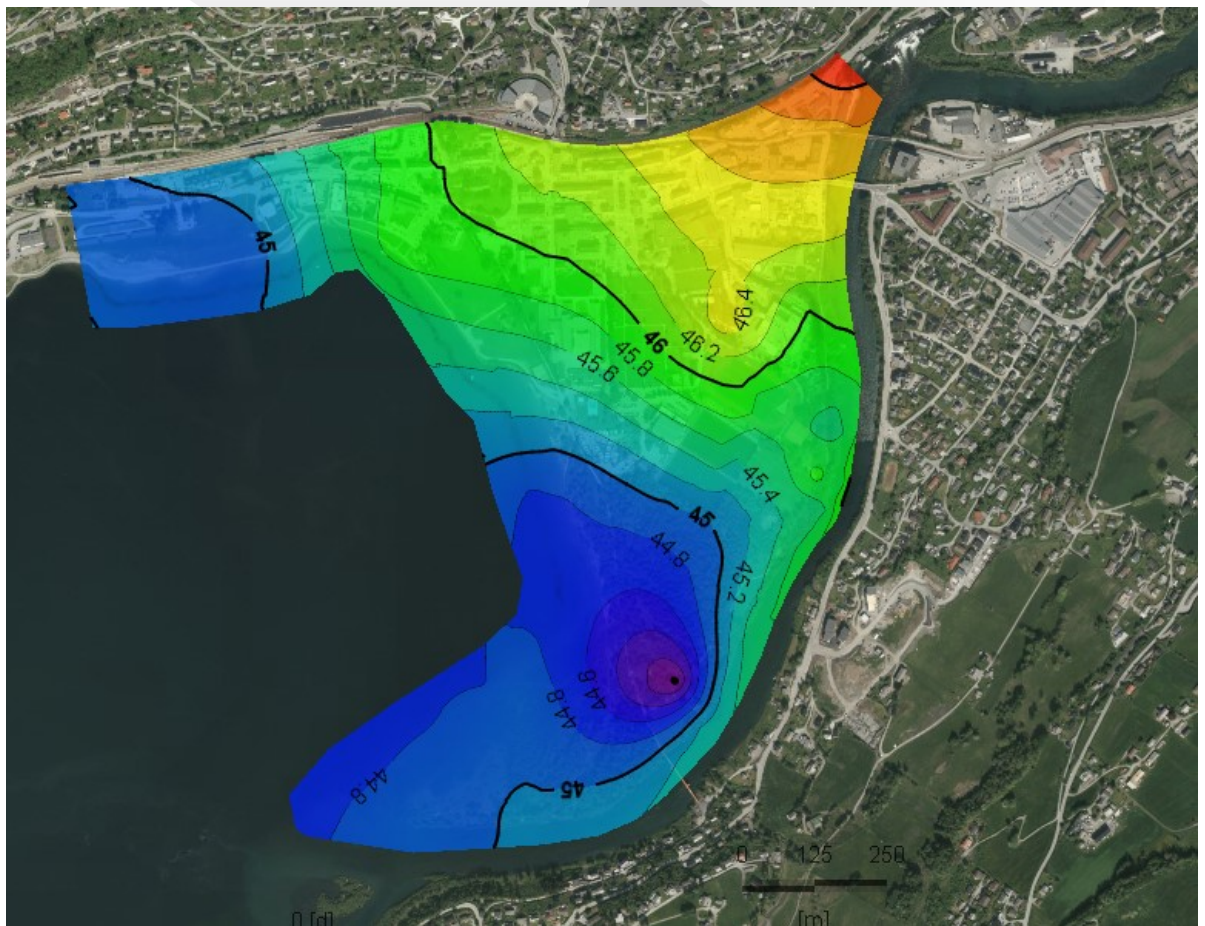


HYDROGEOLOGISK MODELL FOR VOSSEVANGEN VASSVERK

UNDERSØKING AV INFLUENSSONE TIL BRØNNANE PÅ
PRESTEGARDSMOEN, VOSS KOMMUNE



Dokumentinformasjon

ADRESSE COWI AS
Magasinvegen 35
5705 Voss
TLF +47 02694
WWW cowi.no

Tittel:	HYDROGEOLOGISK MODELL FOR VOSSEVANGEN VASSVERK		
COWI-kontor:	Magasinvegen 35, 5705 Voss		
Oppdrag nr:	A123454	Rapportnummer	1
Utgivelsesdato:	02.08.19	Antall sider:	27
Tilgjengelighet:	Åpen	Antall vedlegg:	0
Utarbeidet:	CRBR	Sign.	<i>Christian Z. Bryn</i>
Kontrollert:	ODS	Sign.	<i>Oddmund Soldal</i>
Godkjent:	ODS	Sign.	<i>Oddmund Soldal</i>
Oppdragsgiver:	Voss Kommune	Oppdragsgivers kontaktperson:	Jakob Håheim
Kontaktinformasjon saksbehandler:	Jakob Håheim, jakob.haheim@voss.kommune.no		
Stikkord:	Vassverk, grunnvatn, hydrogeologi, grunnvassmodellering		

INNHALD

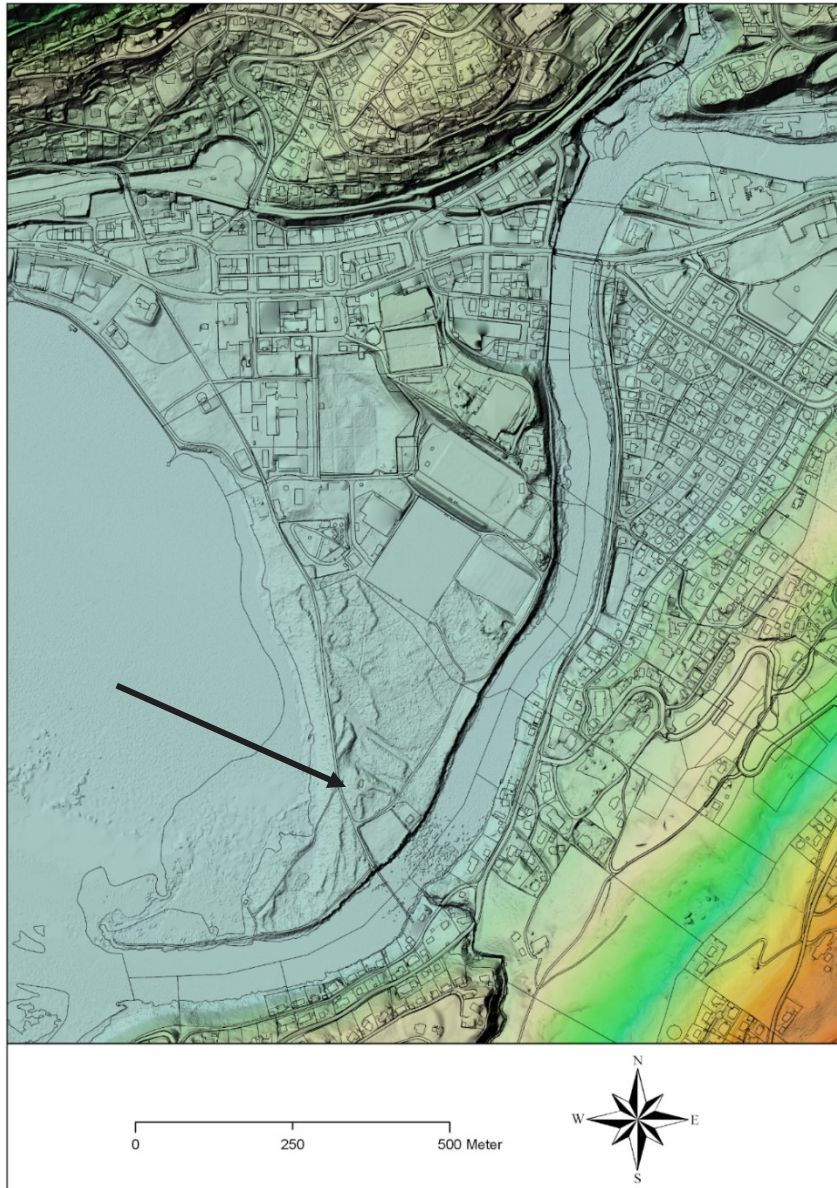
1	Innleiing	4
1.1	Område	4
2	Underlag	5
2.1	Kvartærgeologi	6
2.2	Georadar	7
2.3	Grunnboringar	8
2.4	Grunnvassbrønner og logging av vasstand	9
2.5	Hydraulisk konduktivitet	11
3	Grunnvassmodellering	11
3.1	Modelloppbygging	12
3.2	3D	12
3.3	Modelleringsresultat	18
3.4	Resultat	19
4	Klausulering	25
5	Oppsummering	27
6	Referansar	27

1 Innleiing

I samband med ny sentrumsplan på Voss er COWI engasjert til å gjere nye vurderingar av sikringssonane rundt vassverket på Prestegardsmoen. Vurderingane er basert hydrogeologiske simuleringar av grunnvassforholda ved vassverket. Vassverket forsyner om lag 7000 menneske med vatn. ICG laga i 2001 ein tilsvarande grunnvassmodell som var grunnlaget for dagens vern av vasskjelda. Etter 2001 har det vore gjort mange ulike undersøkingar i området og det vart derfor beslutta å oppdatera modellen frå 2001.

1.1 Område

Modelleringsområde er Prestegardsmoen og Voss sentrum, som ligg på ein stor lausmasseavsetning. Lausmasseavsetninga utgjer ein stor akvifer, ein akvifer er faguttrykket for ein geologisk formasjon som det er mogeleg å ta ut store mengder grunnvatn frå. Akviferen på Prestegardsmoen er nytta som hovedvassforsyninga til Voss Kommune. Kartet under syner Voss sentrum.



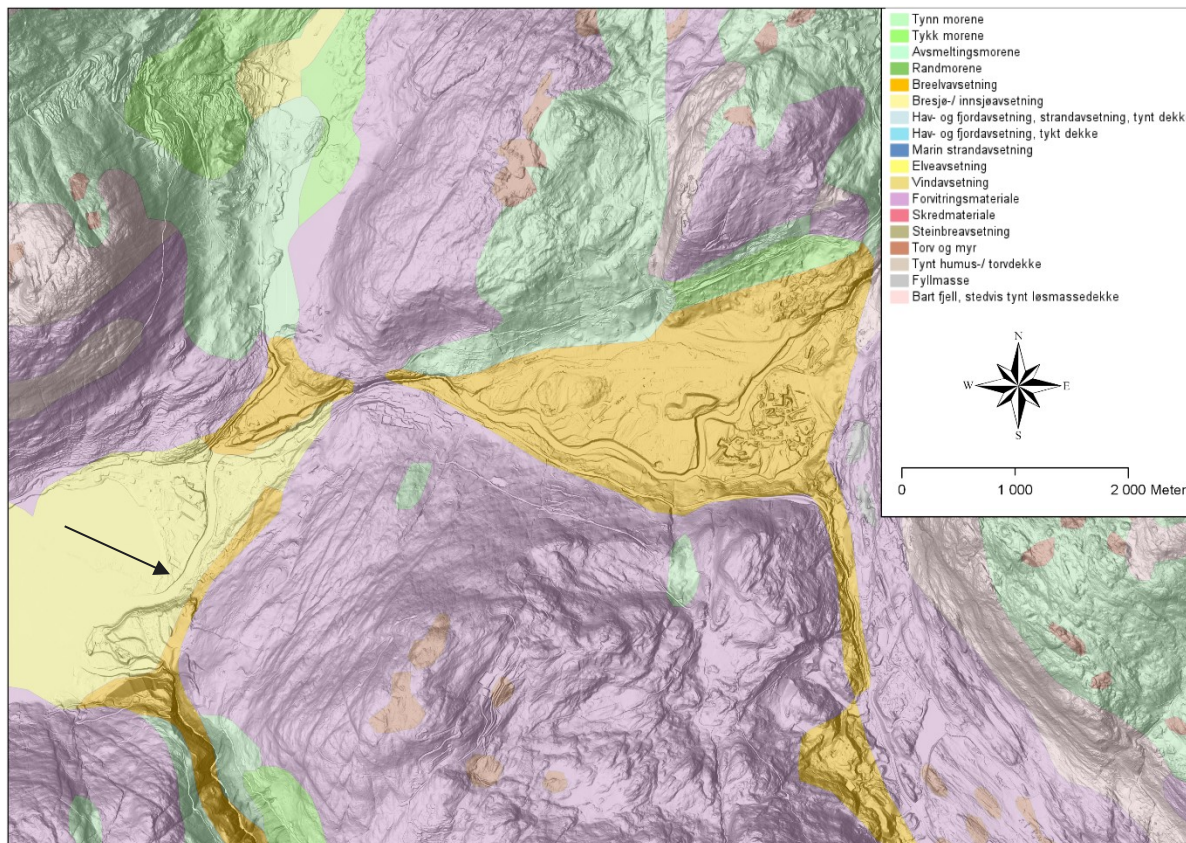
Figur 1: Kartet viser Voss sentrum, med skyggerelief som bakgrunn. Brønnområdet på Prestegardsmoen er vist med pil.

2 Underlag

Voss sentrum ligg på lausmasseavsetningar skapt då isen trakk seg tilbake etter siste istid. Lausmassane består av elve-, -breeelv -og moreneavsetningar, hovudsakleg sand og grus over meir finkorna massar. Modellområdet for grunnvassmodellen er knytta til Voss sentrum og lausmasseavsetningane. NGU (2000a og b) har tidlegare utført kartlegging av lausmassane i og rundt Voss sentrum. Hallingdal bergboring, Norconsult, COWI og SWECO har også utført ulike undersøkingar i og rundt Voss, i samband med grunnvatn og grunnvarme.

2.1 Kwartærgeologi

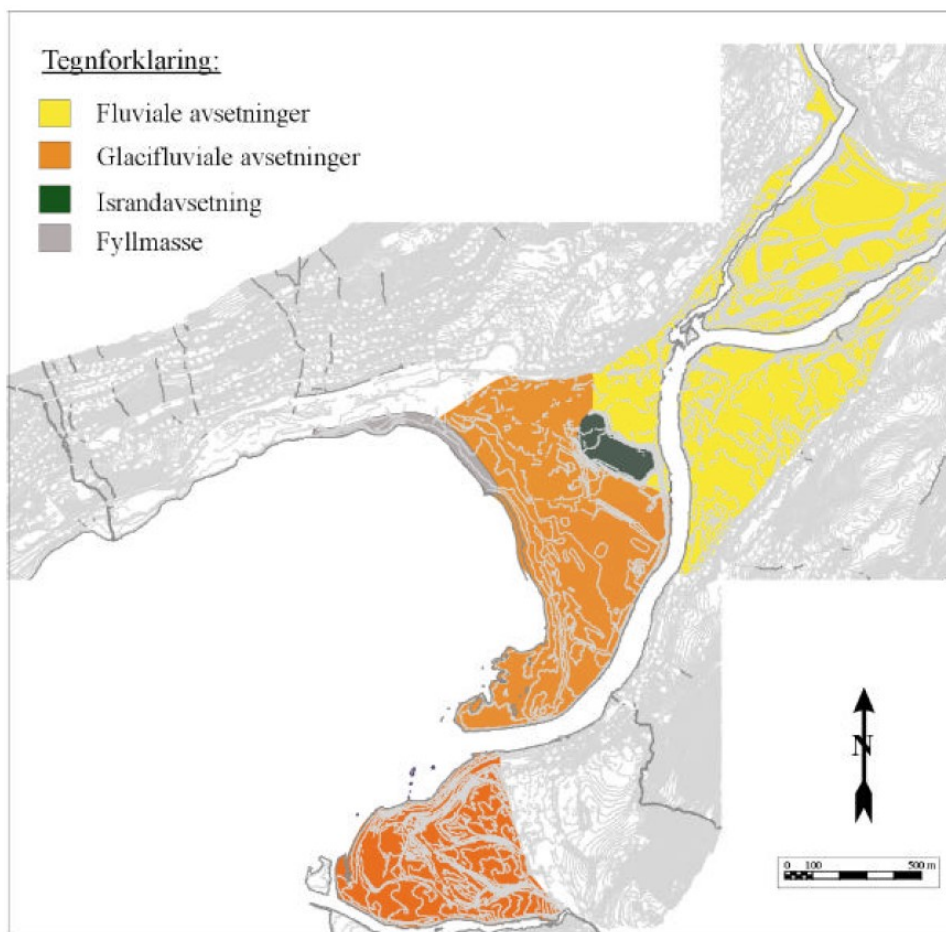
Figur 2 syner lausmassekart for Bømøen og Voss sentrum som kartlagt av NGU, som del av landsdekkande kartlegging av lausmassar i skala 1:50 000.



Figur 2: Lausmassekart som gitt av NGU, henta frå <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>. Pil viser plasseringa av vassverket.

Lausmassekartet i Figur 3 er ei grov samanstillig av resultatane frå undersøkinga NGU (2000a) utførte i 2000 knytt til kartlegging av potensiale for grunnvarmeuttak i lausmassane på Voss. I rapporten vert moreneryggen/israndavsetninga ved Gymnashaugen karakterisert som viktig for avsetningshistorikken. Avsetninga har truleg strekt seg over heile dalen, og avsatt under siste fase av nedsmeltinga av den Skandinaviske innlandsisen for 9 000-10 000 år sidan. Israndavsetninga vart truleg avsatt av ein dalbre som strakk seg vidare oppover mot Raundalen i aust. Ved nedsmeltinga har israndavsetninga delvis blitt erodert av smeltevattenslver. Store mengder sediment vart slept ut med smeltevattnet og har avsatt store mengder grove massar på sør-vest sida av randen. Ved tilbaketrekninga mot aust vart det danna eit basseng mellom brefronten og israndavsetninga. Her vart store mengder finkorna sediment avsett, før overløpet av bresjøen erodert seg gjennom isranden og eksponerte dei finkorna sedimenta for elveerosjon.

Grunna avsetningshistorikken er det i dag grovare elvedesiment over finkorna bresjøsediment.



Figur 3: Lausmassekart laga av NGU (2000b) i forbindelse med undersøkingar i år 2000, knytt til grunnvarme.

I samband med kartlegging av grunnvarmepotensiale vart det også utført georadarundersøkingar og ein del grunnboringar, NGU, 2000 a og b) . Kartlegginga syner relativ stor mektigheit (15-25 m) av sand/grus vest for israndavsetninga ned mot sørlige enden av Prestegardsmoen og i lausmasseavsetningane nord for Bordalselva. Aust for israndavsetninga og i Tvildemoen er det liten mektigheit og tettare massar. Vestdelen av lausmassane i nordlege enden av Vangsvatnet har og relativt liten mektigheit grove massar. Det er sand og grus som utgjer akviferen, den nyttbare delen av lausmassene med tanke på grunnvassuttak.

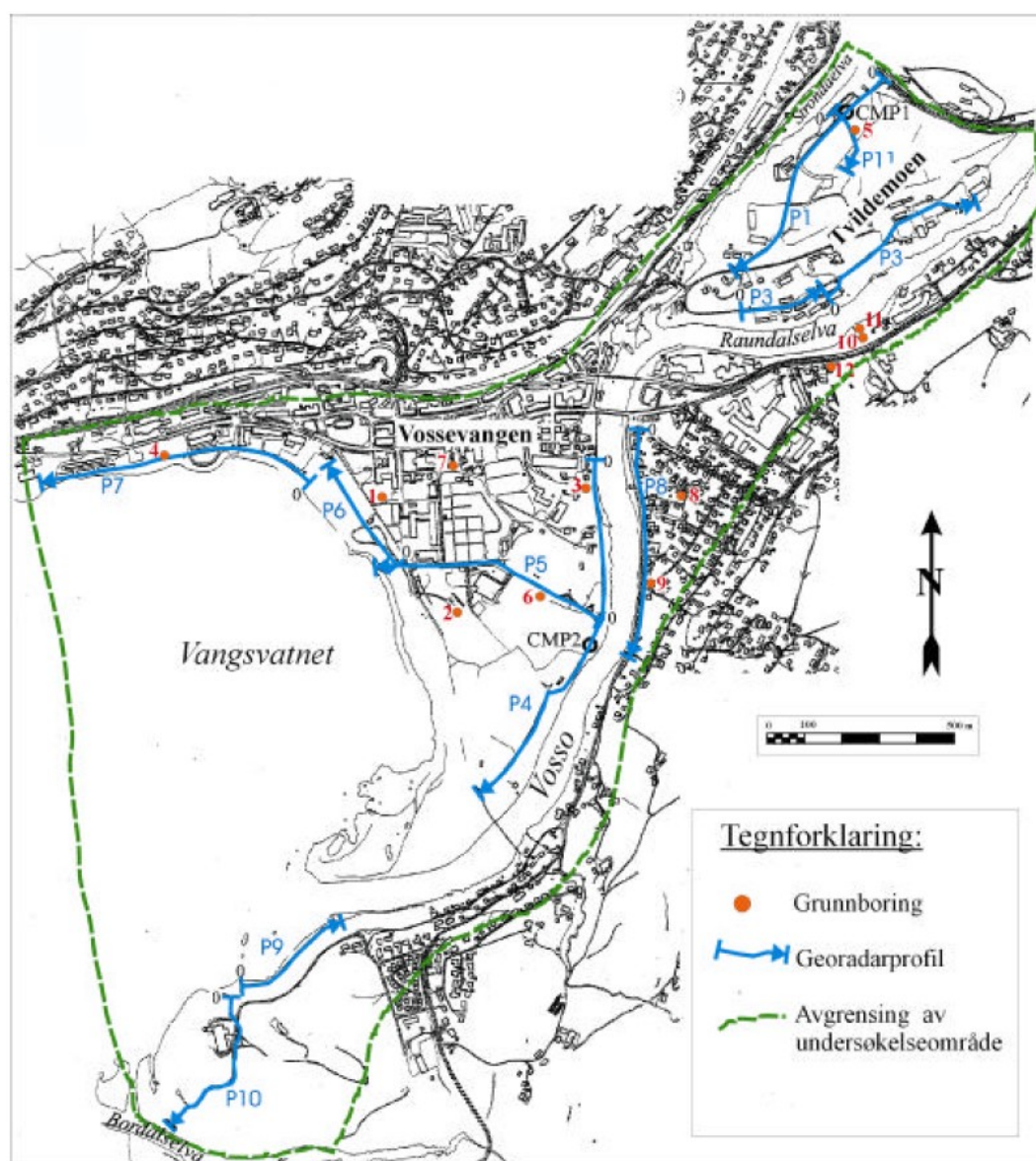
2.2 Georadar

Georadarundersøkingane syner i dei fleste profil tydelege horisontale strukturar i toppen, skrålag i midten ned til signalet forsvinn eller der det treff meir horisontale lag eller berggrunn. Signalet vert absorbert der lausmassane vert for finkorna eller grunnvatnet har høg elektrisk leiingsevne. Overgangen mellom tydelege signal og ikkje signal tyder ofte på grensa mellom grove og fine massar. Georadarprofila gjer nyttig informasjon om grunnforhalda ved Prestegardsmoen og Voss sentrum.

Profil P4 syner indikasjonar på avtagande mektigheit av grove lag frå Prestegardsmoen mot nordaust. Det er også tilsynelatande mindre mektigheit

grove massar langs Gymnashaugen, synt i P5. P6 syner meir horisontale strukturar mot nord frå Voss Camping. P7 går frå Voss minigolf til Aviså Hordaland sitt bygg. Profilet syner for det meste horisontale strukturar og liten mektigheit av grove massar. For ytterligere tolkningar sjå rapport for georadarundersøkingar [3].

Figur 4 syner georadarprofila gått og brønnane oppretta i samband med NGU (2000a) si undersøking.



Figur 4: Georadarprofil og grunnboring utført av NGU (2000a)

2.3 Grunnboringer

Det er utført ein del grunnboringer i området. Disse er bora i samband med forskjellige prosjekt. Kartet under syner ei oversikt over dei brønnane det er greid å finna informasjon om. Det kan vere andre brunnar som ikkje er fanga opp i løpet av prosjektet.



Figur 5: Figuren syner innsamla data med informasjon om lausmassar og/eller grunnvasstand.

2.4 Grunnvassbrønner og logging av vasstand

Det vart 08.04. -og 05.4.2019 logga vasstand i ei rekke tilgjengelege observasjonsbrønner, inkludert fleire punkt langs Vosso og Vangsvatnet. Vasstand i elv og vatn vil ha innverknad på resultatata for grunnvassmodellen og det er difor viktig å logge desse på nogenlunde same tid. Det er 5 Grunnvassbrønner henta frå GRANADA (www.ngu.no) som er brukt i modelleringa. Desse er bora på ulike tider av året. Det er også ei unøyaktig innmåling av brønnehøgde. Ein veit difor ikkje kor nøyaktig grunnvasstanden er. Desse brønnane vert derfor brukt som indikasjonar på grunnvasstand og suplering til kalibreringa, men er vegtlagt lite i forhold til resten av observasjonspunkta. Figur 6 syner punkt der det er målt inn vasstand og grunnvasstand.



Figur 6: Kartet syner punkt kvar det vart tatt målingar av grunnvassnivå i starten av april 2019. Brønnane kalla «PB ukjent#» er brønner med info om grunnvasstand henta frå GRANADA.

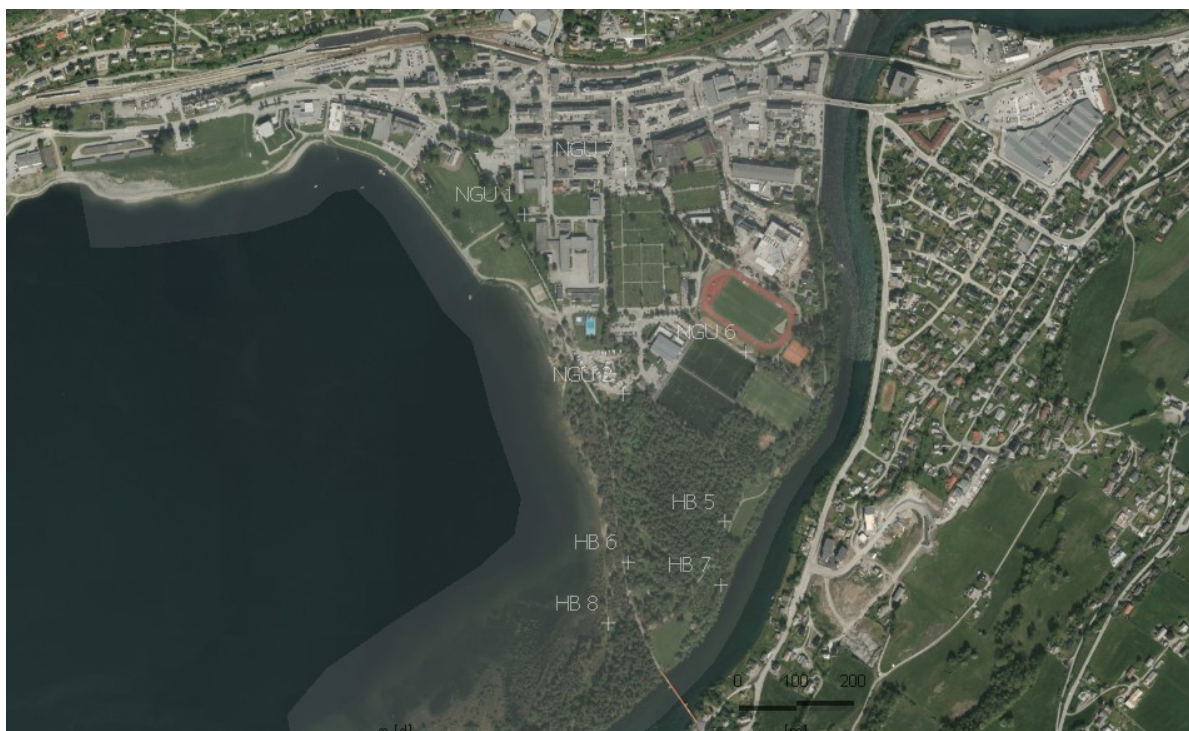
2.5 Hydraulisk konduktivitet

Grunnvasssystemet består i hovudsak av ein akvifer. Dette er dei grove massane av sand og grus som ligg over fin sand og silt.

Hydraulisk konduktivitet (K-verdi) uttrykkjer kor lett lausmassane kan transportera vatn. I Tabell 1 er det oversikt over hydraulisk konduktivitet som er berekna på grunnlag av kornfordelingskurver. Dei fleste er henta frå NGU si undersøkjing NGU 2000a og b). Tabellen viser gjennomsnittsverdi for hydraulisk konduktivitet i dei ulike borpunkta. Dette er altså gjennomsnittsverdiar i akviferen over over tettare massar.

Tabell 1: Tabellen syner berekna hydraulisk konduktivitet basert på kornfordelingkurver.

PUNKT	X-UTM33	Y-UTM33	K-verdi (m/s)
HB 5	359118.31	6723498.6	0.001
HB 6	358951.55	6723428.8	0.001
HB 7	359111.53	6723389.4	8e-4
NGU 1	358773.7	6724027	8e-4
NGU 2	358942.8	6723718	2e-4
NGU 6	359154.5	6723791	6e-4
NGU 7	358947.4	6724105	5e-4



Figur 7: Figuren syner punkt der kvar hydraulisk konduktivitet er berekna.

3 Grunnvassmodellering

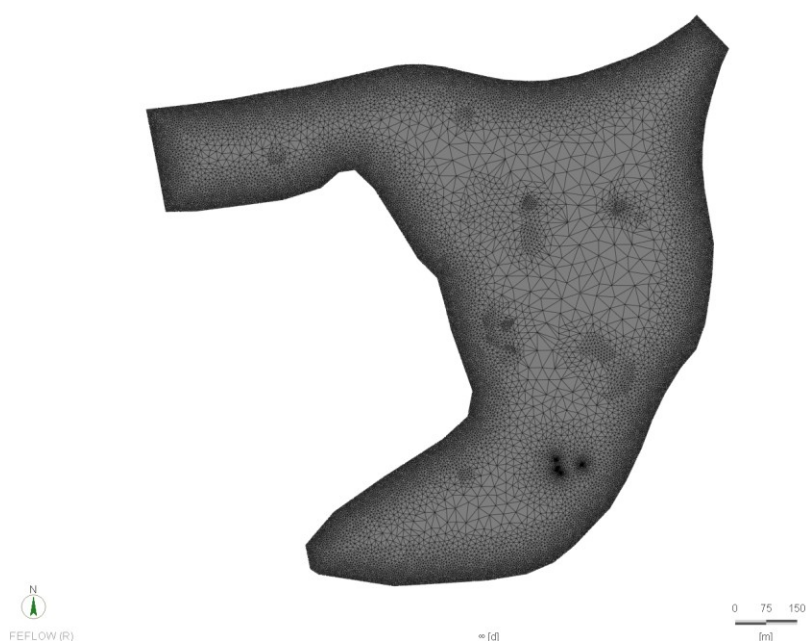
Grunnvassmodelleringen er utført i FEFLOW. Modelleringen er utført i et ustrukturert gridd med parameterverdiar henta frå grunnlagsdataene.

3.1 Modelloppbygging

Modellen er bygd opp av celler og noder i et ustrukturert gridd. Modellen er laga i 3D for å simulere ein 3-dimensjonal strauming av grunnvatnet.

3.1.1 Grid

Modellen består av celler, beregningane vert utført i «nodene», som er bindeleddet mellom cellene. Figur 8 syner modellens grid.

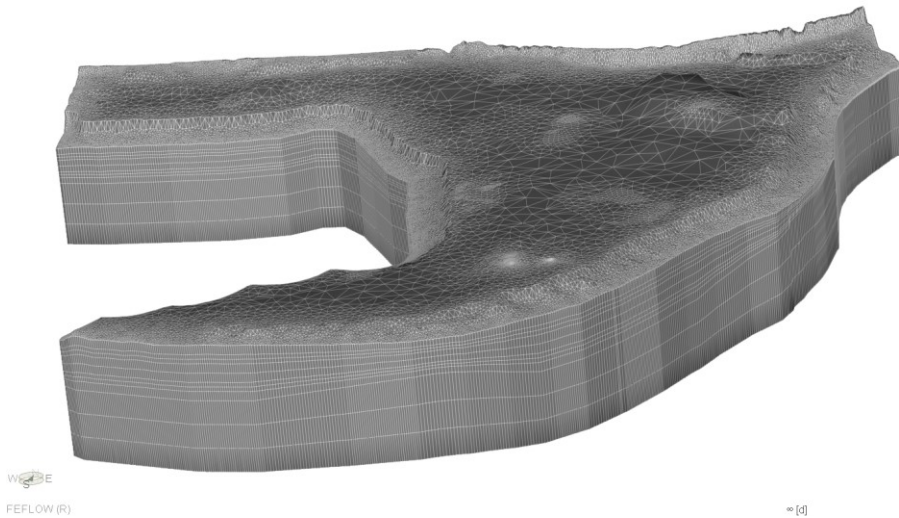


Figur 8: Figuren syner modellens grid.

Det er valgt å sette høgare diskretisering (mindre cellestørrelse) rundt uttaksbrønnane, langs modellgrensa og rundt observasjonspunkta for å kunne plassere desse riktig i modellen og få høgare simuleringsnøyaktigheit her. Observasjonspunkt kan kun plasserast i nodene.

3.2 3D

Modellen vert så laga om til ein 3D-modell (Figur 9). Her vert det lagt inn lag som vert gitt parameterverdiar.



Figur 9: Figuren syner modellen i 3D.

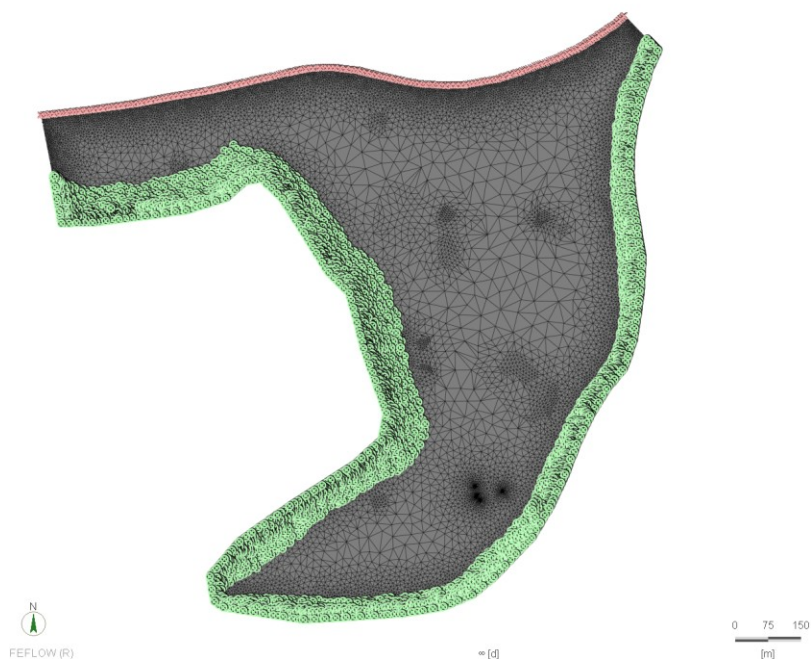
3D modellen består av 12 lag. Dette for å få høy oppløsning på simuleringane. Dette betyr at modellen har 500 000 celler.

3.2.1 Grensebetingelsar

Modellgrensa er satt mot Vangsvatnet, Vosso og mot berg i nordlige del av modellområdet.

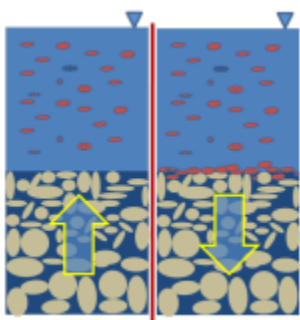
Figur 10 syner to forskjellige grensebetingelsar satt for modellen, «Fluid flux» og «Fluid transfer».

Fluid flux er grensebetingelsen i nord. Den er satt basert på antagelse om grunnvasstrømning under lausmassane langs fjellsida ned mot Voss sentrum. Dette er praktisk talt ein Darcy flux grensebetingelse. Verdien er satt til $-2e-6$ m/s. Negativt tegn tyder at vatn går inn i modellen. Talet baserer seg på terrenghelninga ned mot sentrum og ein K-verdi på ca. $1e-5$ m/s.



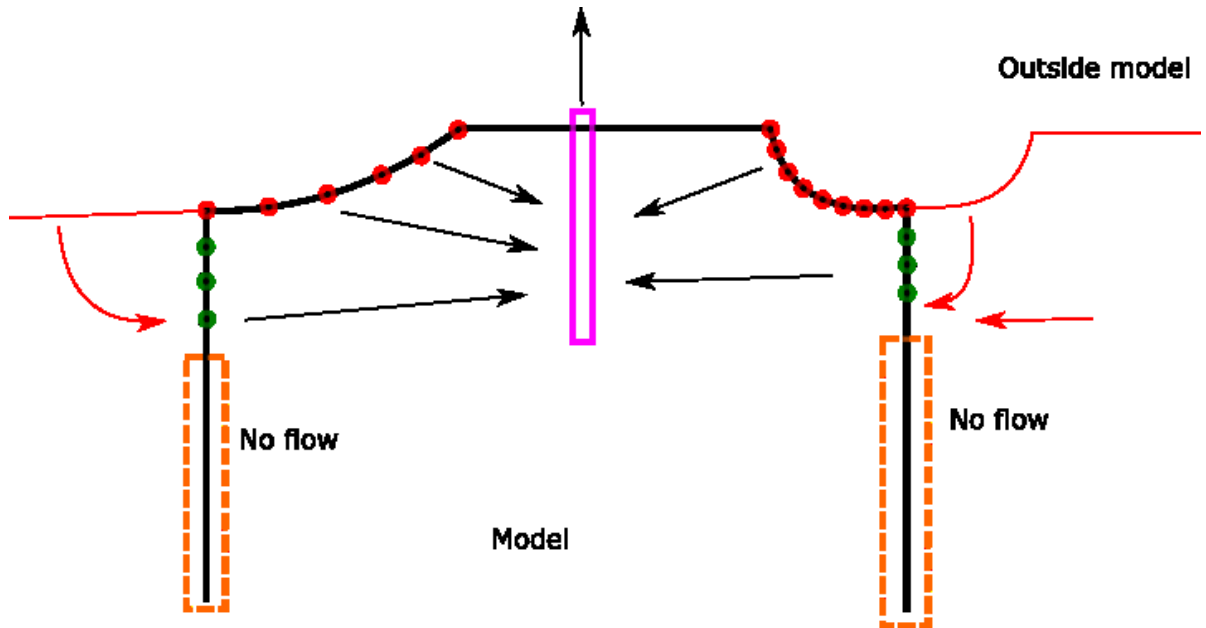
Figur 10: Figuren syner grensebetingelsar satt for modellen. Grøne punkt er «fluid transfer» og raude kryss er «fluid flux»

Fluid transfer er grensebetingelsen for Vangsvatnet og Vosso. Den er satt til lik trykknivået i elva og vatnet, som innmålt av Voss Kommune, i tillegg til at det er satt på ein begrensning for innstraumning av vatn. Dette vil i praksis seie at det er eit lag med lausmassar som skil seg frå resten av sedimenta i akviferen. Verdien som er satt er eit uttykk for mektigheita av desse sedimenta og den hydrauliske konduktiviteten til desse sedimenta. Ein differensierar også på kor fort vatn kan strøyme ut gjennom denne grensa og kor mykje som kan straume inn. Det er i prinsippet slik at vatnet straumer lettare inn til ei elv frå grunnvatn enn ut. Dette er fordi grunnvasstrykket vaskar ut finstoff i overgangen til elva, synt i figur 11.



Figur 11: Figuren syner prinsippet der vatn kjem inn til f.eks. ei elv (til venstre) og vatn som går ut frå ei elv (til høgre).

Prinsippet med tildeling av grensebetingelse i fluid transfer er synt i figur 12

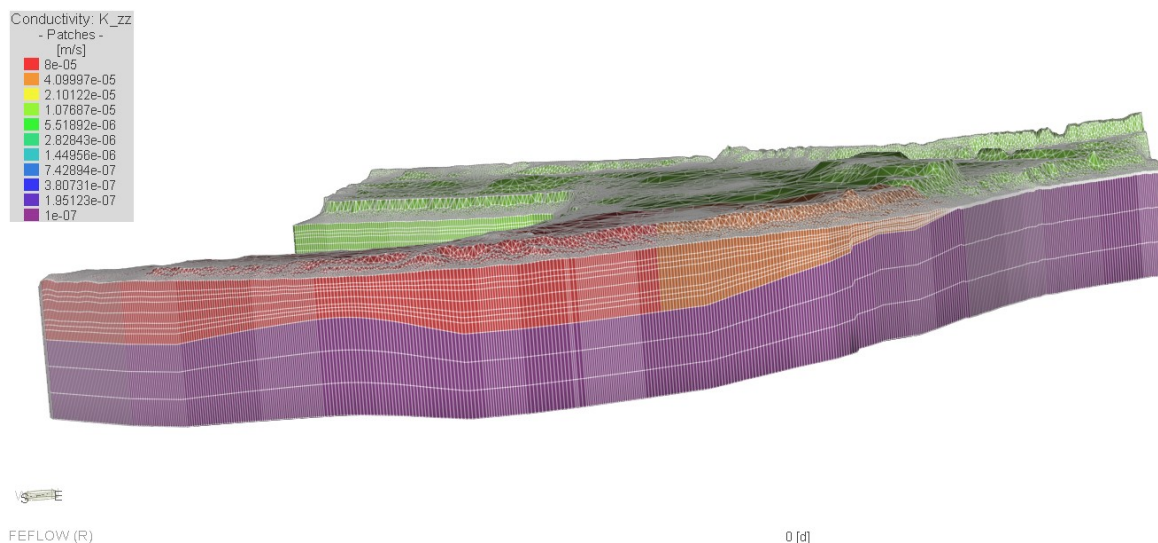


Figur 12: Figuren syner prinsippet med «fluid transfer» grensebetingelse for modellen for Voss sentrum/Prestegardsmoen. Grensa vert tildelt for halvdelen av elva og deler av Vangsvatnet i det øvste laget (raude prikkar) i og med at ein går ut i frå at grunnvatnet alltid vil ha kontakt med overflatevatnet, uansett pumperate, vert grensebetingelsen satt langs yttergrensa til modellen i nokre lag nedover også. Me går også ut ifrå at det er straumning under elva frå Haugamoen.

Hydraulisk konduktivitet for Vosso er satt til $5e-5$ m/s og $1.5 e-5$ m/s for Vangsvatnet.

3.2.2 Grense til finstoff

Grense til finstoff er basert på grunnundersøkingar utført av NGU (2000a og b). Punkta med informasjon om djupn til finstoff er interpolert mellom kvarandre.

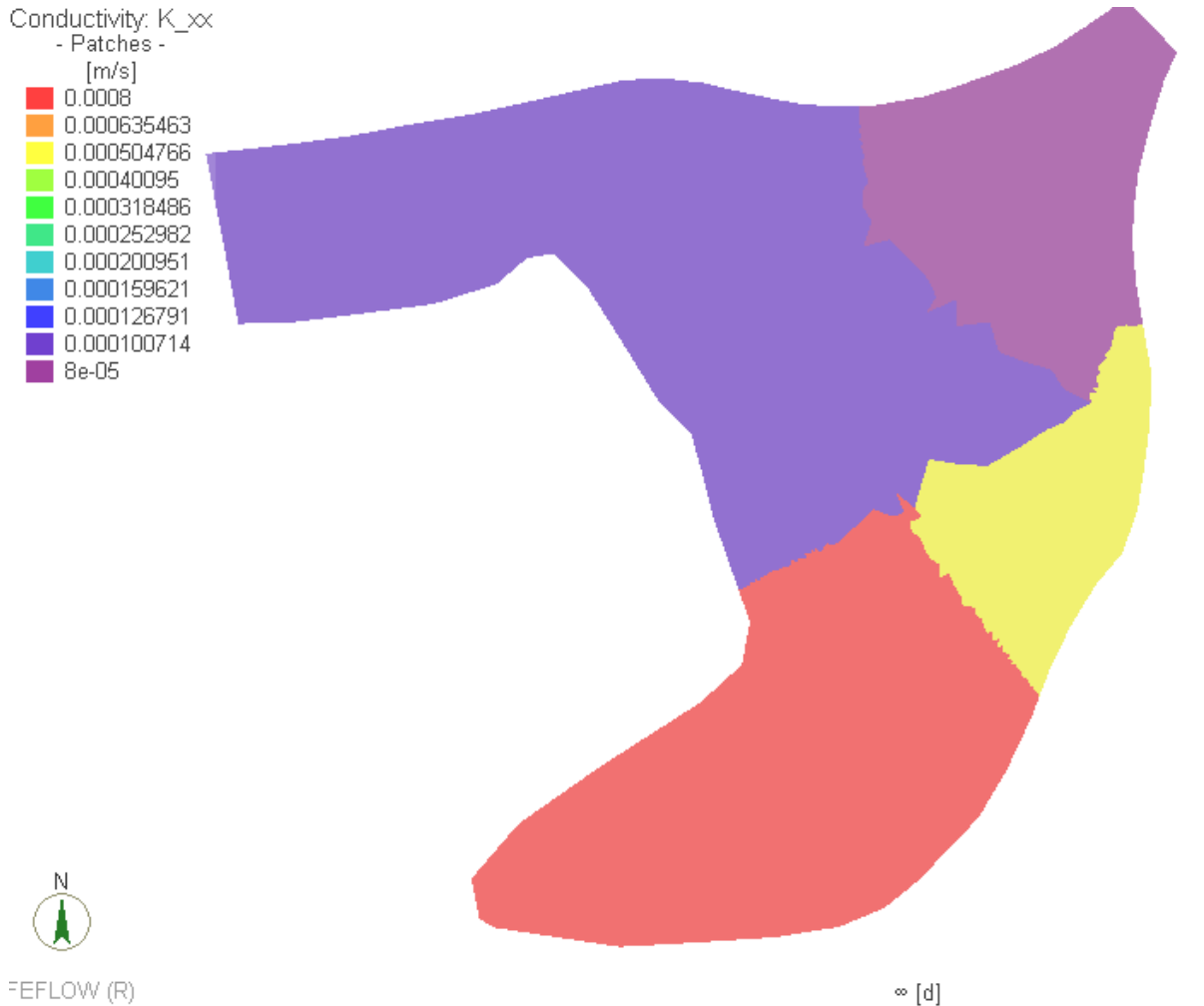


Figur 13: Figuren syner grense mellom finstoff og grovare masser. Gul og oransje farge viser akviferen, lilla farge viser finkorna massar under akviferen.

3.2.3 Hydraulisk konduktivitet

Hydraulisk konduktivitet for akviferen er basert på ein interpolasjon mellom k-verdiar henta frå kornfordelingsanalysar omtala i kap 2.5. Det er i store delar av området utført interpolasjon mellom punkt med informasjon om hydraulisk konduktivitet. Dette gjer parameterverdien usikker for store delar av området der det er lite informasjon

Ved kalibrering er det gjort ein del endringar i forhold til dei innhenta parameterverdiane. For å få simulerte verdiar for grunnvasstand til å passe med observerte er for det meste hydraulisk konduktivitet endra på. Figur 14 syner K-verdiar brukt i modellen.

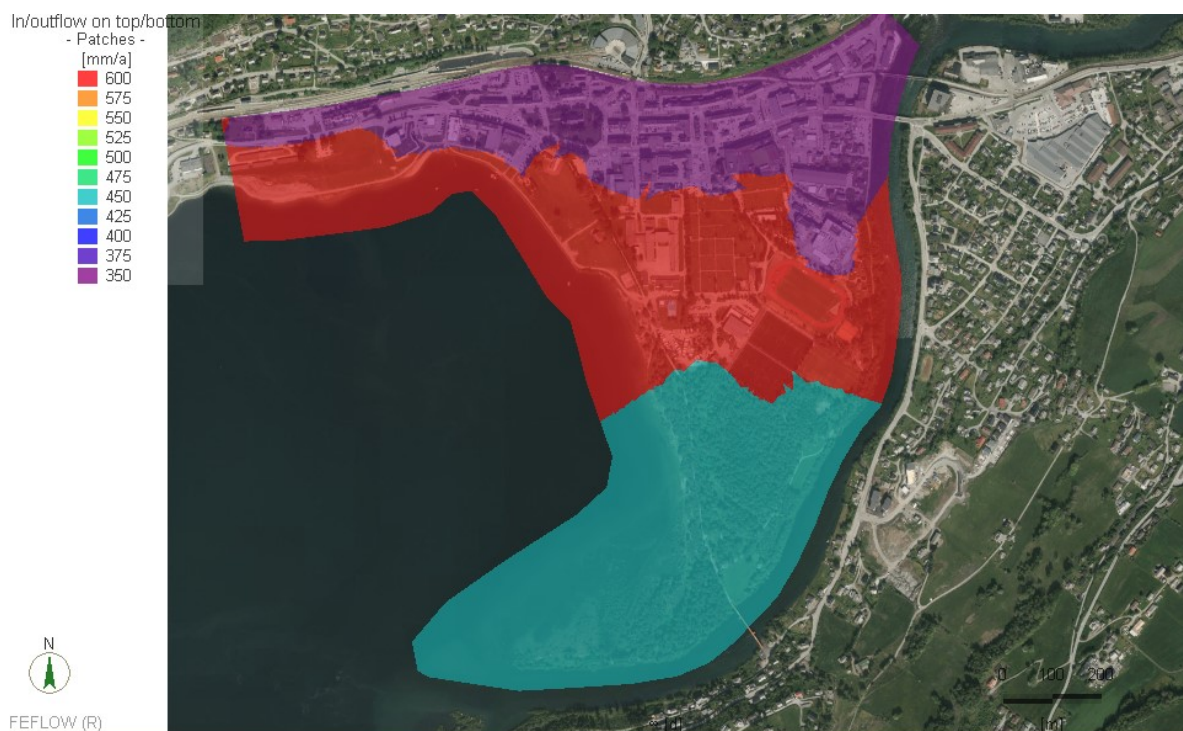


Figur 14: Hydraulisk konduktivitet i akviferen

Figuren syner at K-verdiane i modellen er forenkla. Verdiane er også satt ein del lågare enn det som vart berekna ut frå kornfordelingsanalysane. Dette var for å få modellen til å passe. Figur 17 og Figur 18 syner korleis simulert vasstand og strøymning er i forhold til det som er observert.

3.2.4 Nedbør

Gjennomsnittsnedbør frå 2000-2018 er på 1970 mm/år. Av interpolerte verdiane henta frå xgeo.no er nedbøren i området satt til 1528 mm/år, med tidsserie frå 2000 til 2018. Av denne er det rekna frå NVE sitt avrenningskart at 1056 går med til avrenning. Det gjenstår då rundt 500 mm/år til infiltrasjon. Det er satt forskjellige verdiane i området basert på overflate. Prestegardsmoen har truleg høgare evapotranspirasjon grunna mykje tre og vegetasjon. Ved kyrkjegarden og langs Vangsvatnet i nord-vest er det mykje gras og truleg lågare evapotranspirasjon. Ved vangen og bebygd område er det truleg mykje avrenning som følge av asfalterte overflater og bygg. Infiltrasjonen av nedbør dannar grunnvatn, figuren under syner infiltrasjonsratene som er brukt i modellen. Verdiane varierar mellom 350 og 600 mm/år.



Figur 15: Figuren syner fordeling av infiltrasjonsrater.

3.3 Modelleringsresultat

Det er utført to simuleringar med den hydrogeologiske modellen. Simuleringane gjeld forskjellige uttaksrater frå brønnane til vassverket. Dette er for å undersøkje maksimal utstrekning på influenssona vassverket kan ha.

Antall abonentar vil veksa, derfor vil uttaksmengdene frå brønnane auka og influensområdet vil auka som følgja av dette.

Tabell 2 gir informasjon om uttaksbrønnane sin plassering og forskjellige uttaksrater.

Tabell 2: Tabellen gir informasjon om brønnplassering, brønnfilter, radius og forskjellige pumperater brukt i simuleringane.

ID	X	Y	Frå djupn	Til djupn	Radius	Dagens rate	Maks rate
B1	358969	6723371	12	24	0.2	2000	1872
B2	359031	6723360	7	20	0.2	1000	3552
B3	358971	6723347	9	21	0.2	2000	2304
B4	358980	6723340	10	23	0.2		3264

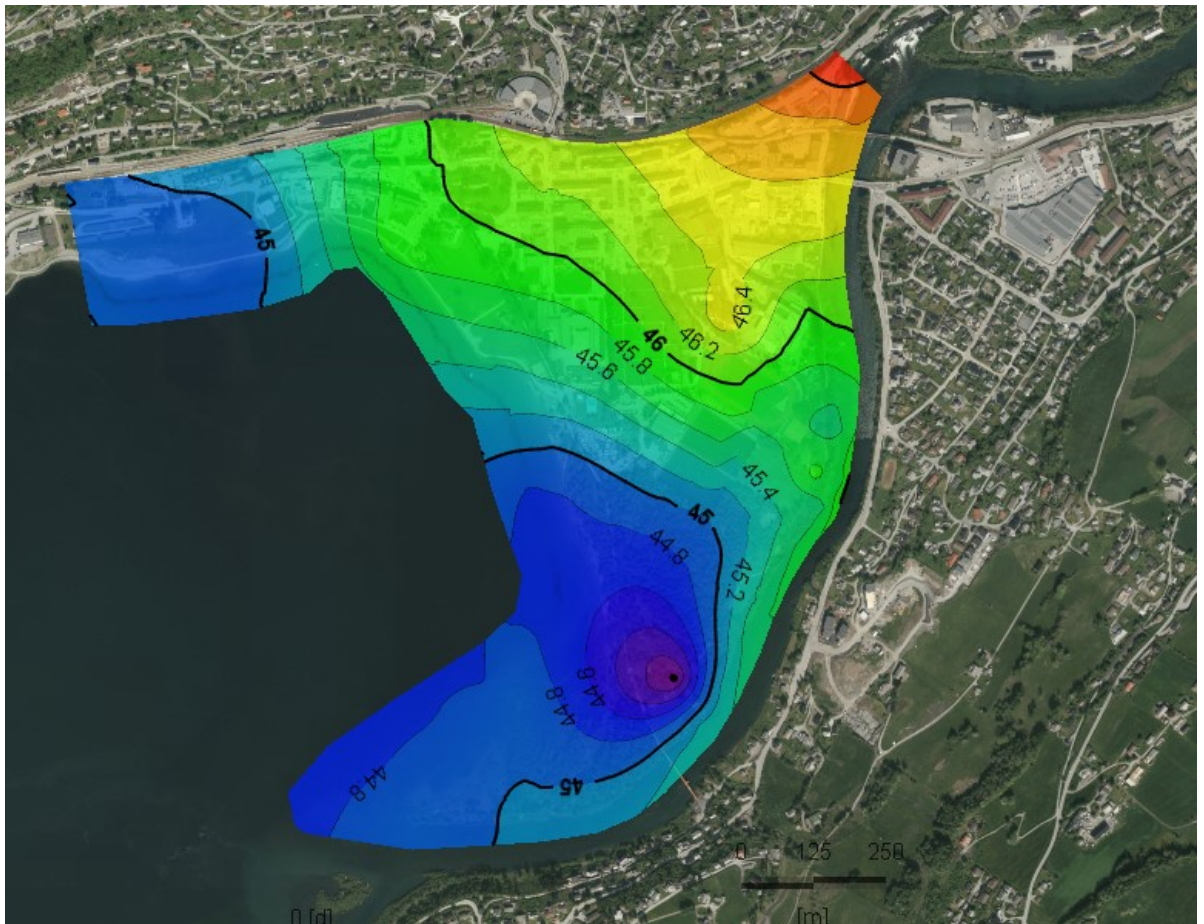
Det er altså simulert med dagens rate som er brukt til kalibrering av modellen og maksimum rate som er basert på kommunen sine tal for maksimal kapasitet per brunn.

3.4 Resultat

Resultatene syner at det meste av vatnet kjem frå Vosso. Noko vatn kjem frå den nærmaste delen av Vangsvatnet.

Figurane under syner resultatet frå modellen der dei beskrevne parameterverdiane i kapitla over er brukt.

Figur 16 syner eit kart over målte nivå i Vosso, Vangsvatnet og i observasjonsbrønner. Det er opplyst av Kommunen at pumpemengda den dagen innmålingane i Figur 16 vart utført var på mellom 4000 og 5000 m³/d. For å kontrollera modellen er det gjort ei samanlikning mellom målte og berekna verdiar av vassnivå (figur 17).

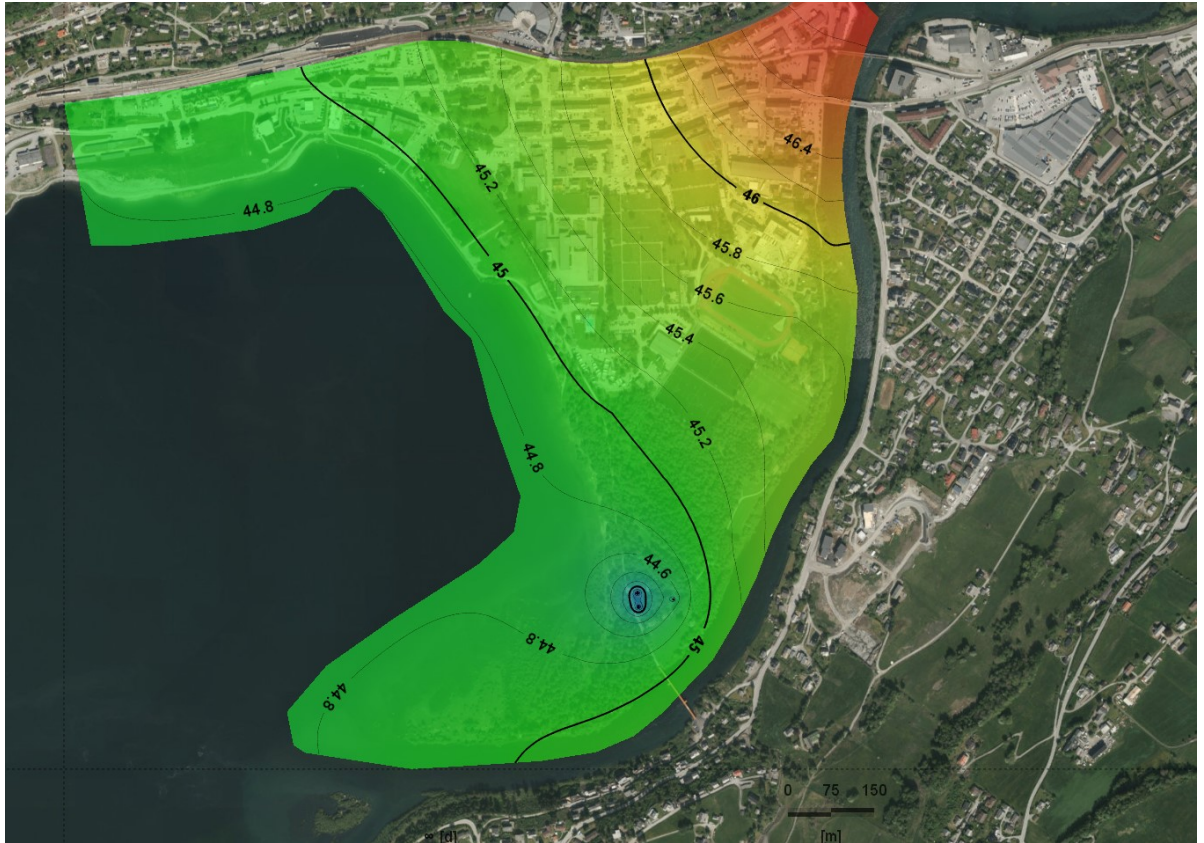


Figur 16: Kart over målt vassnivå.



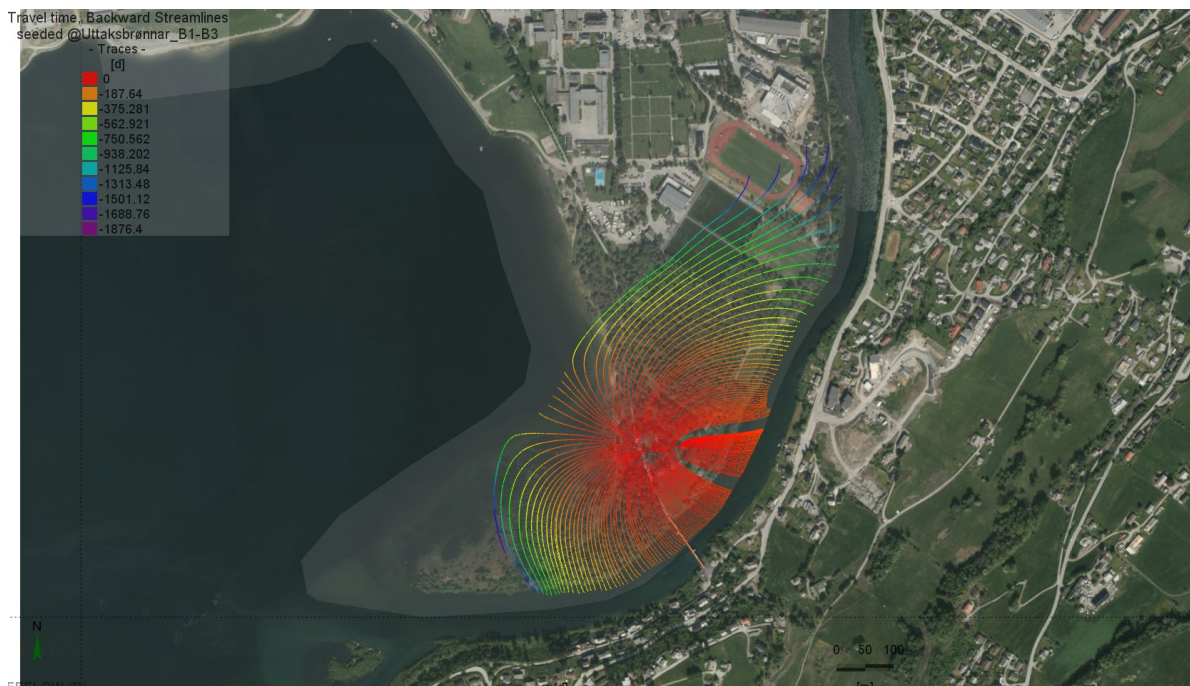
Figur 17: Figuren viser forhold mellom observerte og simulerte verdier. Det er relativt godt samsvar mellom observerte og simulerte verdier. Om farga søyler i ulike punkt er raude er det over 1m forskjell mellom observerte og simulerte verdier.

Figurane 18-20 viser resultat med ein uttaksrate på 5000 m³ per døgn fordelt på tre brønnar (B1-B3).



Figur 18: Figuren syner simulert grunnvasstand.

Figur 19 syner partikkelbanar til virtuelle partiklar slept frå brønnane og tilbakekalkulert til opprinningspunkta. Dette gjer ei indikasjon på influensområdet til brønnane. Figur 20 syner berekna influensområde. I nord-aust går truleg grensa heilt ut til elva, slik som i sør-aust.



Figur 19: Figuren viser partikkelbanar (straumnigsbanar) simulert frå uttaksbrønn B1, B2 og B3.

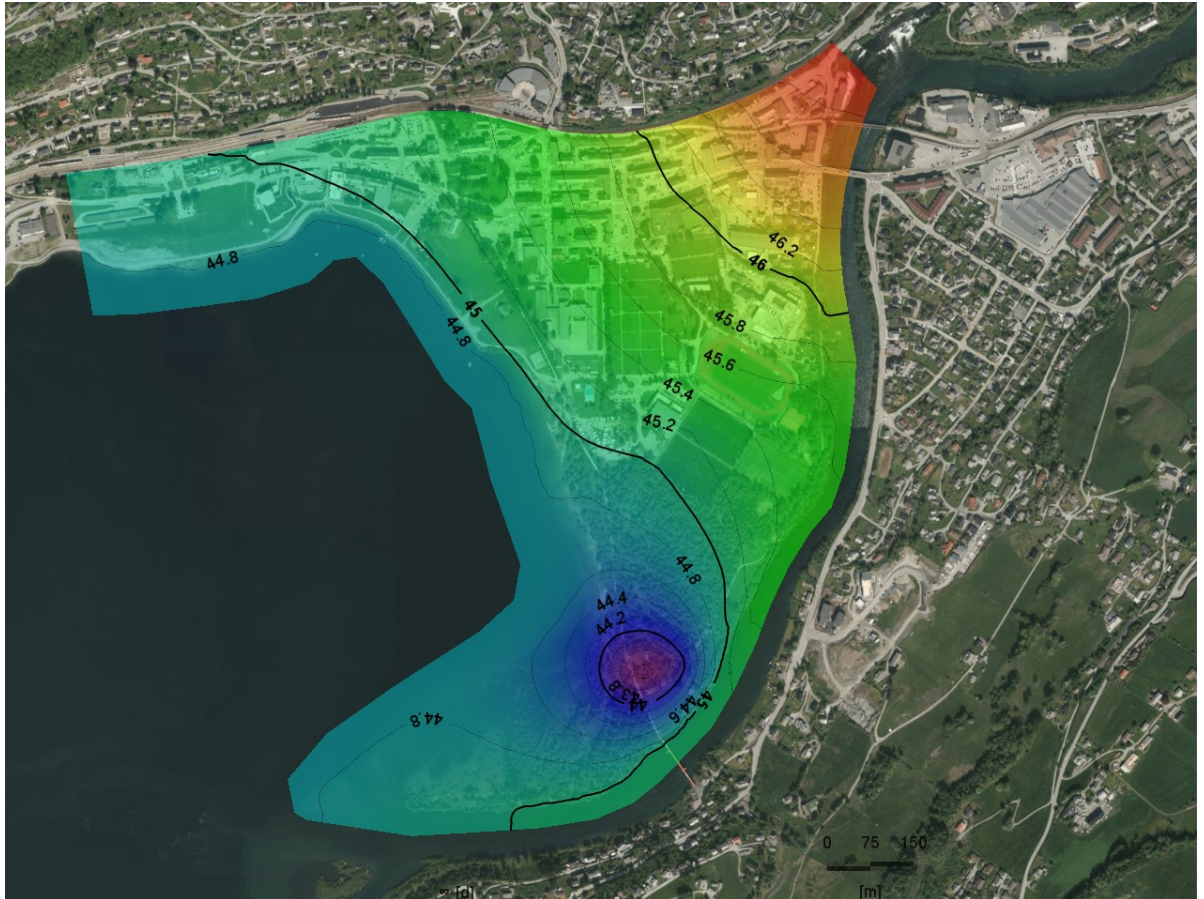


Figur 20: Figuren viser mest sannsynleg influenssone. Verdiane går frå 90 til 10 prosent sannsyn. Den blå linja er 10 prosent sannsyn.

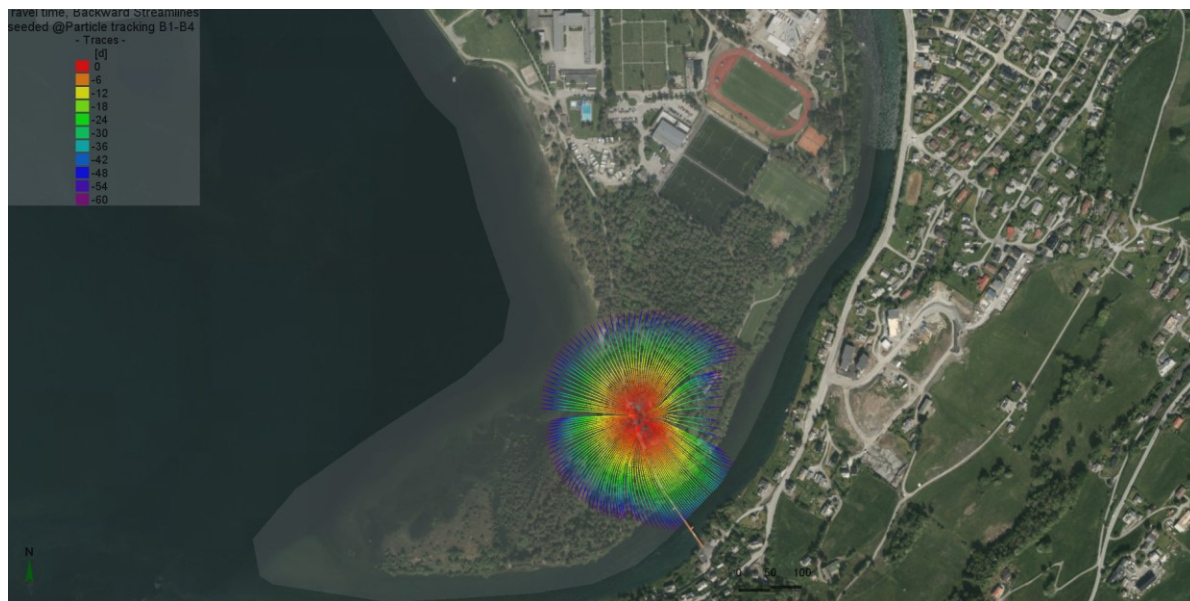
3.4.1 Simulering med maksimal kapasitet i kvar brønn

I denne simuleringa er det brukt målt kapasitetsverdier for brønn B1-B4.

Figurene under syner resultatene som i kap 3.4.



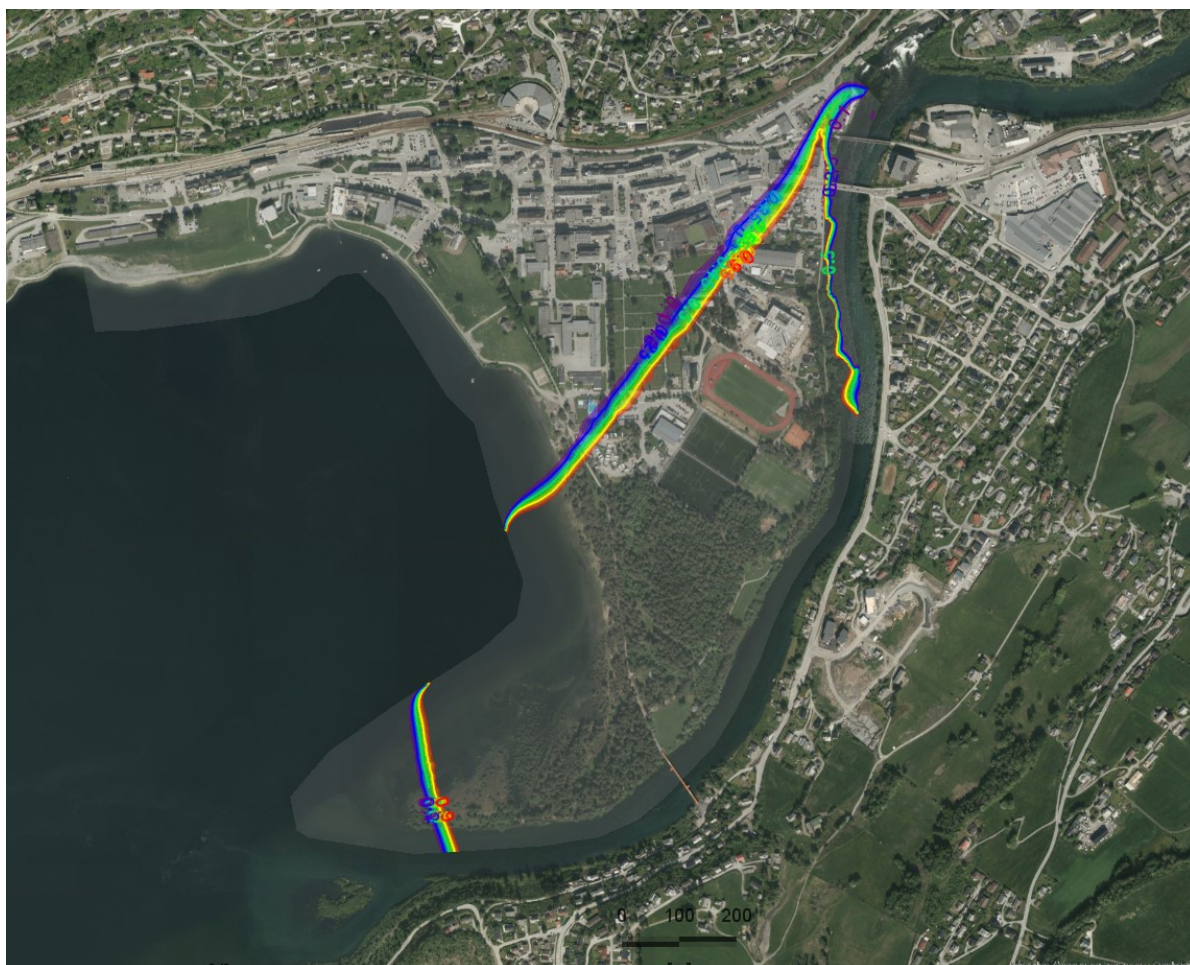
Figur 21: Figuren syner grunnvassnivå ved maksimalt uttak.



Figur 22: Figuren syner 60-døgns oppholdstid for vatnet i metta sone ved maksimalt uttaksrate.



Figur 23: Figuren syner partikkelbanar til uttaksbrønnane.



Figur 24: Figuren viser kvar vatnet som vert tatt ut frå brønnane mest sannsynleg kjem frå.

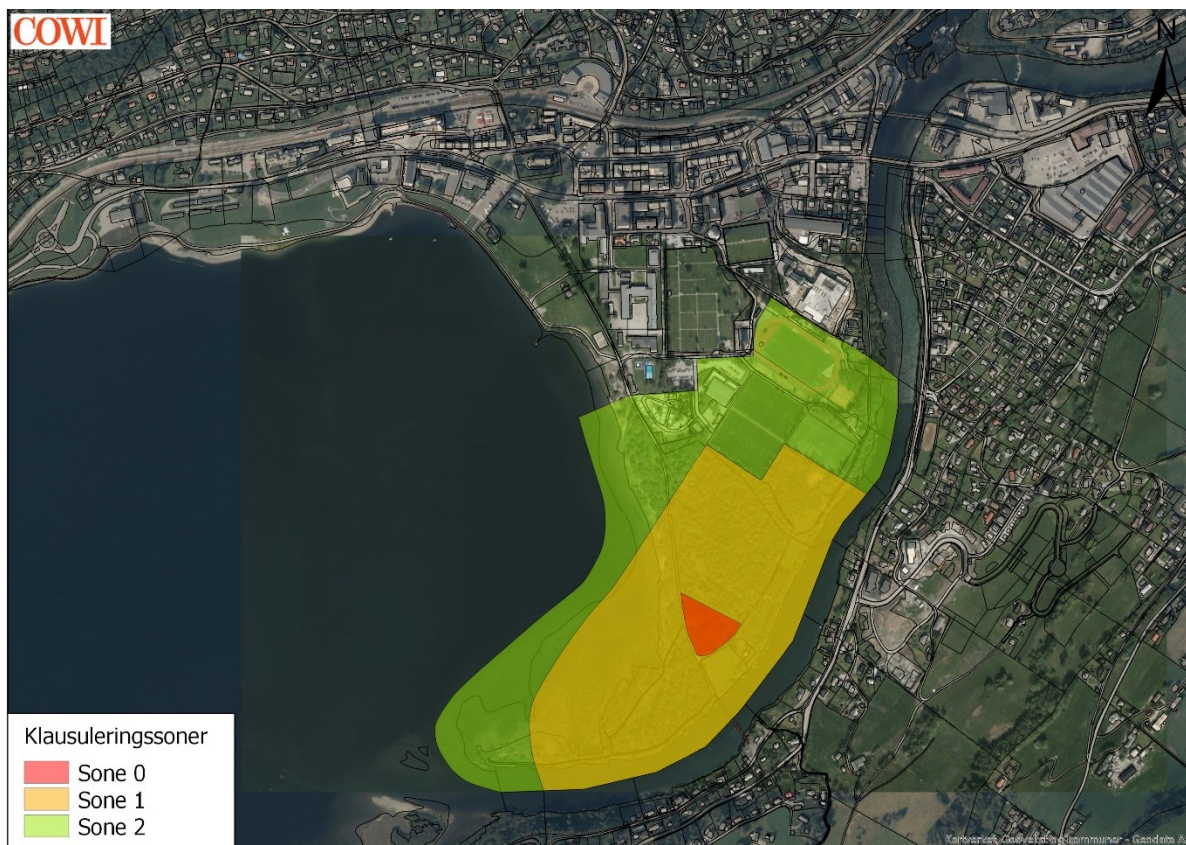
4 Klausulering

Basert på observerte straumningsretningar, modellering, kunnskap om hydrogeologien i området og praktiske hensyn er sikkerheitssonene teikna inn som i Figur 25.

Når ein skal setja sikringssonane er det faglege grunnlaget henta frå grunnvassmodellen og observasjonar av bl.a. vasskvalitet. I tillegg er det teka omsyn til eigedomsgrenser, praktiske forhold på området.

Ein reknar med at Vosso i stor grad er ei hydrauliskgrense slik at vatn ikkje kryssar under elva. Dette er avhengig av mektigheita til akviferen, då djupare vatn ofte beveger seg under elver og innsjøar.

Simuleringa syner influensområde som strekk seg nordover mot fotballbanane og idrettshallen. Ved maksimal utpumping er influensområdet noko større. Influenssona er i begge simuleringane ut mot Vosso og Vangsvatnet. Det er relativt lite vatn som vert trekt Vangsvatnet i forhold til Vosso og resten av Prestegardsmoen.



Figur 25: Klausulering, med sikkerhets/klausuleringssone 1-3.

Forslag til vedtekter for sikringsssonane rundt vassverket.

Sone 0

Omfattar sonen som ligg nærast brønnoområdet.

Området skal gjerdast inn

Berre aktivitetar som er naudsynt for drift av vassverket er tillate

Sone 1

Omfattar det området som ligg nærare brønnoområdet enn sone 2 og som har permanent innstrøyming til brønnoområdet.

- Forbod mot anleggsarbeid som er ikkje er naudsynt for drift av vassverket eller skjøtsel av friområdet. Alt anleggsarbeid skal risikovurderast i kvart enkelt tilfelle.
- Forbod mot hogging av skogen. Skjøtsel av skog, fjerning av enkelttre som kan utgjera fare og rydding av skogsbotn er tillate
- Forbod mot bruk av husdyrgjødsel, kunstgjødsel og plantevernmidlar
- Forbod mot organisert camping
- Forbod mot motorisert ferdsel som ikkje er naudsynt for drift av kommunale anlegg og skjøtsel av friområdet
- Forbod mot lagring av lett nedbrytbart organisk materiale
- Forbod mot oppføring av nye bygg/tiltak som ikkje er knytt til vassverket

Sone 2

Omfattar eit ytre tilsigsområde som har grunnvasstrøyming inn til brønnoområdet, enten permanent eller under spesielle forhold.

- Det er ikkje tillate med lagring av drivstoff og/eller kjemikaliar utan godkjenning frå Voss kommune
- Det skal føretakast ei hydrogeologisk farekartlegging før oppstart av alt arbeid. Alt grave- og anleggsarbeid skal godkjennast av Voss kommune.
- Alt avløp skal vera tilknytt offentleg nett
- Infiltrasjonsanlegg er ikkje tillate
- All bruk av plantevernmidlar nytta til planar og idrettsanlegg skal vera godkjent av Voss kommune

5 Oppsummering

Resultatet etter kalibrering av modellen gjev eit tilfredsstillande bilete av forholda modell når ein samanliknar observasjonar med simuleringar.

Hydraulisk konduktivitet i modellen er satt ein del lågare enn det som er berekna frå kornfordelingskurver. Ved prøvetaking av masseprøvar under boring, forsvinn alltid ein del av finstoffet, derfor er det ikkje urealistisk å senka berekna verdi av hydraulisk konduktivitet. Modellen er mest usikker i det nordlege området ved Vossevangen, grunna manglande data for hydraulisk konduktivitet og vasstandsmålingar.

Ein modell er alltid ei forenkling av forholda, men det er ein effektiv måte å samanstillastore mengder data.

Derfor er denne modellen tilfredsstillande til det formål den er meint for. Etterkvart som det kjem ny informasjon om grunnforholda kan desse leggjast inn i modellen som dermed vert stadig betre.

6 Referansar

ICG, 2001: Grunnvannsmodell for Prestegårdsmoen, Voss kommune.

NGU, 2000a: Georadarmålingar i forbindelse med kartlegging av grunnvarmepotensialet i løsmasser ved Voss.

NGU, 2000b: Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Voss