

NOTAT

OPPDRAAG	Detaljregulering datasenter Bjerkvik	DOKUMENTKODE	10209308-RiVass-NOT-01
EMNE	Vurdering av flomfare	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Nordkraft Prosjekt	OPPDRAAGSLEDER	Trude Johnsen
KONTAKTPERSON		SAKSBEHANDLER	Kristine Lilleeng Walløe
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10102060 RIE1 Skøyen

SAMMENDRAG

200-årsflom med klimapåslag er beregnet til 16 m³/s ved samløpet mellom Tverrelva og Kvitsteinelva, med halvparten av vannmengden i hvert elveløp. Flomvannføringen er omtrent dobbelt så stor som kapasiteten til kulvertene i elvene, og vegen som krysser elvene overtoppes. Videre er det modellert av noe vann vil renne over området mellom de to elvene. For å unngå oversvømmelse anbefales det å bygge en lav voll mot Tverrelva, samt å erstatte kulvertene med nye kulverter med større dimensjoner.

1 Bakgrunn

I forbindelse med et nytt datasenter på Bjerkvik i Narvik kommune, trengs det en vurdering av fare for flom. Det er antatt at datasenteret vil være i sikkerhetsklasse F2 mot flom, og dimensjonerende gjentakintervall er 200 år etter Byggteknisk forskrift (TEK 17) § 7-2 «Sikkerhet mot flom og stormflo».

2 Flomberegninger

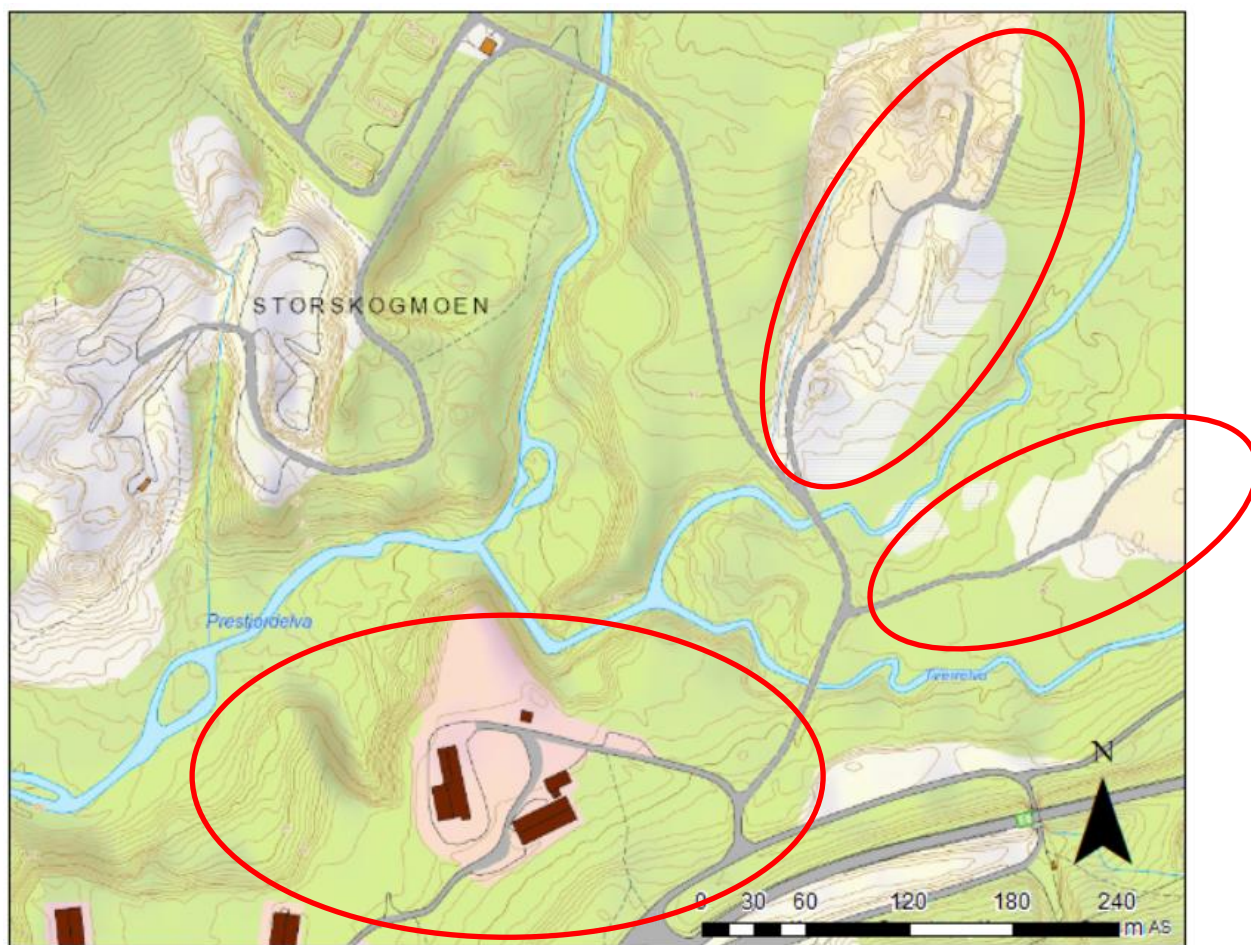
Det er fire ulike metoder som er aktuelle å bruke ved beregning av flom i små felt. Dette er flomfrekvensanalyse på eksisterende vannføringsmålingsstasjoner, nasjonale formelverk utviklet av NVE, flommodellen PQRUT (basert på nedbørdata) og den rasjonale formelen (basert på nedbørdata). Hvilke metoder som velges, kommer an på hva slags data som er tilgjengelig.

2.1 Feltareal og egenskaper

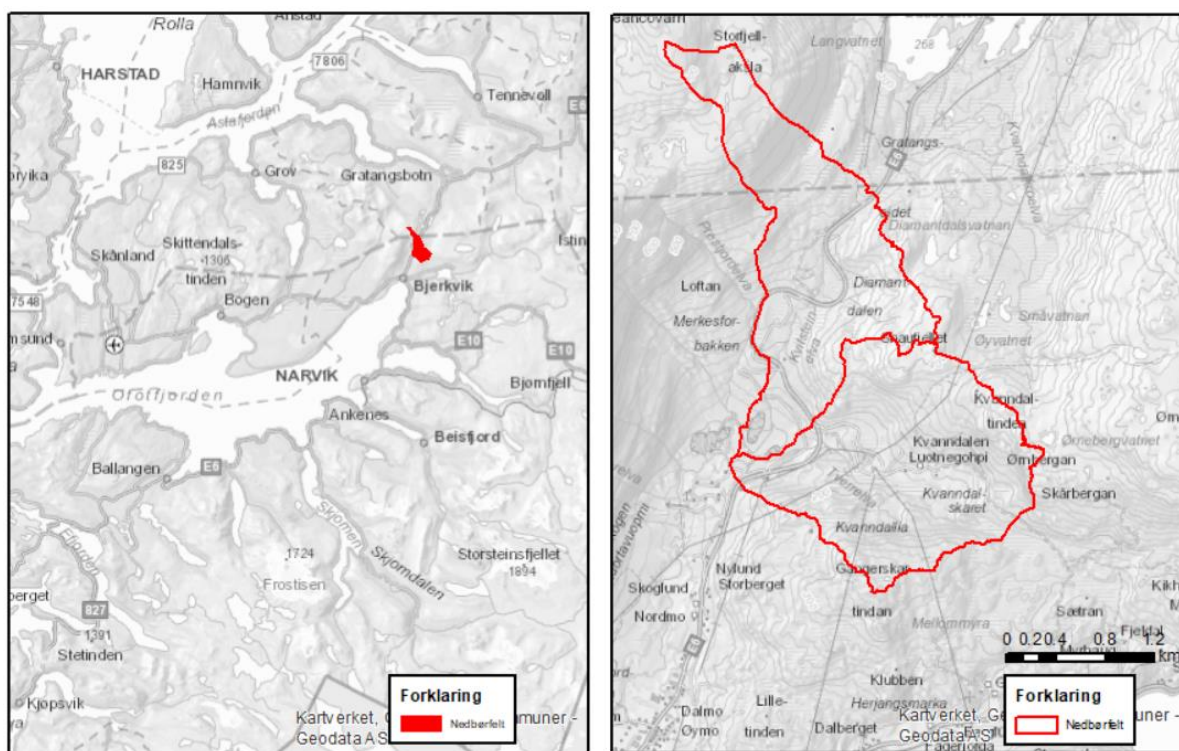
Datasenteret er planlagt plassert i et område der tre elver møtes. Tverrelva kommer fra øst og løper først sammen med Kvitsteinelva fra nordøst, før de etter ca. 130 meter også løper sammen med Prestjordelva fra nord. Det er betydelig fall ned til Prestjordelva, og ved samløpet ligger elva ca. 15 høydemeter lavere enn det planlagte datasenteret. Det er derfor vurdert at flom i Prestjordelva ikke vil medføre fare for datasenteret, og vi beregner kun flom i de to andre elvene.

Nedbørfeltet ved samløpet av Tverrelva og Kvitsteinelva er på 5,75 km², hvorav Tverrelva har et felt på 3,0 km² og Kvitsteinelva et felt på 2,75 km². Vi beregner flom for totalfeltet. Feltparametre som presentert i tabellen under. Feltet drenerer mot sørvest og består av mest av skog, med noe snaufjell ved feltgrensene. Feltet er middels bratt. Feltparametrene er beregnet i NVEs program NEVINA. Feltgrenser er justert i ArcGIS.

0	17/3/2020		Kristine L. Walløe	Sigurd Sørås	Kristine L. Walløe
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



Figur 1. Området ved samløpet av de tre elvene. Omtrentlig plassering av datasenter skissert i med røde sirkler.



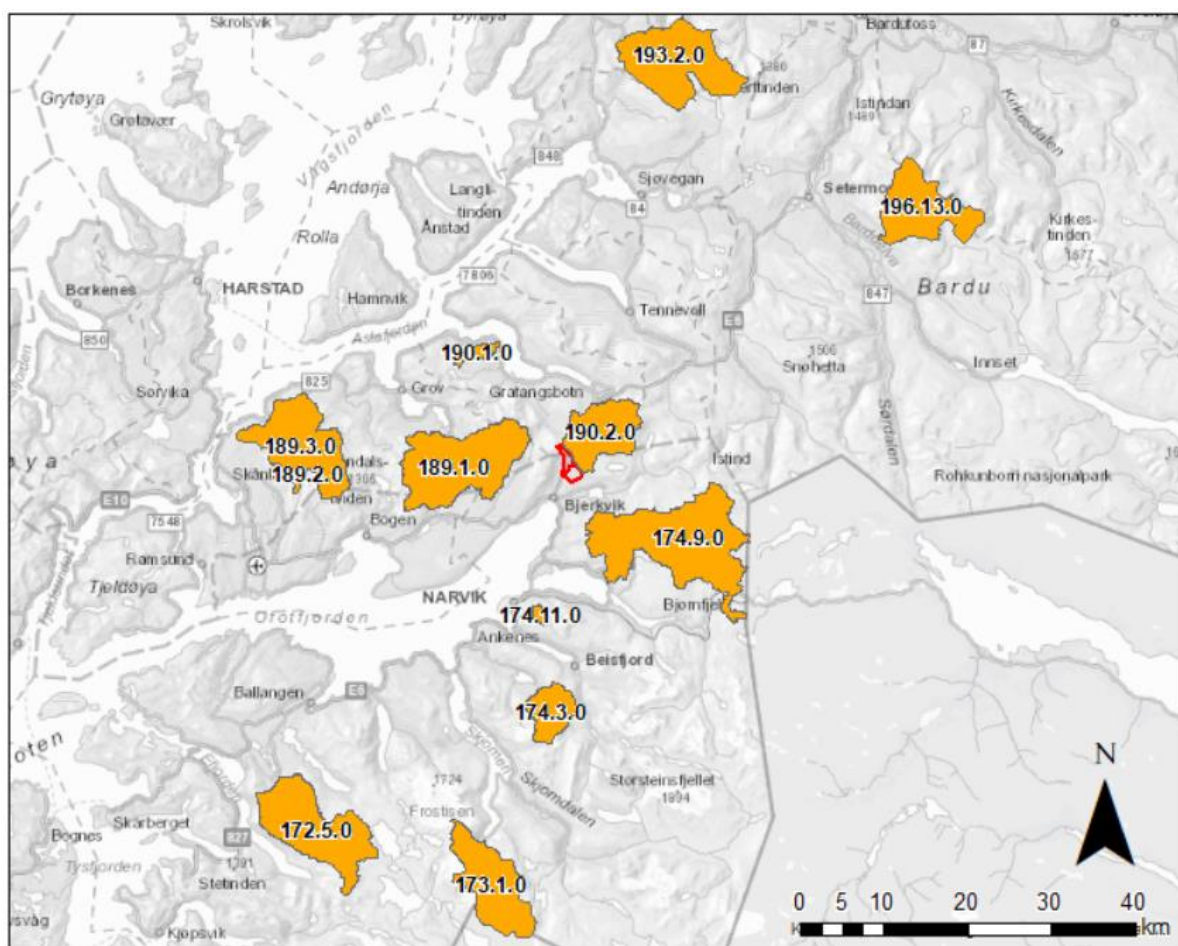
Figur 2. Nedbørfeltet.

Tabell 1. Feltparametere

Navn	Feltareal	Spesifikk avrenning	Snaufjell	Eff. sjø	Høyde
	km ²	l/s/km ²	%	%	min-maks
Felt ved samløp	5,75	31	12	0,0	80-974

2.2 Flomfrekvensanalyse

Det er funnet tolv målestasjoner i uregulerte felt innen rimelig avstand fra planområdet, som vist i kartet under. Etter en gjennomgang av feltparametre og dataserier, er syv av stasjonene utelatt pga. dårlig match på feltparametre eller for gamle data. Av de fem stasjonene som gjenstår, har to stasjoner for korte serier for å gjøre flomfrekvensanalyse, men de kan fortsatt benyttes til å beregne middelflomavrenning. Det er gjort frekvensanalyse for tre stasjoner. Feltparametre er vist i Tabell 2 og oppsummering av frekvensanalysen i Tabell 3.



Tabell 2. Feltparametere for aktuelle målestasjoner

Navn	Periode	Antall år	Feltareal	Spesifikk avrenning	Snaufjell	Eff. Sjø	Høyde
			km ²	l/s/km ²	%	%	min-med-maks
174.3 Øvstevatn	1982-2019	38	28	43	54	0.9	275-727-1541
174.11 Taraldsvikelv	1993-2019	27	3	47	83	0.0	292-752-1262
189.3 Tennevikvatn	1978-2019	42	85	38	43	3.3	40-315-1298

190.1	Tjuvskjer	1984-1993	10	8	43	29	0.6	7-406-960
190.2	Storfossen	1987-2001	14	53	40	42	1.3	194-438-1328

Tabell 3. Frekvensanalyse for døgnflom ved målestasjonene

	Navn	Q_M m^3/s	q_M $l/s/km^2$	Q_{200} m^3/s	Q_{200}/Q_M	Valgt fordeling
174.3	Øvstevatn	11	380	25	2.3	Gumbel
174.11	Taraldsvikelv	1	449	3	2.1	Gumbel
189.3	Tennevikvatn	22	260	46	2.1	Gumbel
190.1	Tjuvskjer	2	301			
190.2	Storfossen	28	527			

Siden målestasjon 190.2 ligger i nabofeltet til Kvitsteinelva vurderes det at observert middelflomavrenning her er mest representativ for flom i Kvitsteinelva og Tverrelva. Vi bruker derfor en middelflomavrenning på 530 l/s/km².

Vekstfaktor Q_{200}/Q_M er relativt lik ved de tre valgte stasjonene. Vi setter Q_{200}/Q_M lik snittet av de tre stasjonene, som er 2,2. Dette gir en 200-årsflomavrenning på 1166 l/s/km². Kulminasjonsavrenning forventes å være minst 2 ganger døgnavrenning, da feltstørrelsen er liten. Regionale flomformler gir en verdi $Q_{kulm}/Q_{døgn}$ på 2,1 for høstflommer. Vi velger å benytte denne verdien, og får dermed $q_{200, kulm}$ på 2565 l/s/km². Dette gir en flomstørrelse Q_{200} på 13,4 m³/s.

2.3 Flomformler for små felt

NVE har utviklet regresjonslikninger for å beregne kulminasjonsverdier for små felt¹. Formlene benyttet for å beregne flommer er beskrevet og vist i likningene nedenfor. Likningene er gyldige for nedbørfelt med areal på 0-53 km², q_N lik 9-163 l/s/km² og effektiv sjøprosent på 0-21 %.

Middelflommen (Q_M) beskrives i regresjonsanalysen med følgende likning:

$$Q_M = 18,97 Q_N^{0,864} e^{-0,251 \sqrt{A_{SE}}}$$

hvor Q_N er nedbørfeltets middelvannføring (m³/s) i perioden 1961-1990 hentet fra NVEs avrenningskart, A_{SE} er den effektive sjøprosenten (%) og e er grunntallet $e \approx 2,718$.

Vekstkurven beskrives av følgende likning:

$$\frac{Q_T}{Q_M} = 1 + 0,308 q_N^{-0,137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k$$

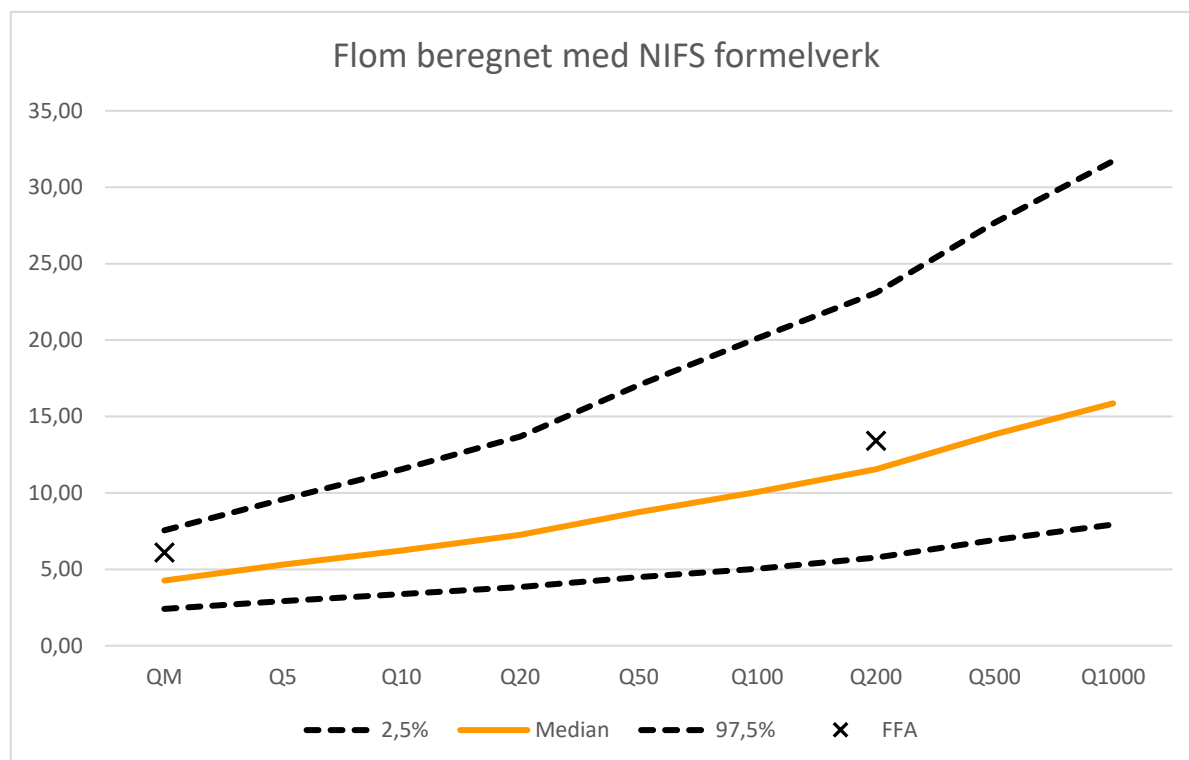
hvor q_N er middelvannføring (l/s/km²) i perioden 1961-1990 hentet fra avrenningskartet, Γ er gammafunksjonen, T er gjentaksintervall og konstanten k gis av:

$$k = -1 + 2 / [1 + e^{0,391 + 1,54 A_{SE}/100}]$$

Regresjonslikningene gir en kulminerende 200-årsflom med medianverdi lik 11,5 m³/s og et 95 % konfidensintervall på 5,8-23,1 m³/s.

¹ NVE (2015) «Veileder for flomberegninger i små felt» Veileder 7/2015

Middelflomavrenning beregnes til 742 l/s/km². Dette er noe lavt sammenlignet med flomfrekvensanalysen.



Figur 3. Flom beregnet med NIFS formelverk. Verdier fra FFA også vist.

2.4 Valg av flomstørrelse

De to metodene gir relativt like flomstørrelser, og det vurderes å ikke være nødvendig å gjøre flomberegning med flere metoder. Siden frekvensanalysen er basert på observasjoner i nærliggende vassdrag, og vurderes å ha minst usikkerhet, velges flomstørrelsen beregnet med denne metoden. 200-årsflom ved samløpet er altså beregnet til 13,4 m³/s.

2.5 Klimaendringer

Klimaendringer fører til mer intense nedbørhendelser, noe som gir økte flommer i store deler av landet. NVE-rapport 81/2016² har prognosert en økning i flommer på minst 20% for små nedbørfelt i Nordland frem mot perioden 2081-2100. For eiendommen anbefaler vi derfor et klimapåslag på 20%.

Dimensjonerende flom blir dermed **16 m³/s**.

² Lawrence, D (2016) «Klimaendring og framtidige flommer i Norge» NVE-rapport 81/2016

3 Hydraulisk modell

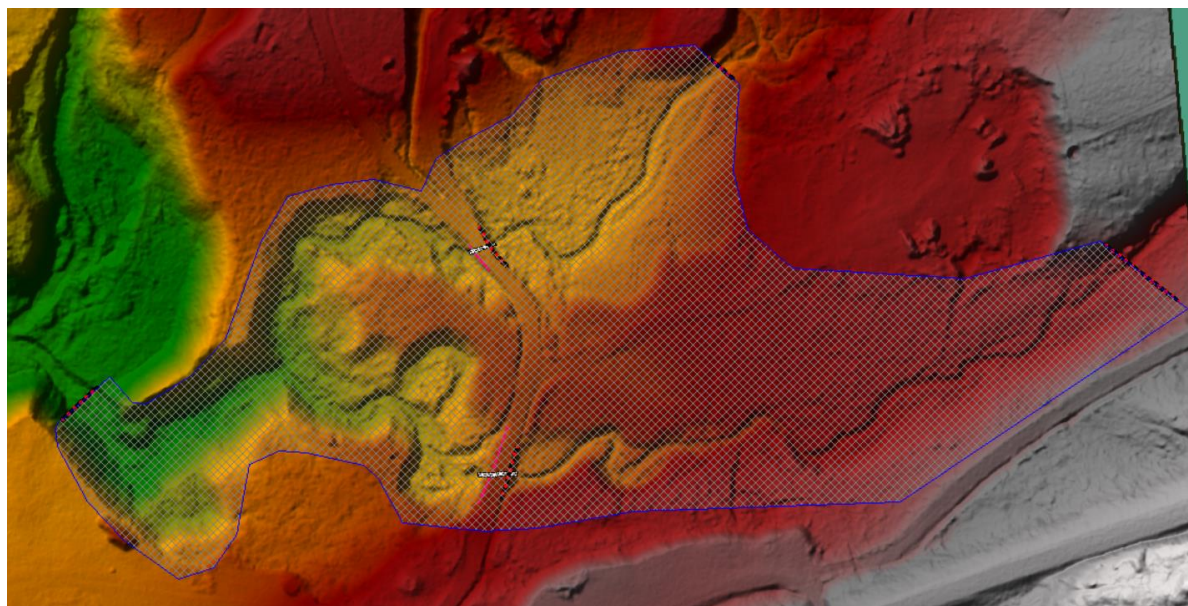
3.1 Oppsett

For å finne vanndybder, vannhastigheter og oversvømt areal er det satt opp en hydraulisk 2D-modell i programvaren HEC-RAS 5.0.7 som er utviklet av US Army Corps of Engineers. Det er valgt å bruke en todimensjonal modell i HEC-Ras, hvilket innebærer at modellen tar høyde for strømning i horisontalplanet, mens et gjennomsnitt tas over dybden. Dette betyr at vertikale strømningskomponenter ikke modelleres. En todimensjonal modell er særlig egnet til å modellere situasjoner hvor det er uklart hva strømningsretningen blir og der det er viktig å kartlegge strømmingen mer nøyaktig.

Terrengmodellen er basert på en laserskanning utført i forbindelse med nasjonal detaljert høydemodell (Narvik nord 2017, 2 pkt per m²). Skanningen er fra 22. oktober 2017. I følge simulert data på senorge.no var det ikke snø i området denne datoen, og siden skanningen er utført såpass sent på høsten, er skanningen trolig heller ikke forstyrret av mye vegetasjon. Vi har derfor ikke sett det nødvendig å gjøre justeringer i høydemodellen.

Den hydrauliske modellen har et beregningsnett med celler på 1x1 meter. Nedstrøms grensebetingelse er satt til normalstrømning med energihelning 2%. Oppstrøms grensebetingelse er vannføring. Siden de to delfeltene har tilnærmet identisk størrelse, er det valgt å sette vannføringen til 8 m³/s i hver av elvene, slik at det blir 16 m³/s totalt.

Videre er Manningstall (friksjonstall) for hele modellen satt til $n=0,05$. Dette er anbefalt verdi for lite til moderat vegetasjon.



Figur 4. Modellområde og terrengmodell.

3.2 Kulvertkapasitet

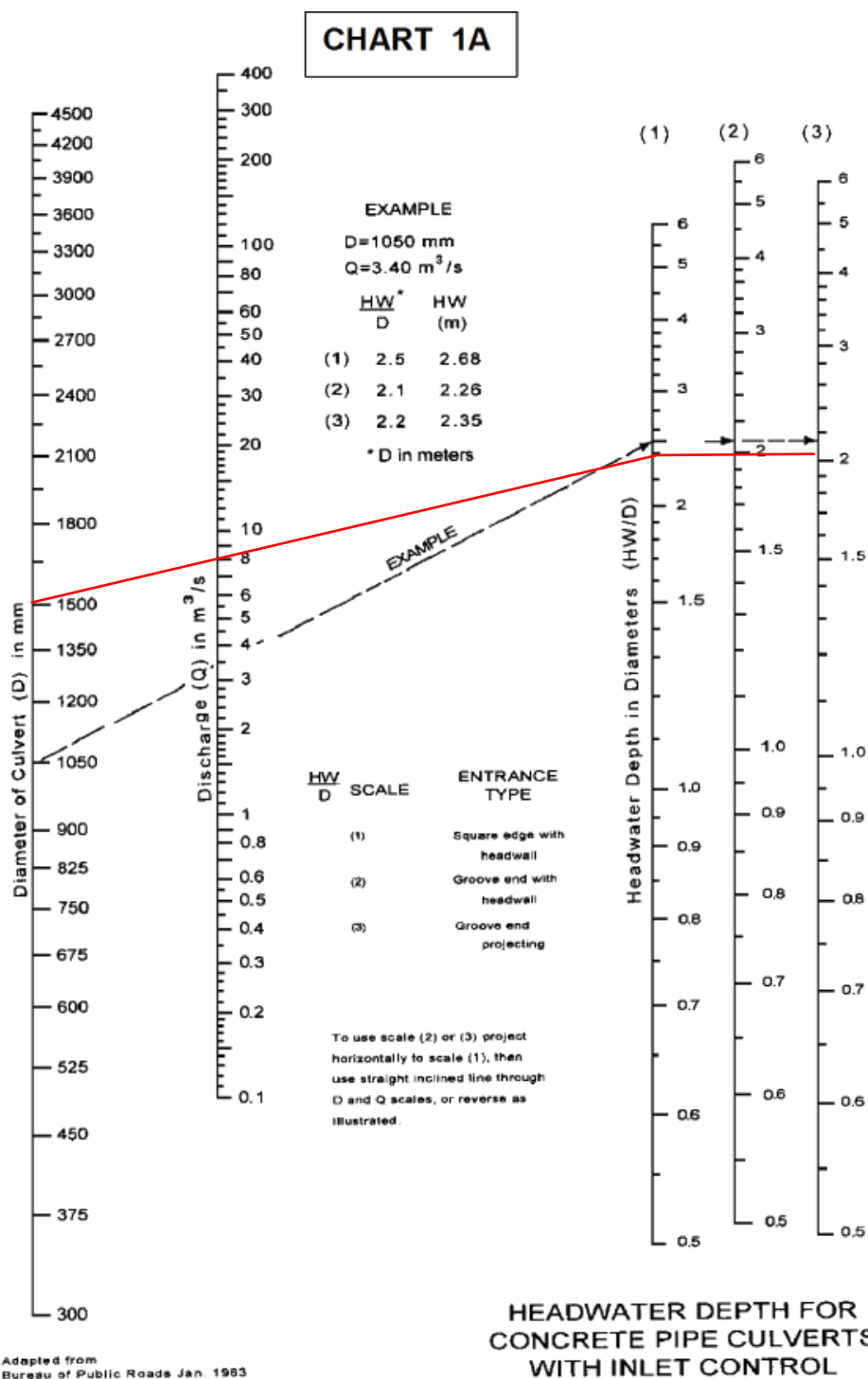
Innenfor modellområde er det en veg som krysser begge elvene. Det er opplyst at kulvertene i bekkekrysningene trolig har diameter på 1,5 meter. Dette er lagt inn i modellen. Lengden på kulvertene samt høyden på innløp og utløp er satt ut fra terrengmodellen, da det i skrivende stund er for mye snø for å kunne måle opp hvordan kulvertene ligger i forhold til det omkringliggende terrenget og vegoverbygningen.

Slik kulvertene er lagt inn i modellen i HEC-Ras har de en modellert kapasitet på 3,5-4,5 m³/s. Kulverten i nord ligger noe dypere i modellen, og har dermed også større avledningskapasitet, mens kulverten i sør ligger relativt grunt. Fordi dybden av kulvertinnløpet har stor betydning for modellresultatet, er det undersøkt hvilken dybde som er nødvendig for å få tilstrekkelig kapasitet til å avlede dimensjonerende flom. Med såpass korte kulverter, er det sannsynlig at kulvertene har innløpskontroll, og nomogram fra «Hydraulic Design of Highway Culvert»³ kan benyttes, se Figur 5. Her kommer det fram at for å avlede 8 m³/s, må HW/D være større enn 2, altså en vanddybde oppstrøms kulvertene på over 3 meter. Det er lite trolig at det er såpass stor høyde tilgjengelig, og videre er gjeldende anbefaling fra Statens vegvesen på HW/D mindre enn 1⁴.

Vi kan altså konkludere med at kulvertene har for liten kapasitet.

³ Schall, J.D., Thompson, P.L., Zerges, S.M., Kilgore, R.T. og Morris, J.L. (2012) «Hydraulic Design of Highway Culverts. Hydraulic Design Series Number 5» U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.

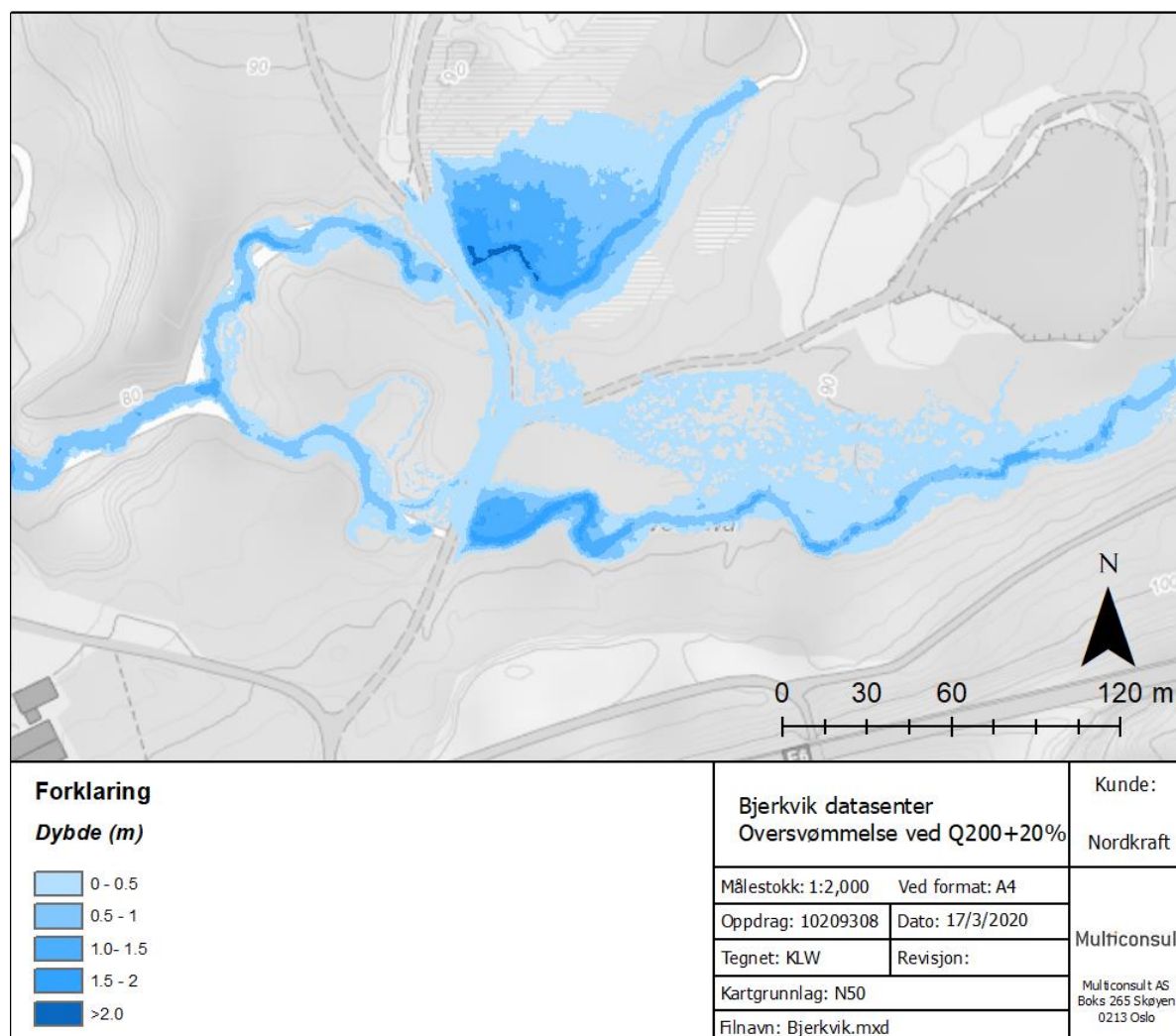
⁴ Vegdirektoratet (2018) «Håndbok N200 Vegbygging»



Figur 5. Nomogram for å bestemme kapasiteten til en sirkulær betongkulvert med innløpskontroll. Fra «Hydraulic Design of Highway Culverts».

3.3 Modellering av dagens situasjon

Modellert oversvømmelse ved $Q_{200}+20\%$ er vist i Figur 6. Det kommer fram at Tverrelva i sør går over sine bredder, og en mindre vannmengde renner mot Kvitsteinelva. Vegen vil også overtoppes ved begge kulvertene. Vanndybden over veien og i området mellom de to bekkene er på under 0,5 meter. Det vil samle seg opp en god del vann oppstrøms vegen ved Kvitsteinselva, og her er maksimal vanndybde over 2,5 meter.



Figur 6. Modellert oversvømmelse ved $Q_{200}+20\%$.

3.4 Tiltak for å unngå oversvømmelse

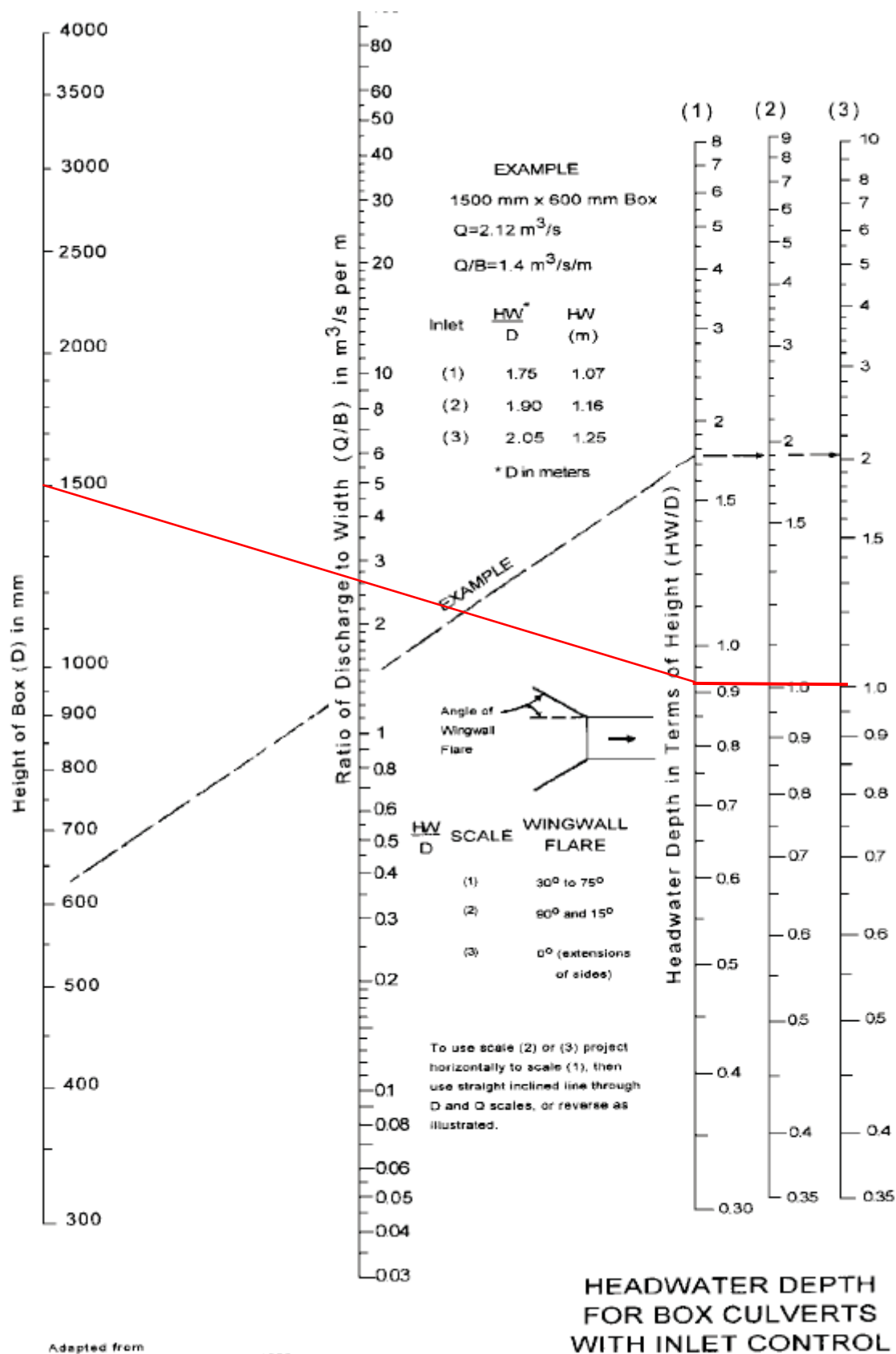
3.4.1 Flomvoll

For å unngå oversvømmelse ved Tverrelva kan det settes opp en lav flomvoll mot tverrelva. Mulig plassering av denne er skissert i figur 8. Vanndybden ved vollen er lav, kun ca. 30 cm. Vi anbefaler et fribord på 20 cm, som gjør at høyden på flomvollen blir ca. 50 cm. Vollen har en lengde på ca. 130 meter.

3.4.2 Kulverter

Det er mange ulike kombinasjoner av kulvertdimensjoner som kan gi tilstrekkelig kapasitet. For å unngå å grave betydelig i elveløpet eller å måtte heve veien mye, tar vi utgangspunkt i dagens kulvert med høyde på 1,5 meter. Om man setter maksimal vanndybde til topp kulvert, slik det er

anbefalt i Statens vegvesens håndbok N200, og bruker nomogram for rektangulære kulverter, finner man at en kulvert med høyde 1,5 meter har en enhetsvannføring på ca. $2,6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$. Med en vannføring på $8 \text{ m}^3/\text{s}$ er nødvendig bredde rett over 3 m.

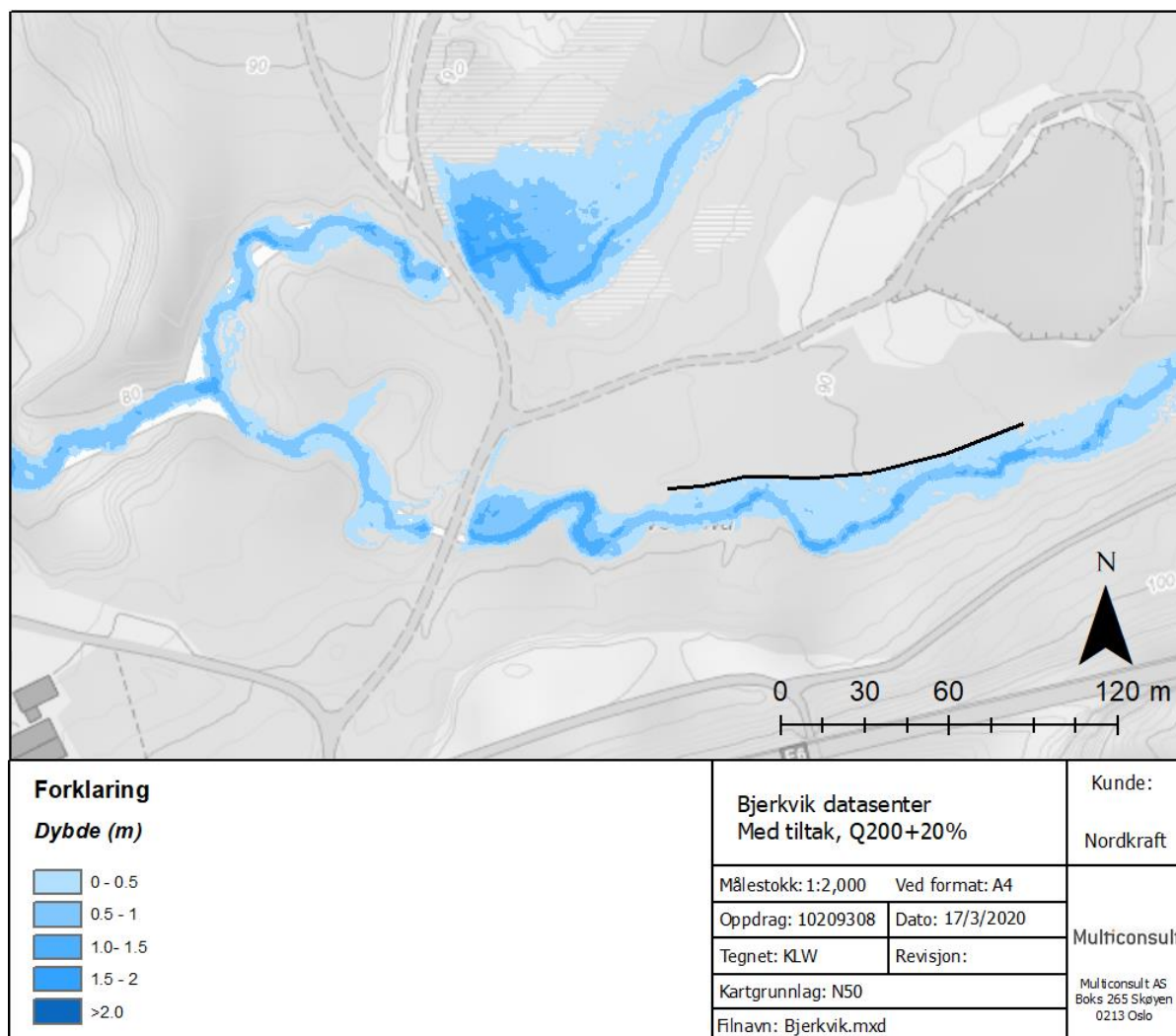


Adapted from
Bureau of Public Roads Jan. 1963

Figur 7. Avlesing av kulvertkapasitet for en rektangulær kulvert med høyde 1,5 meter. Fra «Hydraulic Design of Highway Culverts».

3.5 Modellering med tiltak

Med økte kulvertdimensjoner og en flomvoll som hindrer at vann strømmer utover planområdet, unngås en god del av oversvømmelsene. Modellen viser fortsatt en del oppstuvning i forkant av kulvertene, men dette kan reduseres ved å legge kulvertene dypere enn det de er lagt inn modellen.

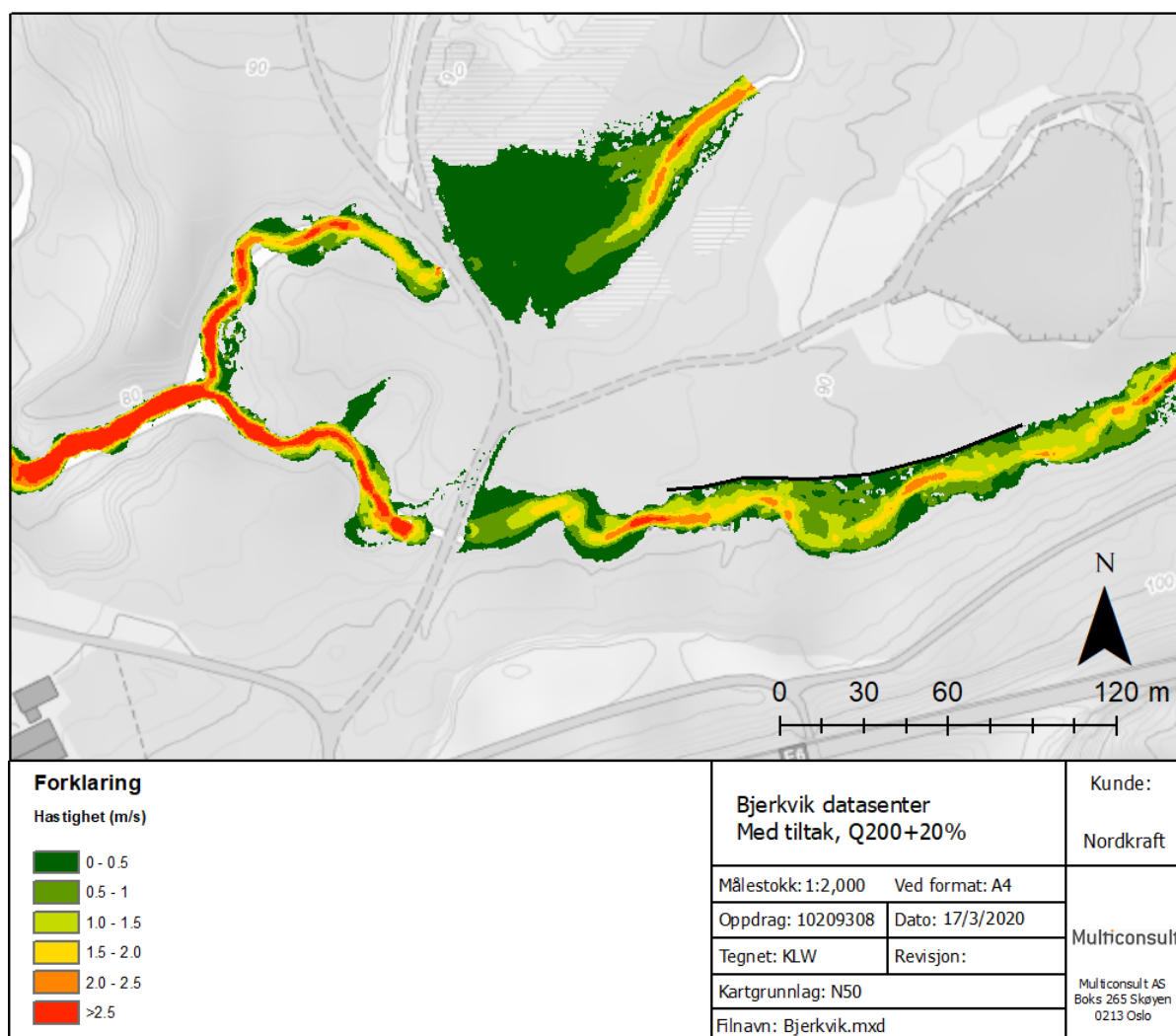


Figur 8. Modellert oversvømmelse ved Q200+20% med flomvoll og større kulverter. Flomvoll vist med sort strek.

3.5.1 Fare for erosjon

Flom gir ofte store vannhastigheter som medfører fare for erosjon. Modellen viser moderate hastigheter i området oppstrøms veiene. Maksimalhastighet i dette området er på 2,8 m/s. Løsmassekart over området viser at grunnen består av breelavsetninger. Dette er i utgangspunktet eroderbare masser, og noe erosjon kan forventes ved flom, men faren for det planlagte datasenteret vurderes som liten.

Nedstrøms vegen er elveløpet brattere og hastighetene blir noe større. Etter samløpet er hastigheten oppe i ca. 4,5 m/s. Denne elvestrekningen er imidlertid såpass langt unna tiltaksområdet at erosjon her ikke vil ha noen konsekvenser for datasenteret.



Figur 9. Kart som viser modellerte vannhastigheter ved $Q_{200}+20\%$.

4 Konklusjon

200-årsflom er beregnet med to ulike metoder, og det er valgt å bruke flomverdien funnet ved frekvensanalyse, som gir en kulminasjonsvannføring på $13,8 \text{ m}^3/\text{s}$. For å ta hensyn til framtidige klimaendringer, anbefales det å legge til 20% på denne flommen, og dimensjonerende flomverdi blir dermed på $16 \text{ m}^3/\text{s}$.

Denne flommen er fordelt $8 \text{ m}^3/\text{s}$ i hvert elveløp. Eksisterende kulverter har ikke tilstrekkelig kapasitet til å kunne ta unna denne vannmengden, og vegen vil bli overtoppet ved begge elvene. Videre er vannføringen i Tverrelva så stor at den vil oversvømme deler av området mellom de to elvene.

For å unngå denne oversvømmelsen, kan man erstatte eksisterende kulverter med nye kulverter med større dimensjoner. Det er også anbefalt en lav flomvoll mot Tverrelva for å unngå oversvømmelse herifra.