

Beregnet til
Høgevarde AS ved Knut Sterud

Dokument type
Rapport

Dato
November, 2021

HØGEVARDE OPPDEMNING AV NORDRE FISKETJERN



HØGEVARDE OPPDEMNING AV NORDRE FISKETJERN

Oppdragsnavn **Høgevarde – oppdemning av Nordre Fisketjern**
Prosjekt nr. **1350042775**
Mottaker **Høgevarde AS**
Dokument type **Rapport**
Versjon **000**
Dato **01.11.2021**
Utført av **Ingrid Austad Pottier**
Kontrollert av **Øyvind Hole**
Godkjent av **Michael Rene Helgestad**
Beskrivelse **Modellering av demninger i Nordre Fisketjern**

Rambøll
Erik Børresens allé 7
3015 Drammen

T +47 32 25 45 00
F +47 32 25 45 01
<https://no.ramboll.com>

INNHALDSFORTEGNELSE

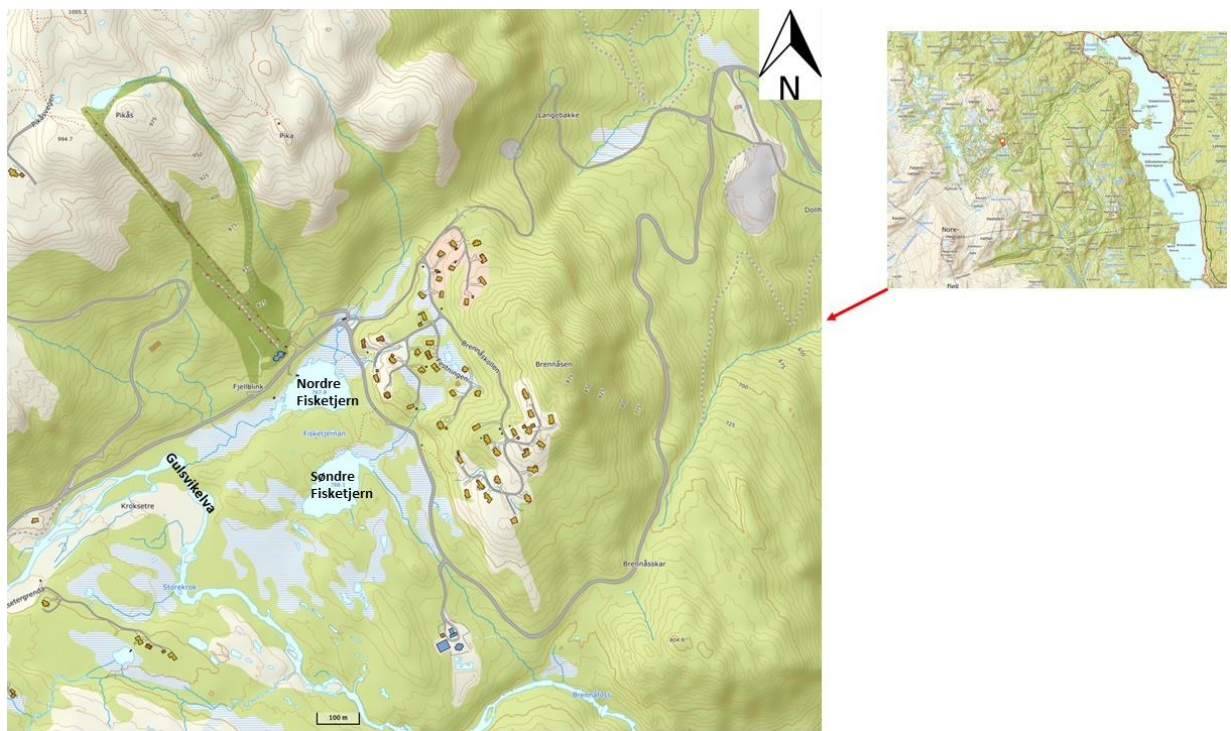
1.	Innledning	2
1.1	Bakgrunn	2
1.2	Om prosjektet	3
1.3	Formål	4
1.4	Lover og forskrifter	4
1.5	Befaring	4
2.	Områdebeskrivelse	5
2.1	Geologi	5
2.2	Topografi og flomområde	5
2.3	Nedbør	6
2.4	Modelleringsprofilet	6
3.	Forutsetninger	7
4.	Metode	8
4.1	Datagrunnlag	8
4.1.1	Hydraulisk ledningsevne	8
4.1.2	Myrdybder	9
4.2	Nedbør	12
4.3	Nedbørfelt	12
4.4	SEEP/W - Modelloppbygging	14
5.	Resultater	16
5.1	SEEP/W	16
5.1.1	Dagens situasjon	16
5.2	Demning – scenario 1	17
5.2.1	Scenario 1 - våt periode	17
5.2.2	Scenario 1 - tørr periode	18
5.3	Demning – scenario 2	19
5.3.1	Scenario 2 - våt periode	19
5.3.2	Scenario 2 - tørr periode	20
5.4	Demning – scenario 3	21
5.4.1	Scenario 3 - våt periode	21
5.4.2	Scenario 3 - tørr periode	22
5.5	Demning – scenario 4	23
5.5.1	Scenario 4 - våt periode	23
5.5.2	Scenario 4 - tørr periode	24
6.	Vurderinger	25
6.1	Scenario 1	25
6.2	Scenario 2	25
6.3	Scenario 3	25
6.4	Scenario 4	25
6.5	Oppsummering	25
7.	Konklusjon	27
8.	Referanser	28

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Tiltakshaver planlegger utbygging av Høgevarde fritidspark, med blant annet nye fritidsboliger etablering av friluftslivsaktiviteter med mer i Høgevarde Fritidspark i Flå kommune i Viken. I forbindelse med denne utbygging ønsker tiltakshaver å utnytte vannet i Gulsvikelva og Nordre Fiskevatnet til snøproduksjon i alpinanlegg, se Figur 1. I den forbindelse har Rambøll bistått med hydrogeologiske vurderinger. Det har vært et tett samarbeide med Skred AS og Naturrestaurering AS for å utbedre området på best mulig måte. Rambøll har tidligere utarbeidet et befaringsnotat [1] og konsesjonssøknad [2] for området.

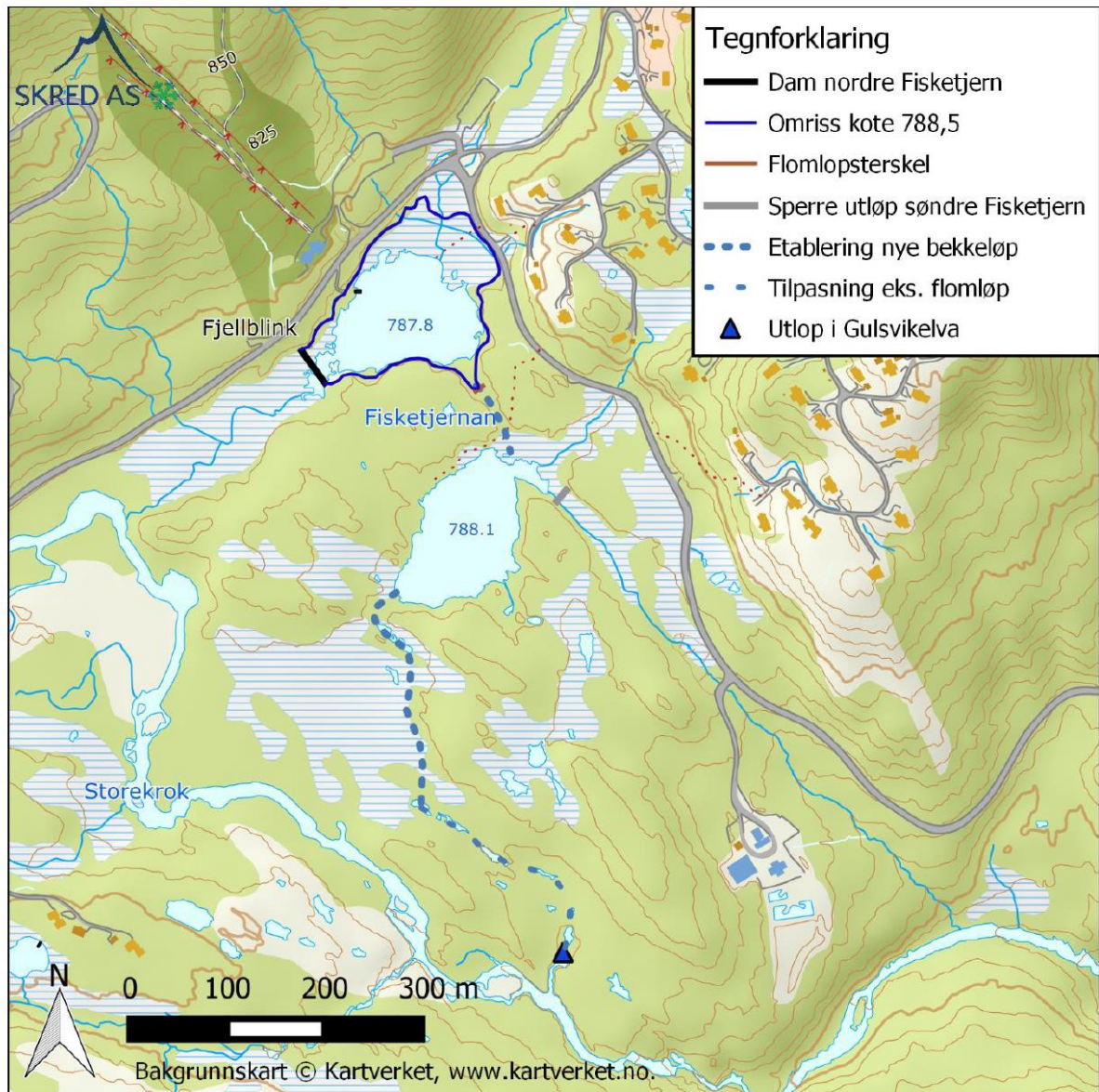
Det er ønskelig å demme opp Nordre Fisketjern. Rapporten tar for seg en hydrogeologisk modellering i SEEP/W for å se på ulike scenarioer for sammensetning av demningen. Samt hvor mye vannstrømning igjennom demningen som er akseptabel for å kunne opprettholde ønsket grunnvannstand i Nordre Fisketjern etter oppdemning. Det er også ønskelig at vanngjennomstrømningen i demningen er tilstrekkelig så myra vest for demningen blir bevart.



Figur 1. Oversiktskart over området med Nordre Fisketjern, Søndre Fisketjern og Gulsvikelva [6].

1.2 Om prosjektet

Det er ønskelig å demme opp Nordre Fisketjern med rundt 70 cm, som tilsvarer 788,5 moh. Dette for å legge til rette for fiskemuligheter samt vannaktiviteter. Vannivået i Nordre Fisketjern vil etter ønskelig oppdemning ligge 40 cm over nivået i Søndre Fisketjern, som er på 788,1 moh. Videre er det planlagt å etablere et nytt bekkeløp fra Nordre Fisketjern til Søndre Fisketjern for å legge til rette for fisken, samt vannaktiviteter imellom vannene. Videre er det planlagt et nytt bekkeløp fra Søndre Fisketjern og sørover til utløpet i Gulsvikelva, se Figur 2.



Figur 2. Tiltak som er planlagt i området [3]. Svart tykk strek viser plasseringen av demningen i Nordre Fisketjern. Videre vises plasseringene av nye bekkeløp med blå stiplede linjer. Et nytt bekkeløp er planlagt etablert fra Nordre Fisketjern til Søndre Fisketjern. Videre fra Søndre Fisketjern og til utløpet i Gulsvikelva.

1.3 Formål

Formålet med hevingen av vannspeilet i Nordre Fisketjern er:

- Koble Nordre Fisketjern og Søndre Fisketjern sammen med et nytt bekkeløp for å legge til rette for fiske og aktiviteter.
- Etablere et nytt bekkeløp fra Søndre Fisketjern og ned til utløpet i Gulsvikelva for å få gjennomstrømning av vann.
- Skjerme tjernet fra flomvann fra Gulsvikelva, og unngå tilførsel av småfallen bekkørret som ødelegger fiskebestanden [3].
- Nye bekkeløp kan kunne etablere gode gytehabitater og legge til rette for godt fiske i begge tjern.
- I tillegg vil utbyggingen kunne føre til tilrettelegging for gode friluftsopplevelser for alle brukergrupper i området.

1.4 Lover og forskrifter

Bakgrunnen for utarbeidelsen av denne rapporten er aktsomhetsplikten beskrevet i § 43 a. i lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven) [7] og forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften) [8].

I vannressursloven står det at «*Enhver skal opptre aktsomt for å unngå at grunnvann påvirkes til skade eller ulempe for allmenne eller privat interesser. Grunnvannstiltak skal planlegges og gjennomføres slik at de er til minst mulig skade og ulempe for allmenne og private interesser. Denne plikten gjelder så langt den kan oppfylles uten uforholdsmessig utgift eller ulempe. [...]*» [7].

I damsikkerhetsforskriften står det «*forskriften skal fremme sikkerhet ved vassdragsanlegg og forebygge skade på menneske, miljø og eiendom*» [8].

I tillegg har det blitt utarbeidet en konsesjonssøknad «*Høgevarde Fritidspark. Søknad om konsesjon etter vannressursloven.*» [2].

Dersom tiltakene beskrevet i dette notatet blir fulgt, mener Rambøll at oppdragsgiver har opptrådt aktsomt i dette prosjektet.

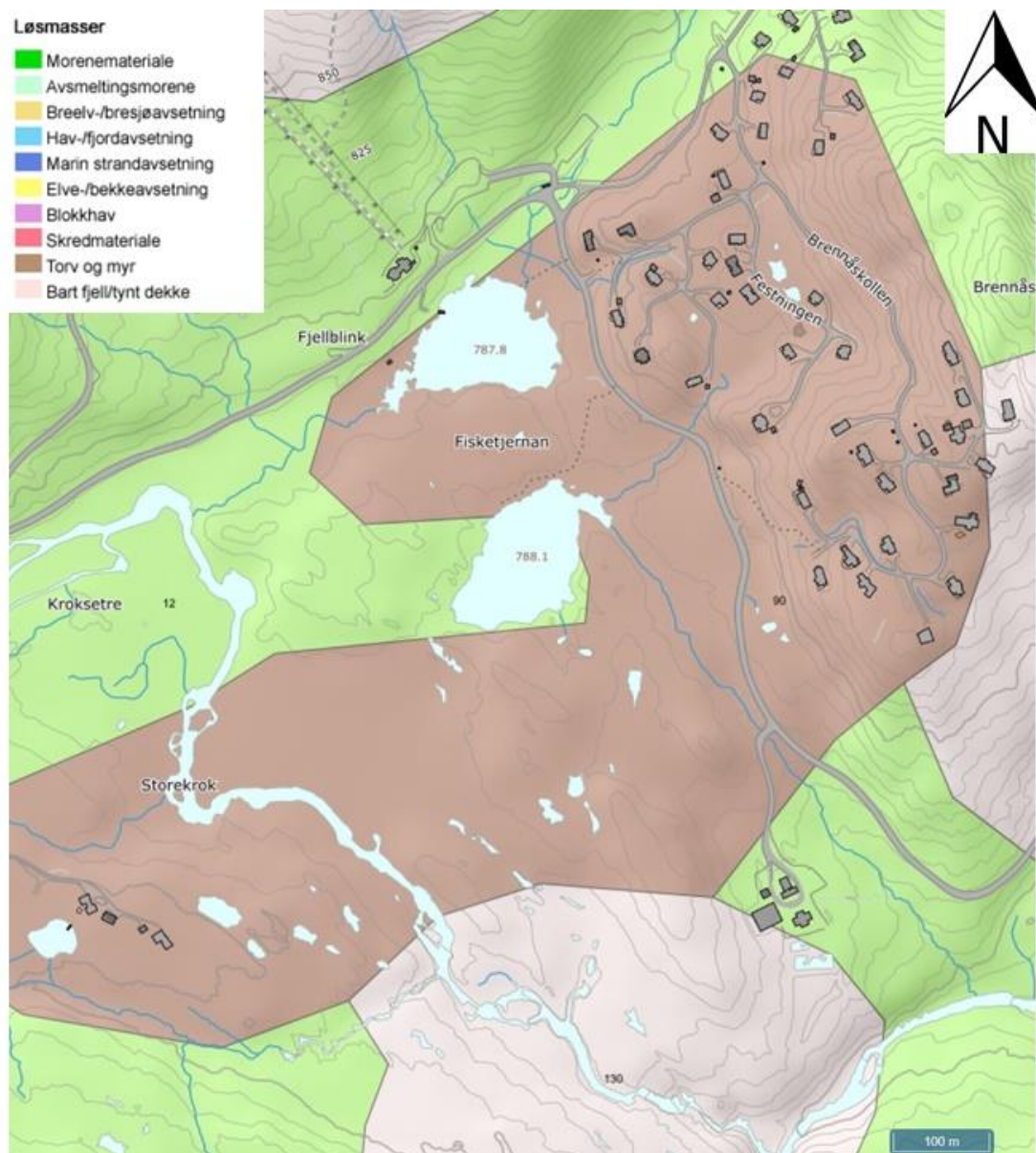
1.5 Befaring

Det har vært utført befaringer på Høgevarde fjellpark i september, oktober og november 2020. Befaringene er utført av Michael Rene Helgestad, Øyvind Hole og Ingrid Austad Pottier fra Rambøll.

2. OMRÅDEBESKRIVELSE

2.1 Geologi

Overflateløsmassedekket i området består i hovedsak av torv, myrmasser og morenemateriale i området rundt Nordre Fisketjern og Søndre Fisketjern, se Figur 3 [5]. Nord, sør og øst for tjernene er det bart fjell i tillegg til nevnte avsetninger.



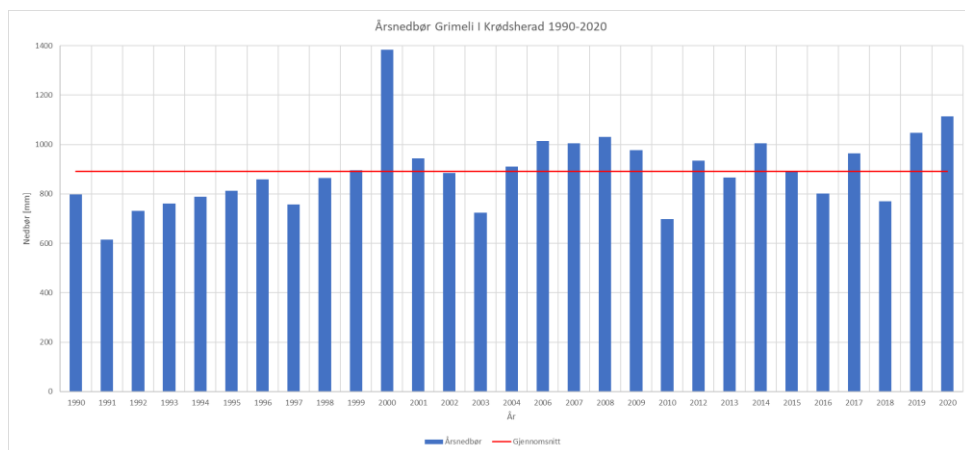
Figur 3. Overflateløsmassekart over området [5]. Området rundt Nordre Fisketjern og Søndre Fisketjern er dominert av torv, myr og morenemateriale. Omkringliggende områder består av nevnte avsetninger og bart fjell.

2.2 Topografi og flomområde

Nordre Fisketjern og Søndre fisketjern ligger i et flatt område i en liten dal med topper på hver side. Nord for Nordre Fisketjern er det en bratt skrent. Området er så flatt at når Gulvikelva går flomstor flommer vannet innover myrområdet mot Nordre Fisketjern [4].

2.3 Nedbør

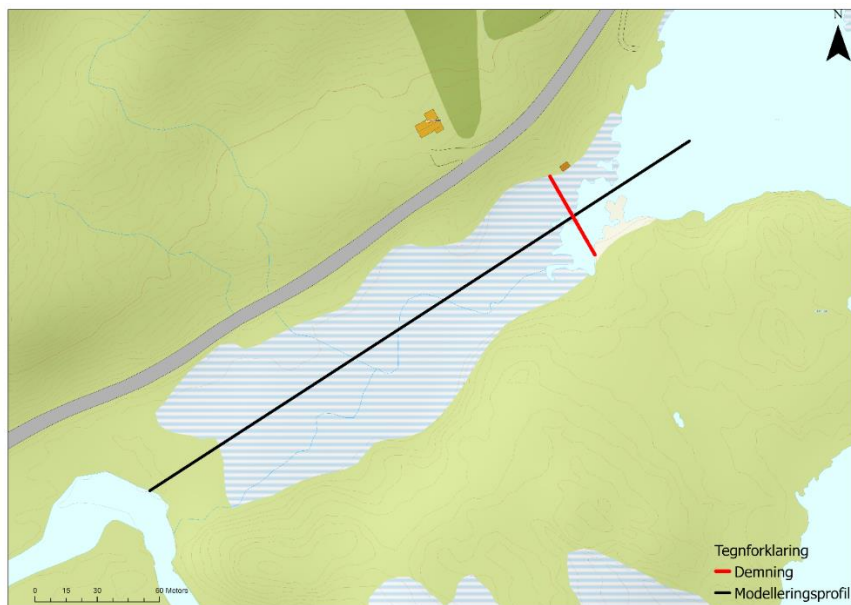
Gjennomsnittlig årsnedbør fra 1990 til 2020 fra Grimeli I Krødsherad (SN24600) er på 891 mm [9]. Grimeli I Krødsherad ligger ca. 20 km fra Høgevarde, og er den nærmeste målestasjonen med tilstrekkelig data.



Figur 4. Årsnedbør fra 1990 til 2020 fra målestasjonen Grimeli I Krødsherad [9]. Gjennomsnittlig nedbør for denne perioden er på 891 mm (rød strek). Grimeli I Krødsherad ligger ca. 20 km fra Høgevarde.

2.4 Modelleringsprofil

Grunnvannsmodellen i SEEP/W går fra Gulsvikelva i vest og ut i Nordre Fisketjern i øst, se Figur 5. Modelleringsprofilen dekker en strekning på 310 meter, og området er relativt flatt. Grunnvannsmodellen vil være i 2D, og gå langs den svarte linjen i Figur 5. Demningen vil bli modellert som et vertikalt snitt. Demningen er ca. 50 meter lang over Nordre Fisketjern.



Figur 5. Svart linje viser plasseringen av modelleringsprofilen. Rød linje viser plasseringen av demningen. Grunnvannsmodellen vil være i 2D og gå langs denne linja.

3. FORUTSETNINGER

Grunnvannsmodellen er basert på en rekke antagelser da det foreligger relativt lite med grunnlagsdata. De geologiske grensene er basert på målinger i felt og antagelser basert på en helhetlig forståelse av geologien i området. Målingene i felt er usikre da disse er tatt punktvist og med utstyr som har en usikkerhet. Måleutstyret kunne bare måle 4 meter ned i myra, og i områder hvor myren var dypere er bunn av myr ikke kartlagt. Grunnvannsmodellen i SEEP/W er kalibrert mot vannstands nivået i Gulsvikelva i vest og Nordre Fisketjern i øst. Vannstanden er hentet ut fra høydedata [10] og grunnvannsmodellen tar ikke hensyn til variasjoner i vannstand igjennom året. Det er ikke utført tester av de hydrogeologiske forholdene i myra i ulike nivå. I mangel på slike tester er det benyttet konservative data for myrmasser og morenemasser i grunnvannsmodellen. Dette da det foreligger en del usikkerheter.

4. METODE

4.1 Datagrunnlag

I befæringsnotatet [1] blir dybden til myren og sedimentprøver med tilhørende kornfordelingsanalyser beskrevet.

4.1.1 Hydraulisk ledningsevne

Data fra kornfordelingsanalysene har blitt benyttet for å regne ut den hydrauliske ledningsevnen til sedimentene i området, se Tabell 1. Grunnvannsmodellen er bygget opp som et langtående tverrsnitt, som krysser punkt P4, se Figur 6. Resultater fra de andre kornfordelingsanalysene har blitt vurdert opp mot P4, for å se på variasjonen i hydraulisk ledningsevne i sedimentene i området.

Det er hentet ut to sedimentprøver fra punkt P4. En prøve med blanding av masser fra 0,2-0,9 meters dyp og en prøve fra 0,9-1,2 meters dyp. Gjennomsnittet fra de to prøvene som er hentet ut på ulike dybder er benyttet som hydraulisk ledningsevne i sand/grus massene i grunnvannsmodellen. Gjennomsnittet fra de to sedimentprøvene fra P4 samsvarer med den hydrauliske ledningsevnen regnet ut for de andre prøvene tatt i området.

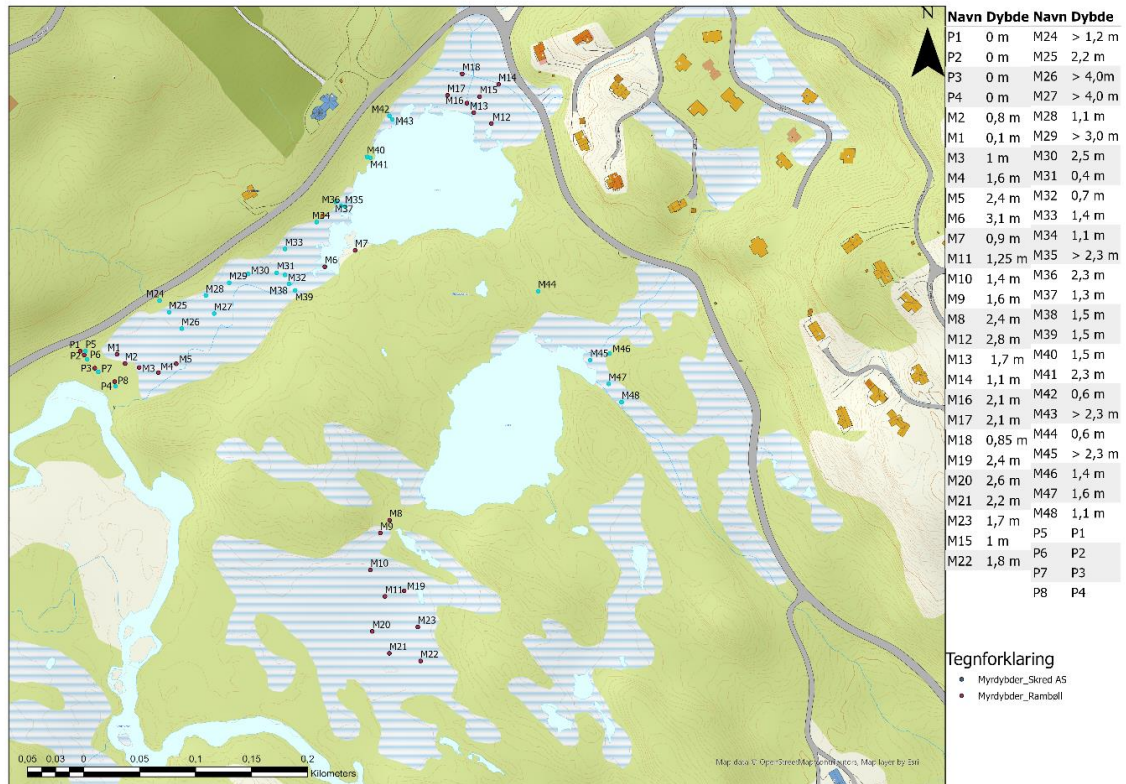
Grunnvannsmodellen blir derfor bygget opp med et sandlag. Det antas at sand/grusavsetningene ved Gulsvikelva er avsatt av elven. Det er derfor forventet å finne lag og lommer med grove og finere masser avhengig av energien i vannet da sedimentene ble avsatt. Ettersom det ikke foreligger nok grunnlagsdata for lagdelingen i området blir det i grunnvannsmodellen simulert et homogent sandlag.

Tabell 1. Utregning av kornfordelingsanalyse for P4.

Dybde [m]	Hydraulisk ledningsevne [m/s]
0,2-0,9	3,0E-05
0,9-1,2	4,5E-05
Gjennomsnittet	3,75E-05

4.1.2 Myrdybder

Myrdybdene har blitt kartlagt i området, se Figur 6. Mektigheten på myra varierer fra 0,6 meter til over 4 meter. Utstyret benyttet for å kartlegge myra var ikke mer enn 4 meter. I områder hvor myren hadde en mektighet på mer enn 4 meter var det ikke mulig å kartlegge dybde til myren på grunn av utstyret. Det utgjør en usikkerhet ved lagdelingen av myra i SEEP/W. Myra på Høgevarde har blitt kartlagt i flere omganger av Skred AS og Rambøll.

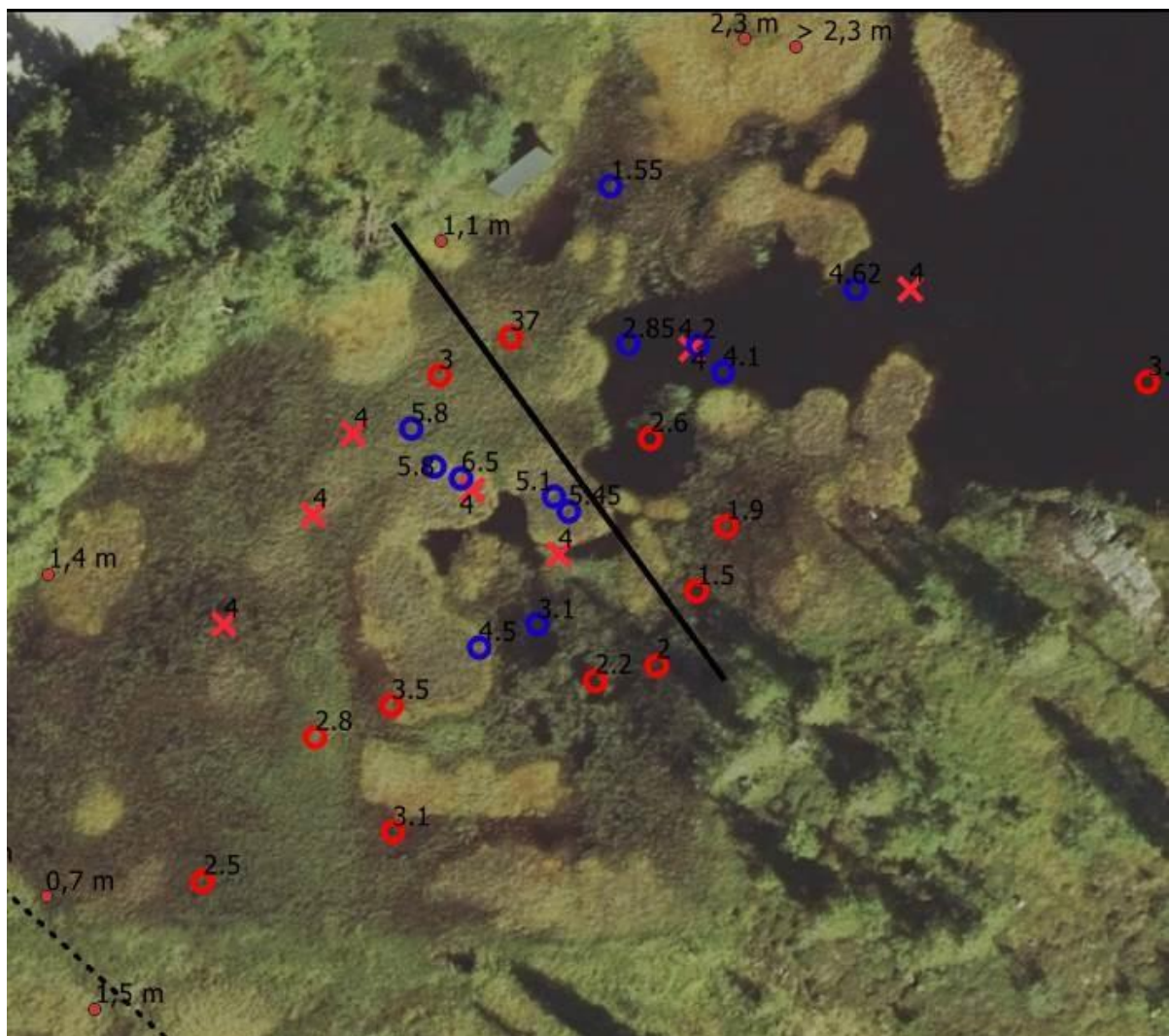


Figur 6. Myr kartlegging for området del 1 utført i 2020.

Skred AS har gjort supplerende målinger av myren på Høgevarde og regnet om til moh, se Figur 7 til Figur 9.



Figur 7. Supplerende dybdemålinger av myra utført av Skred AS i moh utført i 2020.



Figur 8. Supplerende dybdemålinger merket med blå sirksler av myra utført av Skred AS.



Figur 9. Supplerende dybdemålinger av myra utført av Skred AS, merket med blå sirkler i 2021.

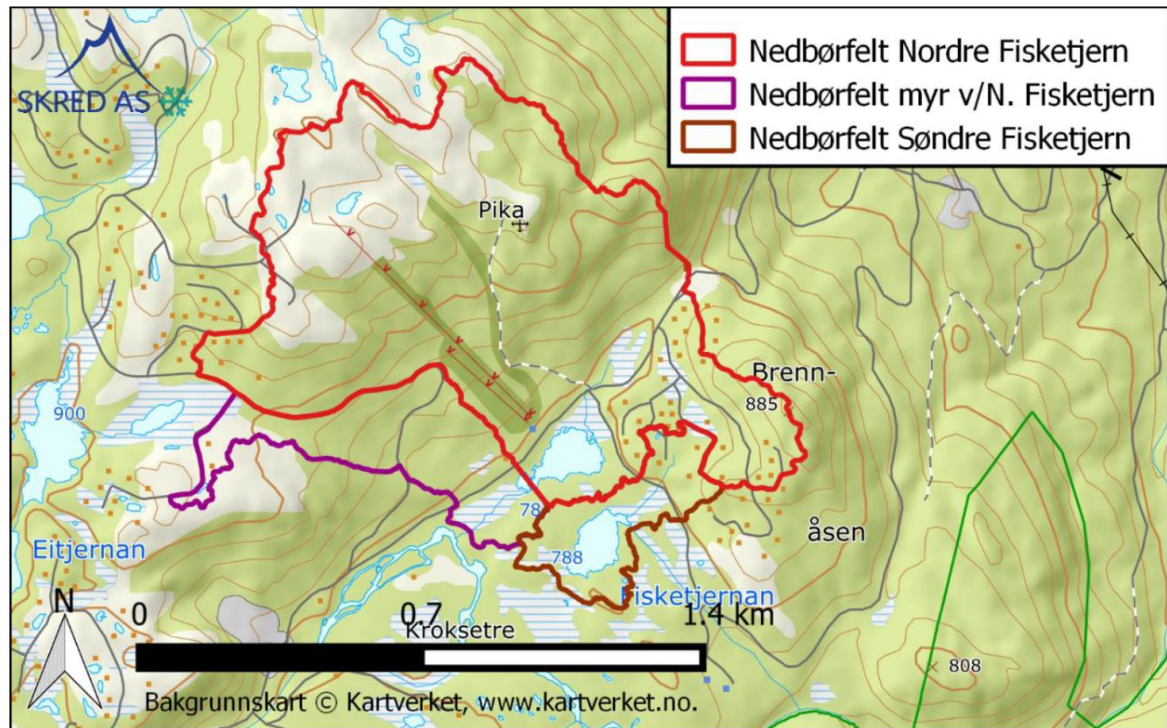
4.2 Nedbør

Den gjennomsnittlig årsnedbøren for området er på 891 mm. 5-50% av nedbør blir til grunnvann. På Høgevarde er det store myrområder som vil lagre mye vann, så det antas at lite av nedbøren går til nydannelsen av grunnvann. Det foreligger lite informasjon om massene under myren, og deres hydrauliske ledningsevne. Basert på en geologisk tolkning av området forespeiles det et morenelag under myrlaget før fjell. Grunnet dette antas det at under 5 % av nedbøren på Høgevarde blir til grunnvann. I grunnvannsmodellen simuleres det at tilført nedbør til området er på $1\text{E-}10 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$.

4.3 Nedbørfelt

I notatet til Skred AS «Høgevarde Fritidspark – Hydrologiske og tekniske premisser for planlagte tiltak» [3] har de sett på nedbørfeltet til tjernene i området, se Figur 10 og Tabell 2.

Middelavrenningen (Q_N) til Nordre Fisketjern er 26 l/s og alminnelig lavvannsføring (Q_{AI}) er på 1,4 l/s. Nedbørfeltet til Nordre Fisketjern er på 0,84 km².



Figur 10. Nedbørfeltet rundt nordre og søndre Fisketjern [3].

Tabell 2. Avrenning lokalfelt rundt Nordre Fisketjern [3].

Felt	Areal [ha]	Middelavrenning Q_N [l/s]	Alminnelig lavvannføring Q_{al} [l/s]
Lokalfelt Nordre Fisketjern (bekk 1)	87	26	1,4
Avskåret myr bak dam v/Nordre Fisketjern	16	5	0,3
Søndre Fisketjern	10	2,6	0,1
Lokalfelt bekk 2	97	28,6	1,5

4.4 SEEP/W - Modelloppbygging

SEEP/W er en programvare som benytter endelige elementmetoder for å simulere grunnvannsstrømninger. I dette prosjektet har det blitt satt opp ulike scenarioer for hydraulisk ledningsevne i massen i kjernen i demningen i et langsgående profil fra vest (Gulsvikelva) mot øst (Nordre Fisketjern). Det er tatt utgangspunkt i data fra området og en helhetlig hydrogeologisk samt geologi forståelse av området. Grunnvannsmodellen kjører i stabil tilstand (*steady state*).

Profiloppbygging og grensebetingelser

Profilene i grunnvannsmodellen er bygget opp med en total hydraulisk trykkehøydegrense i demningen mot Nordre Fisketjern (øst). I øst er normalvannstands nivået i Nordre Fisketjern på 787,8 moh benyttet for dagens situasjon. Det er ønskelig å heve vannstands nivået i Nordre Fisketjern ved hjelp av demningen. Total hydraulisk trykkehøydegrensen i Nordre Fisketjern (øst) etter etableringen av demningen er på 788,5 moh. Det kommer inn en bekk fra nord og inn i myra. Bekken har blitt modellert med en total hydraulisk trykkehøydegrense på 787,7 moh.

I vest er vannstands nivået under normalsituasjonen i Gulsvikelva på 786,8 moh. Vannet vil drenere ut i Gulsvikelva, og det er benyttet en dreneringsgrense (vannhastighetsgrense – *water rate*) i vest. Det er benyttet en *potensiell seepage face review* for vannhastighetsgrensen, så SEEP/W styrer hvor mye vann som blir drenert ut basert på matematiske utregninger. Vannhastighetsgrensen er simulert som et punkt på vannstands nivået i Gulsvikelva.

Grunnvannsmodellen blir kjørt for dagens situasjon, våte perioder og tørre perioder med ulike hydrauliske ledningsevner i kjernen i demningen. Dette for å finne egenskapene til demningen som skal etableres i området. I våte perioder vil det være tilførsel av vann fra nedbør og bekken fra nord. I tillegg vil det være god vanntilførsel til Nordre Fisketjern. Innlekkasjen i demningen vil bli sammenlignet opp mot middelvannføringen.

I tørre perioder vil det ikke være noe tilførsel av vann fra nedbør eller bekken i nord. Det antas også at vanntilførselen til Nordre Fisketjern vil være liten. Derfor blir lavvannsføringen til Nordre Fisketjern benyttet som sammenligningsgrunnlag i denne perioden.

Tilførselen av vann til Nordre Fisketjern må være større enn gjennomstrømningen igjennom demningen for å opprettholde ønsket grunnvannstand i Nordre Fisketjern.

Nedbøren i området er hentet fra Norsk klimaservicesenter [9]. Det blir benyttet en vannstrømningsgrense (*water flux*) for nedbøren. Det antas at under 5% av nedbøren blir til grunnvann da myren vil holde på store mengder vann. Vannstrømningsgrensen er satt til å være $1,0E-10 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$, og er lagt på terrenget i grunnvannsmodellen.

Geologi

Geologien i grunnvannsmodellen i SEEP/W er i hovedsak basert på felt data og tolkning av området. Den geologiske lagrekken er bygget på den kartlagte myren. Myrer vil sammenpresses av overliggende masser, og derfor er myra på Høgevarde delt inn i fire myrlag. Det øverste myrlaget er mindre komprimert og har lavere hydraulisk ledningsevne enn de underliggende lagene. Det antas at det er en meter tykt morenelag under myren. Dette er ikke verifisert i felt. I vest er det et sandlag trolig avsatt fra Gulsvikelva. Sandlaget er mest sannsynlig lagdelt og kan inneholde lommer med grovere eller finere materialer. I grunnvannsmodellen er laget simulert som et homogent lag da det ikke foreligger nok data for å vite hvor lagene og lommene befinner seg i sandlaget. Fjellet og bunnmorene er etablert basert på en vurdering av området.

Kalibrering

Det er gjort en manuell kalibrering av modellprofilene basert på hydrogeologisk kunnskap om området.

Simuleringer og fremtidsscenarioer

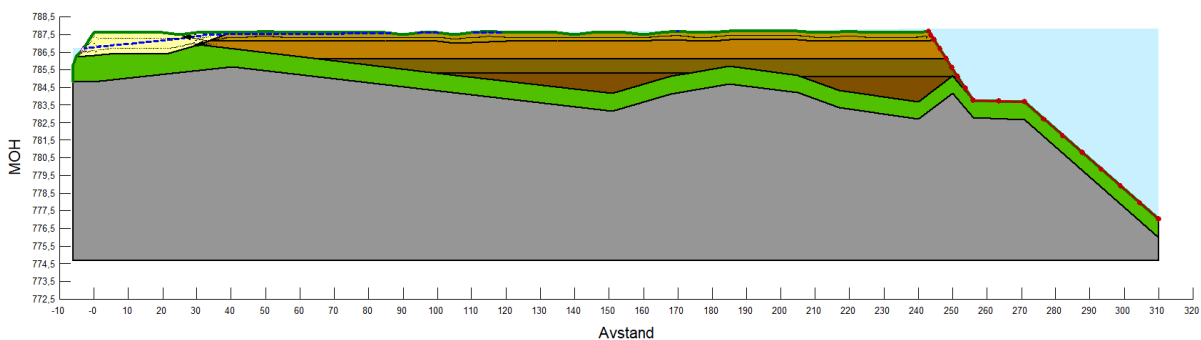
Grunnvannsmodellen i SEEP/W kjører en simulering for dagens situasjon. Det gjøres kalibreringer av simuleringene for dagens situasjon for å tilpasse modellen til de hydrogeologiske forholdene i området. Demningen legges inn og det kjøres ulike scenarioer ved å endre på de hydrauliske parameterne i massene i kjernen av demningen. Dette for å finne den beste hydrauliske ledningsevne på massene i demningen for å opprettholde ønsket grunnvannstand i Nordre Fisketjern. Grunnvannsmodellen kjører for våte og tørre perioder.

5. RESULTATER

5.1 SEEP/W

5.1.1 Dagens situasjon

Simuleringene i SEEP/W for dagens situasjon viser at grunnvannsspeilet i vest (Gulsvikelva) ligger i sandlaget, og stiger jevnt i overgangen mot myrområdet, se Figur 11. Grunnvannstanden ligger på det meste 0,9 meter under bakken ved Gulsvikelva. I myrområdet ligger grunnvannstanden på nivå med terrenget. Enkelte steder er det simulert at det ligger vann litt over myren. Det er normalt i en myr da den er veldig våt. I myrområdet holder grunnvannstanden seg på terrengnivå frem til Nordre Fisketjern i øst. Tabell 3 viser innputtverdiene i SEEP/W.



Figur 11. Blå stiptet linje viser simulert grunnvannstand fra Gulsvikelva (vest – venstre i profilet) til Nordre Fisketjern (øst – høyre i profilet) for dagens situasjon under normale forhold. Forholdet på figuren er 1:5.

Tabell 3. Innputtdata i SEEP/W for dagens situasjon.

Innputtdata	Verdi
Total hydraulisk trykkehøydegrense (øst - høyere)	787,8 moh
Total hydraulisk trykkehøyde (bekk fra nord)	787,7 moh
Nedbør	1,0E-10 m ³ /s/m ²
K-verdi sand/grus	3,75E-05 m/s
K-verdi myr lag 1	1,0E-03 m/s
K-verdi myr lag 2	1,0E-04 m/s
K-verdi myr lag 3	1,0E-05 m/s
K-verdi myr lag 4	1,0E-06 m/s
K-verdi bunnmorene	1,0E-07 m/s
K-verdi fjell	1,0E-08 m/s

Demning – scenario 1

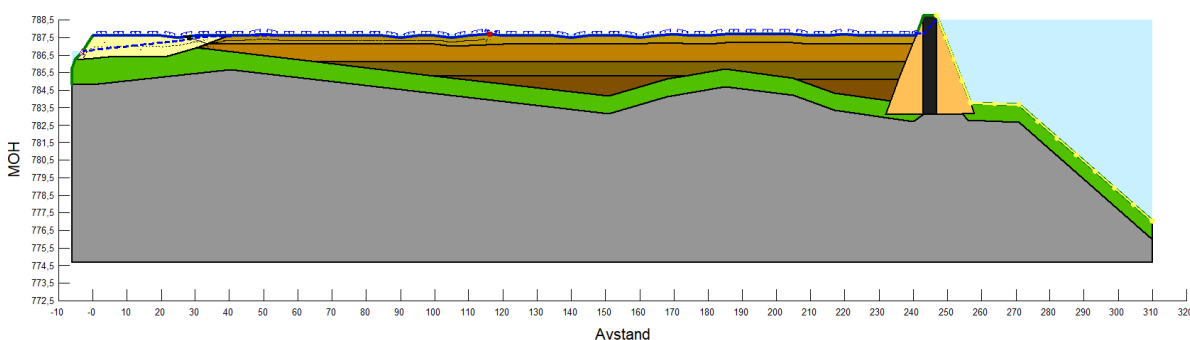
I scenario 1 har kjernen i demningen en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}08$ m/s og er 4 meter bred. Sidene av demningen har forholdet 1:1,5, og består av sand-/grusmateriale med en hydraulisk ledningsevne på $3,75\text{E-}05$ m/s. Tabell 4 viser innputtdataene i SEEP/W for scenario 1.

Tabell 4. Innputtdata i SEEP/W for scenario 1.

Innputtdata	Verdi
Total hydraulisk trykkehøydegrense (øst - høyere)	788,5 moh
Total hydraulisk trykkehøyde (bekk fra nord)	787,7 moh
Nedbør	$1,0\text{E-}10$ m ³ /s/m ²
K-verdi sand/grus	$3,75\text{E-}05$ m/s
K-verdi myr lag 1	$1,0\text{E-}03$ m/s
K-verdi myr lag 2	$1,0\text{E-}04$ m/s
K-verdi myr lag 3	$1,0\text{E-}05$ m/s
K-verdi myr lag 4	$1,0\text{E-}06$ m/s
K-verdi bunnmorene	$1,0\text{E-}07$ m/s
K-verdi fjell	$1,0\text{E-}08$ m/s
K-verdi i kjernen til demningen	$1,0\text{E-}08$ m/s
K-verdi sidene i demningen	$1\text{E-}02$ m/s

5.1.2 Scenario 1 - våt periode

Figur 12 viser simuleringene i SEEP/W etter etablering av demning med en kjerne som har en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}08$ m/s i en våt periode. Grunnvannstanden ligger under simulering på det dypeste 0,75 meter under terreng ved Gulsvikelva (venstre i profilet). Grunnvannstanden stiger sakte opp til terrengnivå i sand-/gruslaget fra Gulsvikelva (venstre i profilet) mot Nordre Fisketjern (høyere i profilet). Grunnvannstanden blir liggende på terrengnivå frem til Nordre Fisketjern fra myrområdet.

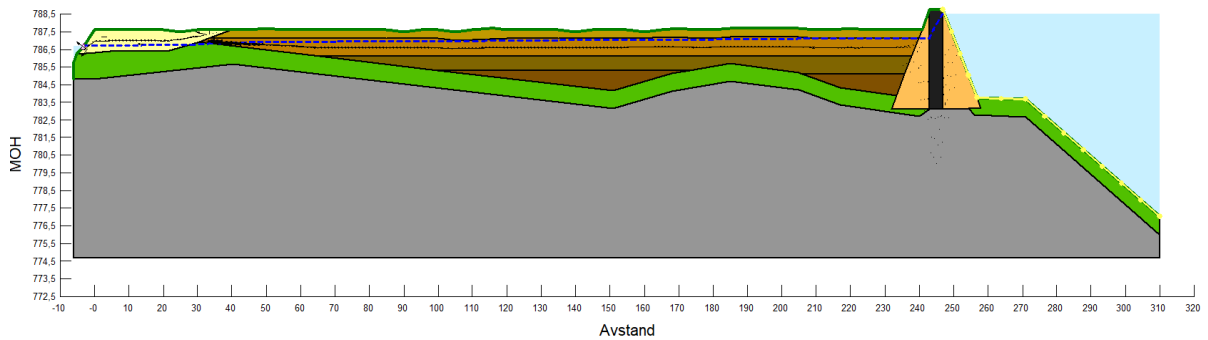


Figur 12. Blå stiptet linje viser simulert grunnvannstand i SEEP/W etter etablering av demning med hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}08$ m/s i en våt periode. Forholdet på figuren er 1:5.

Resultater fra SEEP/W viser at den totale vanngjennomstrømningen igjennom demningen i senario 1 i en våt periode er $1,6\text{E-}04$ l/s. Det er betydelig mindre enn middelvannføringen (Q_N) til Nordre Fisketjern på 26 l/s. Grunnvannstanden ligger på terrengnivå i myra, som betyr at myra får tilført tilstrekkelig med vann så den ikke blir tørr. I våte perioder vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}08$ m/s holde tilbake vannet på ønskelig nivå i Nordre Fisketjern, samt tilføre tilstrekkelig med vann for at myra ikke blir tørr.

5.1.3 Scenario 1 - tørr periode

Figur 13 viser simuleringene i SEEP/W etter etablering av demning med en kjerne som har en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}08$ m/s i en tørr periode. Grunnvannstanden ligger under simulering på det dypeste 0,8 meter under terreng ved Gulsvikelva (venstre i profilet). Grunnvannstanden blir liggende på dette nivået frem til demningen i Nordre Fisketjern.



Figur 13. Blå stiplet linje viser simulert grunnvannstand i SEEP/W etter etablering av demning med hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}08$ m/s i en tørr periode. Forholdet på figuren er 1:5.

Resultater fra SEEP/W viser at den totale vanngjennomstrømningen igjennom demningen i senario 1 i en tørr periode er $2,6\text{E-}10$ l/s. Det er betydelig mindre enn den alminnelig lavvannføring (Q_{AI}) til Nordre Fisketjern på 1,4 l/s. Grunnvannstanden ligger under terrengnivå, som betyr at myra vil være tørr i tørre perioder. I tørre perioder vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}08$ m/s holde tilbake vannet på ønskelig nivå i Nordre Fisketjern, men være for tett til at myren får tilført tilstrekkelig med vann.

5.2 Demning – scenario 2

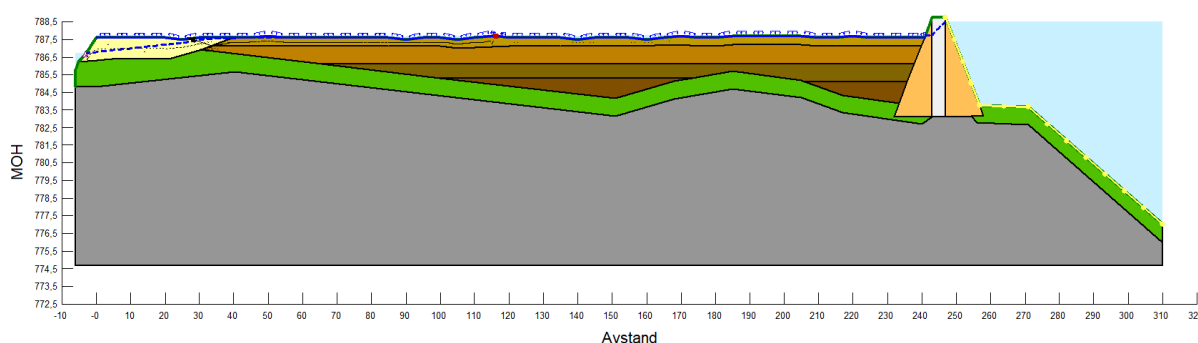
I scenario 2 har kjernen i demningen en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}07$ m/s og er 4 meter bred. Sidene av demningen har forholdet 1:1,5, og består av sand-/grusmateriale med en hydraulisk ledningsevne på $3,75\text{E-}05$ m/s. Tabell 5 viser innputtdataene i SEEP/W for scenario 2.

Tabell 5. Innputtdata i SEEP/W for scenario 2.

Innputtdata	Verdi
Total hydraulisk trykkehøydegrense (øst - høyere)	788,5 moh
Total hydraulisk trykkehøyde (bekk fra nord)	787,7 moh
Nedbør	$1,0\text{E-}10$ m ³ /s/m ²
K-verdi sand/grus	$3,75\text{E-}05$ m/s
K-verdi myr lag 1	$1,0\text{E-}03$ m/s
K-verdi myr lag 2	$1,0\text{E-}04$ m/s
K-verdi myr lag 3	$1,0\text{E-}05$ m/s
K-verdi myr lag 4	$1,0\text{E-}06$ m/s
K- verdi bunnmorene	$1,0\text{E-}07$ m/s
K-verdi fjell	$1,0\text{E-}08$ m/s
K-verdi i kjernen til demningen	$1,0\text{E-}07$ m/s
K-verdi sidene i demningen	$1\text{E-}02$ m/s

5.2.1 Scenario 2 - våt periode

Figur 14 viser simuleringene i SEEP/W etter etablering av demning med en kjerne som har en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}07$ m/s i en våt periode. Grunnvannstanden ligger under simulering på det dypeste 0,8 meter under terreng ved Gulsvikelva (venstre i profilet). Grunnvannstanden stiger sakte opp til terrengnivå i sand-/gruslaget fra Gulsvikelva (venstre i profilet) mot Nordre Fisketjern (høyere i profilet). Grunnvannstanden blir liggende på terrengnivå frem til Nordre Fisketjern i myra.

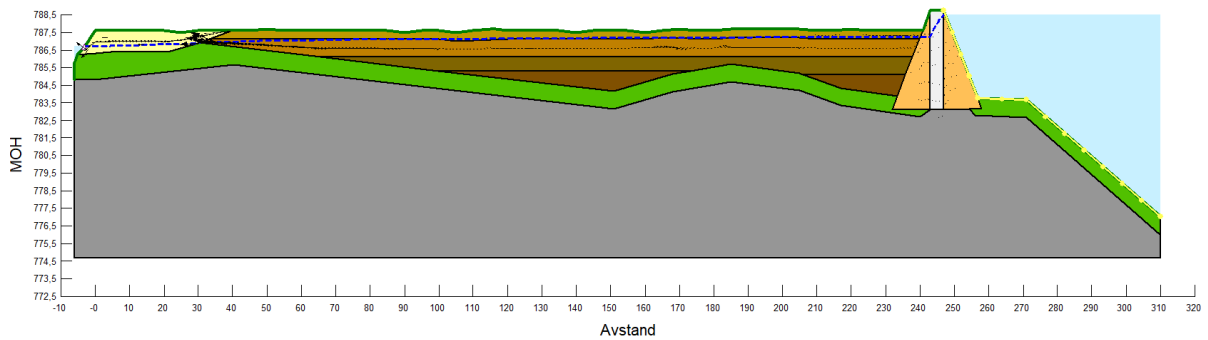


Figur 14. Blå stiptet linje viser simulert grunnvannstand i SEEP/W etter etablering av demning med hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}08$ m/s i en våt periode. Forholdet på figuren er 1:5.

Resultater fra SEEP/W viser at den totale vanngjennomstrømningen igjennom demningen i senario 2 i en våt periode er $1,6\text{E-}04$ l/s. Det er betydelig mindre enn middelvanntilføringen (Q_N) til Nordre Fisketjern på 26 l/s. Grunnvannstanden ligger på terrengnivå i myra, som betyr at myra får tilført tilstrekkelig med vann så den ikke blir tørr. I våte perioder vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}07$ m/s holde tilbake vannet på ønskelig nivå i Nordre Fisketjern, samt tilføre tilstrekkelig med vann for at myren ikke blir tørr.

5.2.2 Scenario 2 - tørr periode

Figur 15 viser simuleringene i SEEP/W etter etablering av demning med en kjerne som har en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}07$ m/s i en tørr periode. Grunnvannstanden ligger under simulering på det dypeste 0,9 meter under terreng ved Gulsvikelva (venstre i profilet). Grunnvannstanden blir liggende på dette nivået i myra frem til demningen i Nordre Fisketjern.



Figur 15. Blå stippet linje viser simulert grunnvannstand i SEEP/W etter etablering av demning med hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}07$ m/s i en tørr periode. Forholdet på figuren er 1:5.

Resultater fra SEEP/W viser at den totale vanngjennomstrømningen igjennom demningen i scenario 2 i en tørr periode er $2,4\text{E-}9$ l/s. Det er betydelig mindre enn den alminnelig lavvannføring (Q_{AI}) til Nordre Fisketjern på 1,4 l/s. Grunnvannstanden ligger under terrengnivå, som betyr at myra vil være tørr i tørre perioder. I tørre perioder vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}07$ m/s holde tilbake vannet på ønskelig nivå i Nordre Fisketjern, men være for tett til at myren får tilført tilstrekkelig med vann.

5.3 Demning – scenario 3

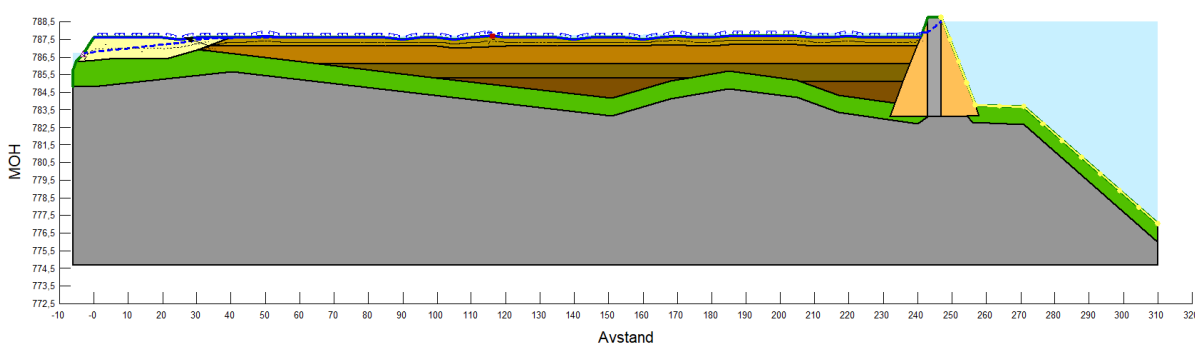
I scenario 3 har kjernen i demningen en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}06$ m/s og er 4 meter bred. Sidene av demningen har forholdet 1:1,5, og består av sand-/grusmateriale med en hydraulisk ledningsevne på $3,75\text{E-}05$ m/s. Tabell 6 viser innputtdataene i SEEP/W for scenario 3.

Tabell 6. Innputtdata i SEEP/W for scenario 3.

Innputtdata	Verdi
Total hydraulisk trykkehøydegrense (øst - høyere)	788,5 moh
Total hydraulisk trykkehøyde (bekk fra nord)	787,7 moh
Nedbør	$1,0\text{E-}10$ m ³ /s/m ²
K-verdi sand/grus	$3,75\text{E-}05$ m/s
K-verdi myr lag 1	$1,0\text{E-}03$ m/s
K-verdi myr lag 2	$1,0\text{E-}04$ m/s
K-verdi myr lag 3	$1,0\text{E-}05$ m/s
K-verdi myr lag 4	$1,0\text{E-}06$ m/s
K- verdi bunnmorene	$1,0\text{E-}07$ m/s
K-verdi fjell	$1,0\text{E-}08$ m/s
K-verdi i kjernen til demningen	$1,0\text{E-}06$ m/s
K-verdi sidene i demningen	$1\text{E-}02$ m/s

5.3.1 Scenario 3 - våt periode

Figur 16 viser simuleringene i SEEP/W etter etablering av demning med en kjerne som har en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}06$ m/s i en våt periode. Grunnvannstanden ligger under simulering på det dypeste 0,9 meter under terreng ved Gulsvikelva (venstre i profilet). Grunnvannstanden stiger sakte opp til terrengnivå i sand-/gruslaget fra Gulsvikelva (venstre i profilet) mot Nordre Fisketjern (høyere i profilet). Grunnvannstanden blir liggende på terrengnivå frem til Nordre Fisketjern.

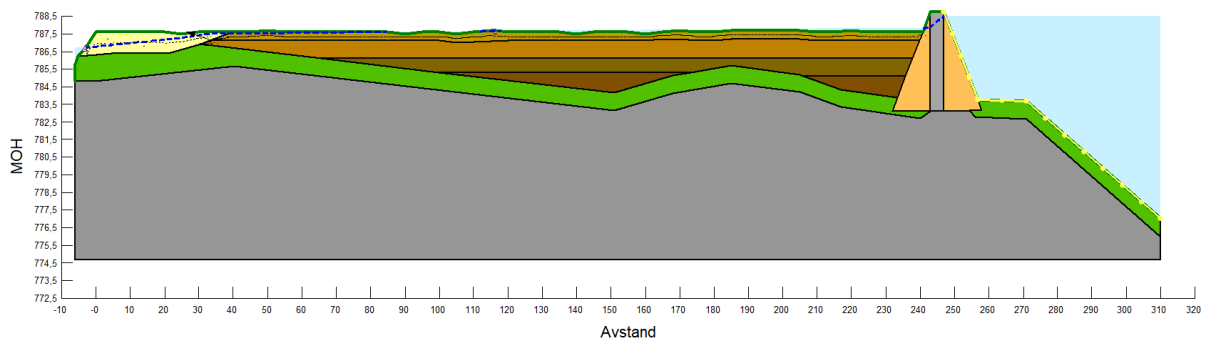


Figur 16. Blå stiptet linje viser simulert grunnvannstand i SEEP/W etter etablering av demning med hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}06$ m/s i en våt periode. Forholdet på figuren er 1:5.

Resultater fra SEEP/W viser at den totale vanngjennomstrømningen igjennom demningen i scenario 3 i en våt periode er $1,2\text{E-}02$ l/s. Det er betydelig mindre enn middelvannføringen (Q_N) til Nordre Fisketjern på 26 l/s. Grunnvannstanden ligger på terrengnivå i myra, som betyr at myra får tilført tilstrekkelig med vann så den ikke blir tørr. I våte perioder vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}06$ m/s holde tilbake vannet på ønskelig nivå i Nordre Fisketjern, samt tilføre tilstrekkelig med vann for at myren ikke blir tørr.

5.3.2 Scenario 3 - tørr periode

Figur 17 viser simuleringene i SEEP/W etter etablering av demning med en kjerne som har en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-06$ m/s i en tørr periode. Grunnvannstanden ligger under simulering på det dypeste 1,1 meter under terreng ved Gulsvikelva (venstre i profilet). Grunnvannstanden stiger sakte i myrlaget opp til terrengnivået hvor det blir liggende til demningen i Nordre Fisketjern.



Figur 17. Blå stiplet linje viser simulert grunnvannstand i SEEP/W etter etablering av demning med hydraulisk ledningsevne på $1,0E-06$ m/s i en tørr periode. Forholdet på figuren er 1:5.

Resultater fra SEEP/W viser at den totale vanngjennomstrømningen igjennom demningen i scenario 3 i en tørr periode er $1,3E-08$ l/s. Det er betydelig mindre enn den alminnelig lavvannføring (Q_{Al}) til Nordre Fisketjern på 1,4 l/s. Grunnvannstanden blir liggende på terrengnivå i store deler av myra. I tørre perioder vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-06$ m/s holde tilbake vannet på ønskelig nivå i Nordre Fisketjern, samt være permeabel nok til å tilføre myren tilstrekkelig med vann så den ikke blir tørr.

5.4 Demning – scenario 4

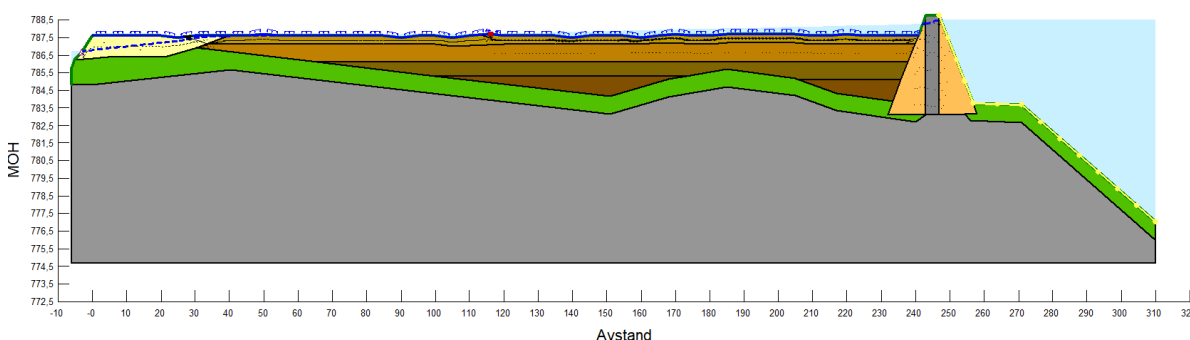
I scenario 4 har kjernen i demningen en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}05$ m/s og er 4 meter bred. Sidene av demningen har forholdet 1:1,5, og består av sand-/grusmateriale med en hydraulisk ledningsevne på $3,75\text{E-}05$ m/s. Tabell 7 viser innputtdataene i SEEP/W for scenario 4.

Tabell 7. Innputtdata i SEEP/W for scenario 4.

Innputtdata	Verdi
Total hydraulisk trykkehøydegrense (øst - høyere)	788,5 moh
Total hydraulisk trykkehøyde (bekk fra nord)	787,7 moh
Nedbør	$1,0\text{E-}10$ m ³ /s/m ²
K-verdi sand/grus	$3,75\text{E-}05$ m/s
K-verdi myr lag 1	$1,0\text{E-}03$ m/s
K-verdi myr lag 2	$1,0\text{E-}04$ m/s
K-verdi myr lag 3	$1,0\text{E-}05$ m/s
K-verdi myr lag 4	$1,0\text{E-}06$ m/s
K-verdi bunnmorene	$1,0\text{E-}07$ m/s
K-verdi fjell	$1,0\text{E-}08$ m/s
K-verdi i kjernen til demningen	$1,0\text{E-}05$ m/s
K-verdi sidene i demningen	$1,0\text{E-}02$ m/s

5.4.1 Scenario 4 - våt periode

Figur 18 viser simuleringene i SEEP/W etter etablering av demning med en kjerne som har en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}05$ m/s i en våt periode. Grunnvannstanden ligger under simulering på det dypeste 0,9 meter under terreng ved Gulsvikelva (venstre i profilet). Grunnvannstanden stiger sakte opp til terrengnivå i sand-/gruslaget fra Gulsvikelva (venstre i profilet) mot Nordre Fisketjern (høyere i profilet). Fra 160 meter mot Nordre Fisketjern vil vannstands nivået ligge høyere enn terrenget på grunn av for permeabel demning.

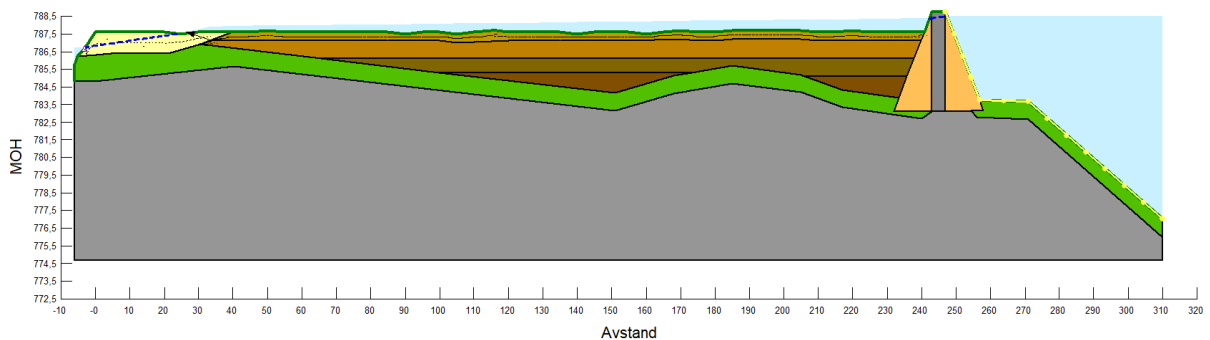


Figur 18. Blå stiplet linje viser simulert grunnvannstand i SEEP/W etter etablering av demning med hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}05$ m/s i en våt periode. Forholdet på figuren er 1:5.

Resultater fra SEEP/W viser at den totale vanngjennomstrømningen igjennom demningen i senario 4 i en våt periode er $3,9\text{E-}02$ l/s. Det er betydelig mindre enn middelvanntføringen (Q_N) til Nordre Fisketjern på 26 l/s. Grunnvannstanden ligger på terrengnivå i myra, som betyr at myra får tilført tilstrekkelig med vann så den ikke blir tørr. I våte perioder vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}05$ m/s holde tilbake vannet på ønskelig nivå i Nordre Fisketjern, samt tilføre tilstrekkelig med vann for at myren ikke blir tørr. Tilførselen av vann til myra er høyere enn simulert under normalsituasjonen for dagens situasjon.

5.4.2 Scenario 4 - tørr periode

Figur 19 viser simuleringene i SEEP/W etter etablering av demning med en kjerne som har en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-05$ m/s i en tørr periode. Grunnvannstanden ligger under simulering på det dypeste 0,8 meter under terreng ved Gulsvikelva (venstre i profilet). Grunnvannstanden stiger sakte i sand-/grusmateriale, og blir liggende over terrengnivå frem til demningen i Nordre Fisketjern.



Figur 19. Blå stiplet linje viser simulert grunnvannstand i SEEP/W etter etablering av demning med hydraulisk ledningsevne på $1,0E-06$ m/s i en tørr periode. Forholdet på figuren er 1:5.

Resultater fra SEEP/W viser at den totale vanngjennomstrømningen igjennom demningen i senario 3 i en tørr periode er $1,9E-08$ l/s. Det er betydelig mindre enn den alminnelig lavvannføring (Q_{Al}) til Nordre Fisketjern på 1,4 l/s. Grunnvannstanden blir liggende på terrengnivå i deler av sand-/gruslaget og myra. I tørre perioder vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-05$ m/s holde tilbake vannet på ønskelig nivå i Nordre Fisketjern, samt være permeabel nok til å tilføre myren tilstrekkelig med vann så den ikke blir tørr. Tilførselen av vann til myra er høyere enn simulert under normalsituasjonen for dagens situasjon.

6. VURDERINGER

6.1 Scenario 1

I scenario 1 har demningen en kjerne med en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-08$ m/s.

Demningen vil fungere i våte perioder, men i tørre perioder vil myra kunne bli for tør da den ikke får tilført tilstrekkelig med vann. Senket grunnvannstand i en myr kan føre til at myrmassene for tilgang til oksygen, og nedbrytningen av organisk materiale kan begynne. Dette kan føre til at myren blir påvirket negativt. Det er vurdert at en kjerne med hydraulisk ledningsevne på $1,0E-08$ m/s er for tett for demningen i Nordre Fisketjern.

6.2 Scenario 2

I scenario 2 har demningen en kjerne med en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-07$ m/s.

Demningen vil fungere i våte perioder, men i tørre perioder vil myra kunne bli for tør da den ikke får tilført tilstrekkelig med vann. Senket grunnvannstand i en myr kan føre til at myrmassene for tilgang til oksygen, og nedbrytningen av organisk materiale kan begynne. Dette kan føre til at myren ikke påvirket negativt. Det er vurdert at en kjerne med hydraulisk ledningsevne på $1,0E-07$ m/s er ikke egnet for demningen i Nordre Fisketjern.

6.3 Scenario 3

I scenario 2 har demningen en kjerne med en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-06$ m/s.

Demningen vil fungere i våte perioder og tørre perioder vil myra kunne også kunne opprettholde en ønsket grunnvannstand i Nordre Fisketjern. Det er vurdert at grunnvannstanden vil være tilstrekkelig under våte så vel som tørre perioder og myren vil bli lite påvirket. Det er vurdert at en kjerne med hydraulisk ledningsevne på $1,0E-06$ m/s er egnet for å opprettholde grunnvannsnivået i myra under tørre og våte perioder.

6.4 Scenario 4

I scenario 2 har demningen en kjerne med en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-05$ m/s.

Demningen vil fungere i våte perioder og tørre perioder med å opprettholde ønsket grunnvannstand i Nordre Fisketjern samt tilføre myra tilstrekkelig med vann så den ikke blir tørr. Simulert grunnvannstand vil ligge over terreng, som vil føre til at det blir vått i området i våte perioder. Det er vurdert at en kjerne med hydraulisk ledningsevne på $1,0E-05$ m/s er uegnet, siden myra vil være for våt i forhold til dagens situasjon.

6.5 Oppsummering

Tabell 8 viser fordeler og ulemper ved de ulike scenarioene. Det foreligger en del usikkerheter ved simuleringene. Den eksakte hydrauliske ledningsevnen til massene i området er ukjent da det ikke er gjort forsøk på myra. Den hydrauliske ledningsevnen til myra er basert på data fra litteraturen. Tykkelsen og samt plasseringen av morenelaget og dybden til myr er det også stor usikkerhet tilknyttet. Basert på simuleringer i SEEP/W vil en kjerne i demningen med en hydraulisk ledningsevne på $1,0E-06$ m/s være best egnet for området. Ettersom dette kun er simuleringer og mange flere andre faktorer spiller inn i naturen vil det kunne se annerledes ut i virkeligheten enn simulert. Simuleringene er en forenkling av faktiske forhold, men gir oss en god pekepinn hvilke faktorer som spiller inn.

Den annen mulighet er å overvåke vannstanden i myra og lage demningen tettere. Dersom dette velges må det etableres et system der en fysiske pumper inn vann i myra under tørre perioder for å opprettholde vannnivået i myra. Rambøll anbefaler ikke en slik løsning, da dette krever mer drift

og vedlikehold, enn en passiv løsning. Et annet tiltak som en kan se på er å lede en av bekkene som renner inn i myra til nord

Å lede vannet fra bekken som kommer ned fjellsiden fra nord inn i nordøstre delen av myra. Da ville en kunne sikre at vanntilførselen av myra fra høyeste nivå. Dette ville være gunstig med hensyn på å opprettholde vannivået i myra. Dette tiltaket kan være noe en kan vurdere å implementere seinere ved behov (70-80 meter lengre nordøst).

Tabell 8. Viser fordeler og ulemper ved de ulike scenarioene.

Scenario	Fordeler	Ulemper
Scenario 1 og 2	- Opprettholder ønsket grunnvannstand i Nordre Fisketjern.	- Myra blir tørr i tørre perioder.
Scenario 3	-Opprettholder ønsket grunnvannstand i Nordre Fiksetjern og tilfører myra tilstrekkelig med vann for at den ikke blir tørr i tørre perioder.	
Scenario 4	-Opprettholder ønsket grunnvannstand i Nordre Fiksetjern og tilfører myra tilstrekkelig med vann for at den ikke blir tørr i tørre perioder.	-Grunnvannstanden er høyere enn simulert under dagens situasjon og området vil trolig være vått i våte og tørre perioder på grunn av stor tilførsel av vann igjennom demningen.

I tillegg anbefaler vi at en måler vannivået i myra før under og etter tiltak. Dette vil være en fordel, da en med større sikkerhet kan si noe om hvordan forholdene har endret seg eller ikke. I tillegg bør dette støttes med vegetasjons kartlegge myra før, under og etter gjennomføring av tiltak.

Dersom en ønsker mer presise beregninger, må en:

- Teste de hydrauliske egenskapene til myra i ulike nivå og punkter.
- Laser skanne myra, terreng overflate
- Flere simuleringer med faktiske målte hydrauliske ledningsevne.

7. KONKLUSJON

Basert på simuleringene i SEEP/W må kjernen i demningen i Nordre Fisketjern ha en hydraulisk ledningsevne på $1,0\text{E-}06$ m/s for å opprettholde grunnvannstanden i myra i tørre perioder. Simuleringer i SEEP/W viser at en høyere hydraulisk ledningsevne på massene i kjernen vil føre til at myren blir for våt, og en for lav vil føre til at myren blir for tørr. Simuleringene viser at en hydraulisk ledningsevne på mindre enn $1,0\text{E-}06$ m/s i kjernen i demningen vil gjøre at myra blir tørr i tørre perioder. Det vil i våte perioder og under flom være høy vannstand i Nordre Fisketjern. Det bør etableres en overløp for å sikre at overvann kan få fritt lede ved høy vannstand. Dette for å sikre at demningen ikke blir erodert.

8. REFERANSER

- [1] Rambøll, 2021. *Høgevarde – vurdering av hydrogeologiske paramtere med hensyn på etablering av demning*. Dok nr: K-NOT-001.
- [2] Rambøll, 2021. *Høgevarde – Konsesjonssøknad*.
- [3] Skred AS, 2021. *Høgevarde Fritidspark – Hydrogeologisk og tekniske premisser for planlagte tiltak*. Dok nr: 20382-03-01
- [4] Skred AS, 2021. *Flomfarevurdering*. Dok nr. 20382-01-2
- [5] NGU, 2021. *Løsmassekart*. Hentet fra: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- [6] Kartverket, 2021. *Norgeskart*. Hentet fra: <https://www.norgeskart.no>
- [7] Norges lover, 2000. *Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven)*. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82>
- [8] Norges lover, 2020. *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damforskriften)*. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1600>
- [9] Norsk Klimaservicesenter, 2021. *Se klima*. Hentet fra: <https://seklima.met.no/>
- [10] Kartverket, 2021. *Høydedata*. Hentet fra: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>