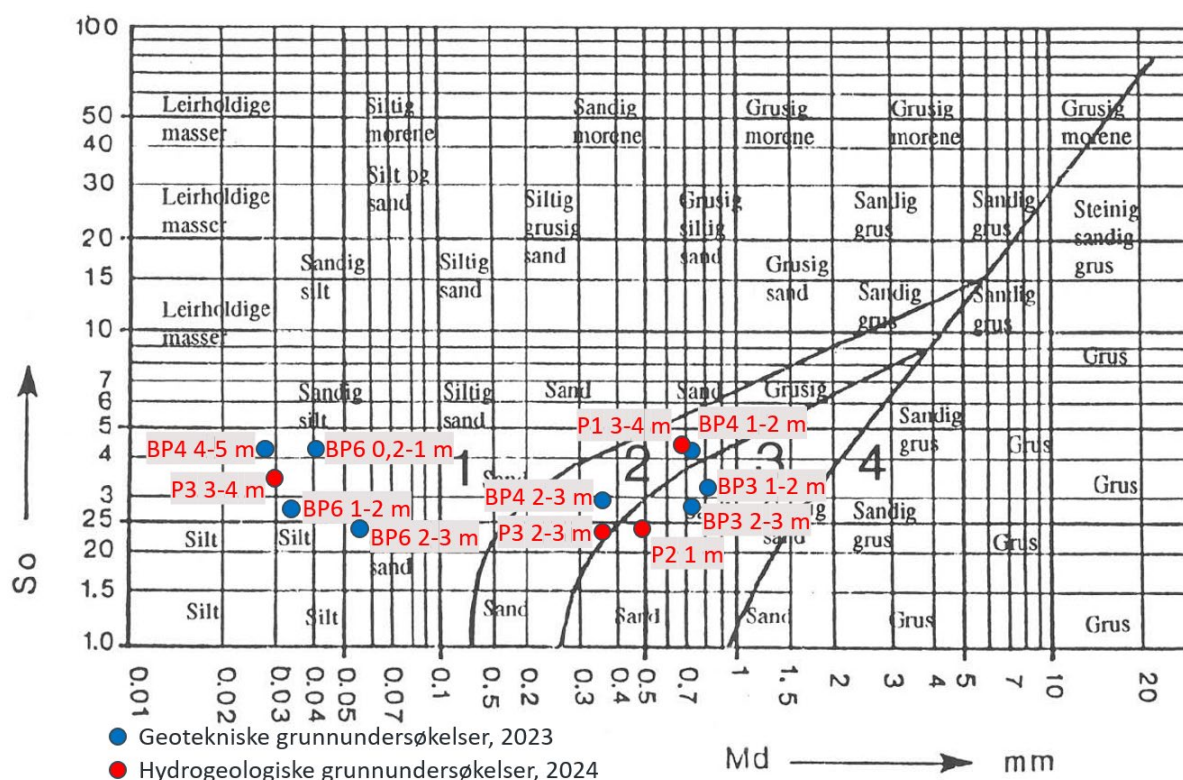
4.2 Kornfordelingsanalyser

Resultatene fra kornfordelingsanalysene (se vedlagt) er brukt for å beregne hydraulisk ledningsevne for de prøvetatte massene. Også kornfordelingsanalyser fra de geotekniske grunnundersøkelsene er benyttet. For prøver der sorteringsgraden ($S_o = d_{60}/d_{10}$) er $<2,5$ er Hazens formel benyttet for å beregne hydraulisk ledningsevne, mens for prøver der sorteringsgraden er $>2,5$ er Gustafsons formel benyttet. Resultatene vises i tabell 4-2. Beregningene indikerer at den hydrauliske ledningsevnen varierer mellom 0,09 m/døgn og 0,63 m/døgn for de siltige massene og mellom 23 m/døgn og 122 m/døgn for de sandige massene. Gjennomsnittlig hydraulisk ledningsevne for siltige og sandige masser er hhv. 0,28 m/døgn og 66,5 m/døgn.

Ved å plote S_o og M_d (middelkornstørrelse, d_{50}) fra kornfordelingsanalysene inn i et infiltrasjonsdiagram, slik som i figur 4-1, får de sandige massene fra P1 (3-4 m), P3 (2-3 m) og BP4 (1-2 m og 2-3 m) infiltrasjonsklasse 2, mens de sandige massene i P2 (1 m) og BP3 (1-2 m og 2-3 m) får infiltrasjonsklasse 3. De siltige massene i P3 (3-4 m), BP4 (4-5 m) og BP6 (0,2-1 m, 1-2 m og 2-3 m) får infiltrasjonsklasse 1.

Tabell 4-2: Hydraulisk ledningsevne beregnet ved hjelp av Hazens formel der $S_o < 2,5$ og Gustafsons formel der $S_o > 2,5$.

Prøve-punkt	Dyp (m)	Jordarts-betegnelse	d10 (mm)	d50 (mm)	d60 (mm)	Sorterings-grad (S_o)	Beregnet hydraulisk ledningsevne (K) (m/s)	Beregnet hydraulisk ledningsevne (m/døgn)	Infiltrasjons-klasse
P1	3-4	Sand	0,1903	0,6931	0,8396	4,41	$5,26 \times 10^{-4}$	45,43	2
P2	1	Sand	0,2367	0,4747	0,5694	2,41	$6,48 \times 10^{-4}$	56,01	3
P3	2-3	Sand	0,1737	0,3695	0,4092	2,36	$5,08 \times 10^{-4}$	43,91	2
	3-4	Silt	0,0111	0,0305	0,0382	3,44	$1,95 \times 10^{-6}$	0,17	1
BP3	1-2	Sand, grusig	0,2961	0,8331	0,9531	3,22	$1,41 \times 10^{-3}$	121,75	3
	2-3	Sand	0,2909	0,7187	0,8312	2,86	$1,39 \times 10^{-3}$	120,49	3
BP4	1-2	Sand, grusig	0,208	0,7304	0,889	4,27	$6,36 \times 10^{-4}$	54,95	2
	2-3	Sand	0,1281	0,3473	0,389	3,04	$2,67 \times 10^{-4}$	23,09	2
	4-5	Silt, sandig	0,0083	0,028	0,0354	4,27	$1,01 \times 10^{-6}$	0,09	1
BP6	0,2-1	Silt, sandig	0,0146	0,0416	0,0587	4,02	$3,20 \times 10^{-6}$	0,28	1
	1-2	Silt	0,0147	0,0313	0,0351	2,39	$2,50 \times 10^{-6}$	0,22	1
	2-3	Silt, sandig	0,0252	0,0553	0,0625	2,48	$7,35 \times 10^{-6}$	0,63	1



Figur 4-1: Infiltrasjonsdiagram med verdier fra kornfordelingsanalysene fra de geotekniske grunnundersøkelsene utført i 2023 (blå prikker) og fra de hydrogeologiske grunnundersøkelsene utført i 2024 (rød prikker) plottet inn.

5 Vurderinger

Massene fra kornfordelingsanalysene er beskrevet som sand og grusig sand ned til 4 m på vestsiden av kulverten (P1, P2 og BP3) og ned til 3 m på østsiden av kulverten (P3 og BP4). Dette er generelt masser som er ventet å ha høy infiltrasjonsevne, og empirisk beregnet hydraulisk ledningsevne ligger mellom 23-122 m/døgn (se tabell 4-2). Videre indikerer infiltrasjonstestene utført på 1 m dybde i P2, en gjennomsnittlig hydraulisk ledningsevne på 117 m/døgn (se tabell 4-1), mens

kornfordelingsanalysen av de samme massene indikerer en gjennomsnittlig hydraulisk ledningsevne på 56 m/døgn. Resultater fra infiltrasjonstestene gir en dobbelt så stor hydraulisk ledningsevne som kornfordelingsanalysen, som trolig er som følge av at det ikke var mulig å mette grunnen i forkant av testene som medførte en forhøyet infiltrasjon enn det som er tilfelle ved mettede forhold. På østsiden av kulverten er massene beskrevet som silt fra 3 m og nedover (i P3 og BP4). Siltige masser har generelt sett en lavere hydraulisk ledningsevne, og empirisk beregnet hydraulisk ledningsevne fra kornfordelingsanalysene ligger mellom 0,09-0,63 m/døgn.

I henhold til infiltrasjonsdiagrammet i figur 4-1, faller de prøvetatte sandige massene innunder infiltrasjonsklasse 2 og 3, mens de siltige massene faller innunder infiltrasjonsklasse 1. I henhold til tabell 3-1 har masser i infiltrasjonsklasse 1 med en hydraulisk ledningsevne <1 m/døgn en meget lav infiltrasjonskapasitet og det anbefales ikke infiltrasjon i slike masser. Masser i infiltrasjonsklasse 2 og 3 har antatt infiltrasjonskapasitet på henholdsvis 25 l/m²/døgn og 50 l/m²/døgn ved tradisjonell infiltrasjon av avløpsvann. Infiltrasjonskapasiteten ved biologisk forbehandling før infiltrasjon er det som i størst grad samsvarer med infiltrasjon av overvann, og er i henhold til samme veileder (VA/Miljøblad nr. 59) på 50-100 l/m²/døgn for klasse 2 og 100-200 l/m²/døgn for klasse 3. Det anslås derfor at de sandige massene i undersøkelsesområdet har en infiltrasjonsevne på 50-100 l/m²/døgn med forbehandling.

5.1 Hydraulisk kapasitet

Infiltrasjon av overvann vil medføre en økning i grunnvannsstand, i det minste lokalt. Derfor er det viktig å sikre at massene har tilstrekkelig kapasitet til å drenere bort vannmengden som infiltreres. På bakgrunn av dette har den hydrauliske kapasiteten (Q) blitt empirisk beregnet ved bruk av formelen

$$Q = K \times M \times i \times L \quad [7]$$

Der

K = jordmassens hydrauliske ledningsevne i m/d. Her med beregnede verdier fra infiltrasjonstester og kornfordelingsanalyser.

M = nyttbar tykkelse til transport av overvann i m (0,5 m under bunn av infiltrasjonsmagasin og ned til antatt grunnvannsspeil). Her antatt å være 2 m.

i = hydraulisk gradient. Her antatt å være lik terrenghelningen mot sørvest som er på 0,03.

L = lengde av infiltrasjonsfilteret i m. Her satt til 1 m for å få den hydrauliske kapasiteten per m², da infiltrasjonsanlegget ikke er ferdig dimensjonert.

Resultatene er presentert i tabell 5-1. Den hydrauliske kapasiteten varierer mellom 1,2 m³/m² per døgn og 6,5 m³/m² per døgn for sandige masser, med en gjennomsnittlig hydraulisk kapasitet på 4,3 m³/m² per døgn dersom infiltrasjonstestene medregnes. Kun basert på kornfordelingsanalysene utgjør den gjennomsnittlige hydrauliske kapasiteten 3,5 m³/m² per døgn. For de siltige massene varierer den hydrauliske kapasiteten mellom 0,005 m³/m² per døgn og 0,03 m³/m² per døgn, med en gjennomsnittlig hydraulisk kapasitet på 0,01 m³/m² per døgn.

De sandige massene vurderes som godt egnet til infiltrasjon av overvann. På grunn av den lave hydrauliske kapasiteten til de siltige massene, er det derimot viktig at bunnen av infiltrasjonsanlegget etableres i sandige masser med tilstrekkelig avstand ned til de underliggende siltige massene (i foreliggende vurdering er dette antatt å være 2 m, men avhengig av mengden vann som det er ønskelig at skal infiltrere kan nødvendig avstand være mindre/mer).

Tabell 5-1: Hydraulisk kapasitet ved bruk av resultater fra infiltrasjonstester og kornfordelingsanalyser.

Prøvepunkt	Dyp	Jordartsbetegnelse	Hydraulisk ledningsevne (K)	Hydraulisk kapasitet (Q)	
	m		m/døgn	m³/m² per døgn	l/m² per døgn
Infiltrasjonstest					
P2, test 1	1	Sand	106	5,64	5641
P2, test 2	1	Sand	123	6,52	6525
P2, test 3	1	Sand	122	6,48	6480
Kornfordelingsanalyse					
P1	3-4	Sand	45,43	2,41	2410
P2	1	Sand	56,01	2,97	2970
P3	2-3	Sand	43,91	2,33	2329
	3-4	Silt	0,17	0,009	9
BP3	1-2	Sand, grusig	121,75	6,46	6457
	2-3	Sand	120,49	6,39	6390
BP4	1-2	Sand, grusig	54,95	2,91	2914
	2-3	Sand	23,09	1,22	1225
	4-5	Silt, sandig	0,09	0,005	5
BP6	0,2-1	Silt, sandig	0,28	0,01	15
	1-2	Silt	0,22	0,01	11
	2-3	Silt, sandig	0,63	0,03	34

6 Konklusjon

Basert på resultater fra utførte infiltrasjonstester og kornfordelingsanalyser, anses de sandige massene i grunnen ved kulverten (ned til ca. 3 m) som godt egnet for infiltrasjon.

Fire jordprøver fra tre sjakter ble sendt til kornfordelingsanalyse, mens infiltrasjonstester ble utført i én sjakt. Det var ikke mulig å mette massene i forkant av infiltrasjonstesten slik at resultatene gjenspeiler umettede forhold, som forventes å ha høyere vannledningsevne enn ved mettede forhold. Dette gjenspeiler også resultatene. Også resultater fra kornfordelingsanalyser fra tre borpunkter utført i forbindelse med geotekniske grunnundersøkelser i 2023 er benyttet i vurderingen.

Resultatene fra undersøkelsene indikerer at de sandige løsmassene egner seg godt til infiltrasjon, og at de har en anslått infiltrasjonsevne på 50-100 l/m² per døgn, basert på tabellverdier for infiltrasjon av forbehandlet avløpsvann. Gjennomsnittlig hydraulisk kapasitet anslås å være mellom 1,2-6,5 m³/m² per døgn. De underliggende siltige massene som er observert særlig øst for kulverten, egner seg ikke til infiltrasjon. Det er derfor viktig at infiltrasjonsanlegget etableres med tilstrekkelig avstand fra bunnen av anlegget ned til siltige masser, og helst på vestlig side av kulvert.

7 Referanser

- [1] Norges geologiske undersøkelse, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase». Åpnet: 10. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- [2] Multiconsult Norge AS, «10204851-40-RIG-RAP-003 Planovergangstiltak - Opphus. Datarapport. Geotekniske grunnundersøkelser», 2023.
- [3] Norges geologiske undersøkelse, «GRANADA - Nasjonal grunnvannsdatabase». Åpnet: 10. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/
- [4] Norges geologiske undersøkelse, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase - Temakart Infiltrasjonspotensiale». Åpnet: 10. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- [5] Norges vassdrags- og energidirektorat, «NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse». Åpnet: 17. januar 2024. [Online]. Tilgjengelig på: <https://nevina.nve.no/>
- [6] Norsk institutt for bioøkonomi, «Bruksanvisning Infiltrrometer». 2009.
- [7] Stiftelsen VA/Miljø-blad, «VA/Miljøblad nr. 59: Lukkede infiltrasjonsanlegg for sanitært avløpsvann», 2018.

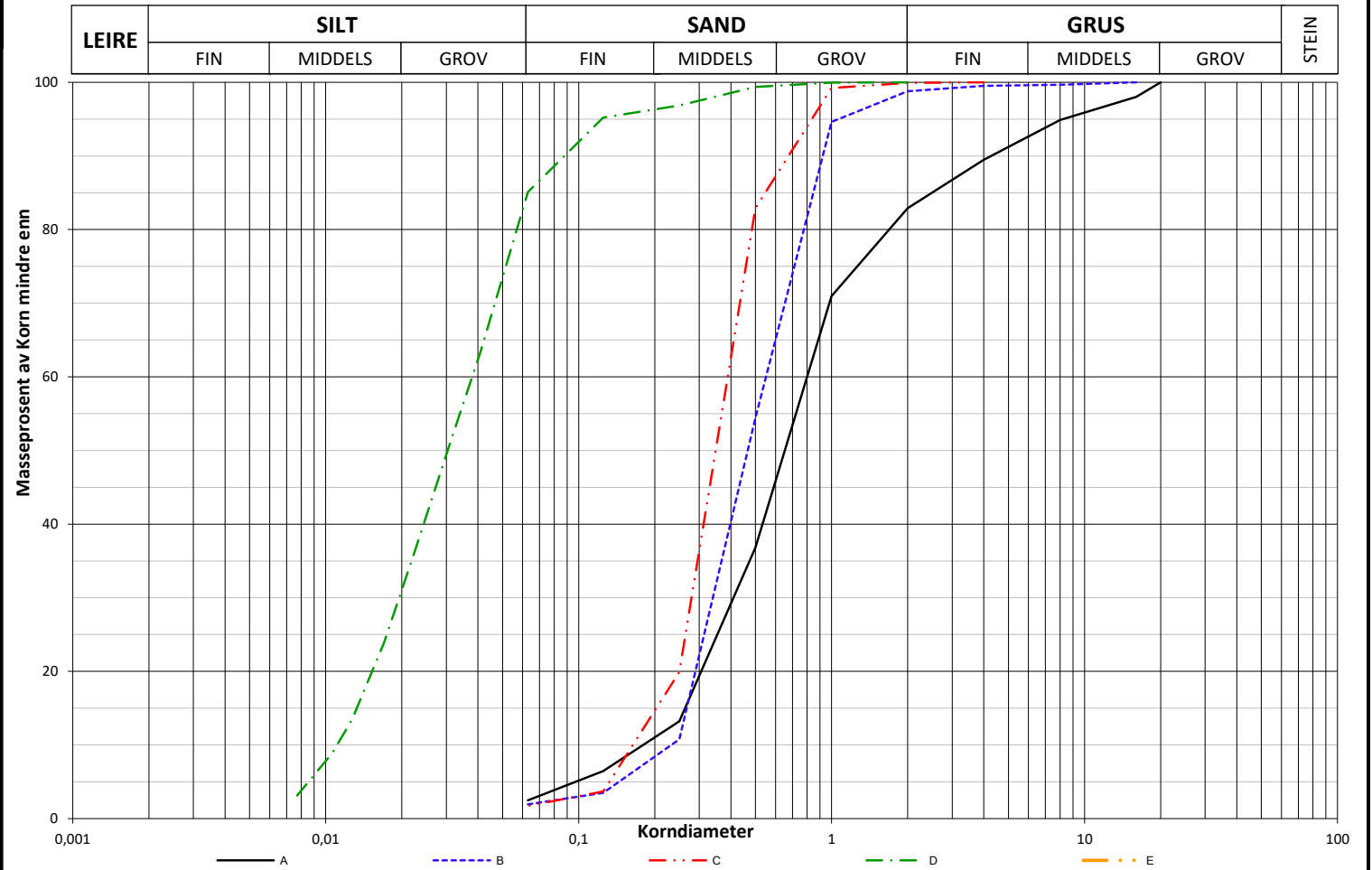
8 Vedlegg

10252587-40-RIG-TEG-300

Korngradering

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

Prøve	Borpunkt	Dybde (m)	*Jordartsbetegnelse	Anmerkinger	Metode		
					TS	VS	HYD
A	P1	3,0-4,0	SAND		X		
B	P2	1,0-1,0	SAND		X		
C	P3	2,0-3,0	SAND		X		
D	P3	3,0-4,0	SILT			X	X
E							



METODE:
TS = Tørssikt VS = Våtsikt HYD = Hydrometer

*Jordartsbetegnelse er basert på massefraksjoner fra tabellen under, avvik fra grafen kan forekomme.
**Telefarlighet er beregnet fra massefraksjonene i tabellen under.

Prøve	w (%)	Gløde- tap %	**Tele- gruppe	Masse % < diameter (mm)			0,002 - 0,063 mm (%)	0,063 - 2 mm (%)	2 - 63 mm (%)	<i>D</i> ₁₀ mm	<i>D</i> ₃₀ mm	<i>D</i> ₅₀ mm	<i>D</i> ₆₀ mm
				< 0,002	< 0,02	< 0,2							
A			T1			10,5		82,9	17,1	0,1903	0,4277	0,6931	0,8396
B			T1			7,9		98,8	1,2	0,2367	0,3601	0,4747	0,5694
C			T1			13,4		99,9	0,1	0,1737	0,2901	0,3695	0,4092
D			T4		30,7	96,2	83,1	16,9	0,0	0,0111	0,0197	0,0305	0,0382
E													

Bane NOR SF		Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
		METS	SISJ	PEJ
PLO Opphus		Borpunkt	Dato	Revisjon
		-	19.01.2024	0
Multiconsult	Korngradering	Oppdragsnummer		Tegningsnummer
		10252587-40		RIG-TEG-300
		V.1.17.8 23.11.2023		