

Karmøy kommune

► Flomvurdering ny skole Vea

Oppdragsnr.: **5205763** Dokumentnr.: **HYD-01** Versjon: **B01** Dato: **2020-09-22**



Oppdragsgiver: Karmøy kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Jan Arvid Sandvik
Rådgiver: Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder: Gunvar Mjølhus
Fagansvarlig: Henrik Opaker
Andre nøkkelpersoner: Kuganesan Sivasubramaniam

B01	2020-09-22	For godkjenning hos Karmøy kommune	Kuganesan Sivasubramaniam	Henrik Opaker	Gunvar Mjølhus
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

Norconsult AS er engasjert av Karmøy kommune for å vurdere flomfaren i Vea for ny skole Vea i Karmøy kommune. Arbeidet gjøres for å danne et grunnlag for planlegging og for fremtidig flomsikring i området for den nye skolen.

Flomstørrelse i vassdraget er fastsatt ved bruk av den rasjonale formelen, og modellering av avrenning i HEC-RAS er lagt til grunn. 200-årsflom med klimapåslag (40 %) for Vea-felt er estimert til 0,2 m³/s.

Flomvannstandsstigning i tjernet og flomutbredelse rundt prosjektområde er beregnet ved bruk av en hydraulisk vannlinjemodell i dataprogrammet HEC-RAS. Resultatet fra simuleringen er presentert på flomsonekart som ligger vedlagt denne rapporten.

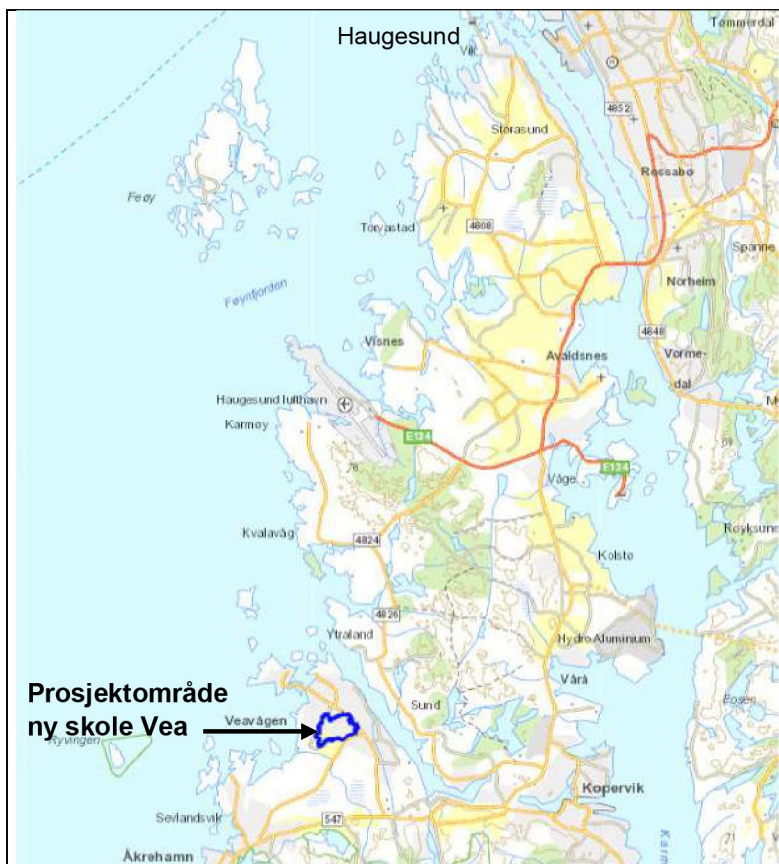
Utførte beregninger tilsier at området rundt tjernet vil være utsatt i en flomsituasjon. Vannstanden stiger ca. 0,25 m ved 200-årsflom i et fremtidig klima.

► Innhold

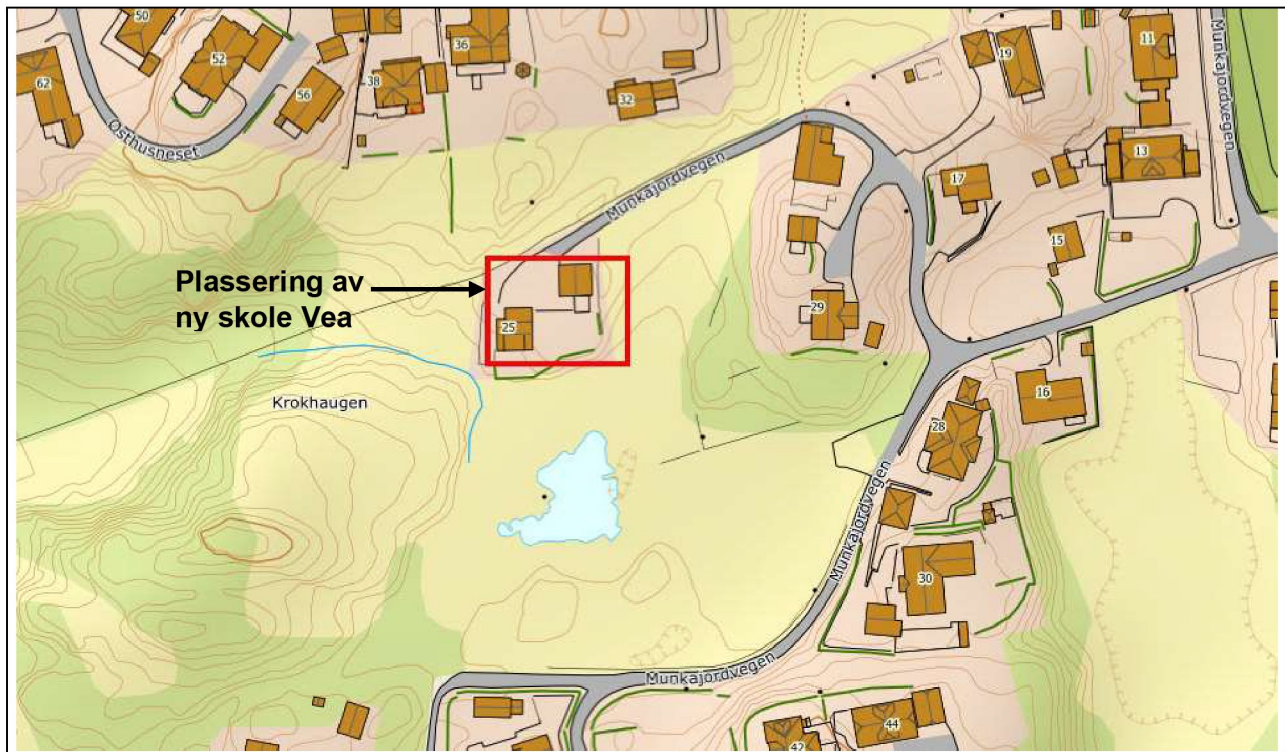
1	Innledning	5
1.1	Beskrivelse av nedbørfeltet til prosjektområde – ny skole Vea	7
2	Hydrologiske beregninger	8
2.1	Vurdering av årsmiddeltilslig	8
2.2	Flomberegninger	9
2.2.1	<i>Rasjonale formel</i>	9
2.2.2	<i>Modellering av avrenning i HEC-RAS</i>	10
2.2.3	<i>Endelig valg av flomstørrelse og klima påslag</i>	13
3	Hydrauliske beregninger	14
3.1	Beregningsmodell	14
3.2	Grensebetingelser	15
4	Resultater	16
5	Diskusjon og vurdering av resultat	18
6	Referanser	19
7	Vedlegg	20
7.1	IVF kurven, 47240 Karmøy Brekkevann	21
7.2	Flomsonekart 200-årsflom inkl. klimapåslag (40 %) for Vea-felt	22

1 Innledning

Norconsult AS er engasjert av Karmøy kommune for å vurdere flomfaren i prosjektområde for ny skole Vea i Veavågen, Rogaland i Vestland fylke. Hovedformålet med kartleggingen er å lage et grunnlag som kan utnyttes i arealplanlegging, byggesakshåndtering og for beredskap mot flom. Det er gjort beregninger for flom med gjentaksintervall på 200 år med klimapåslag. Oversiktskart med markering av prosjektområde for ny skole Vea er vist i Figur 1 og Figur 2.



Figur 1: Oversiktskart med markering av prosjektområde, ny skole Vea



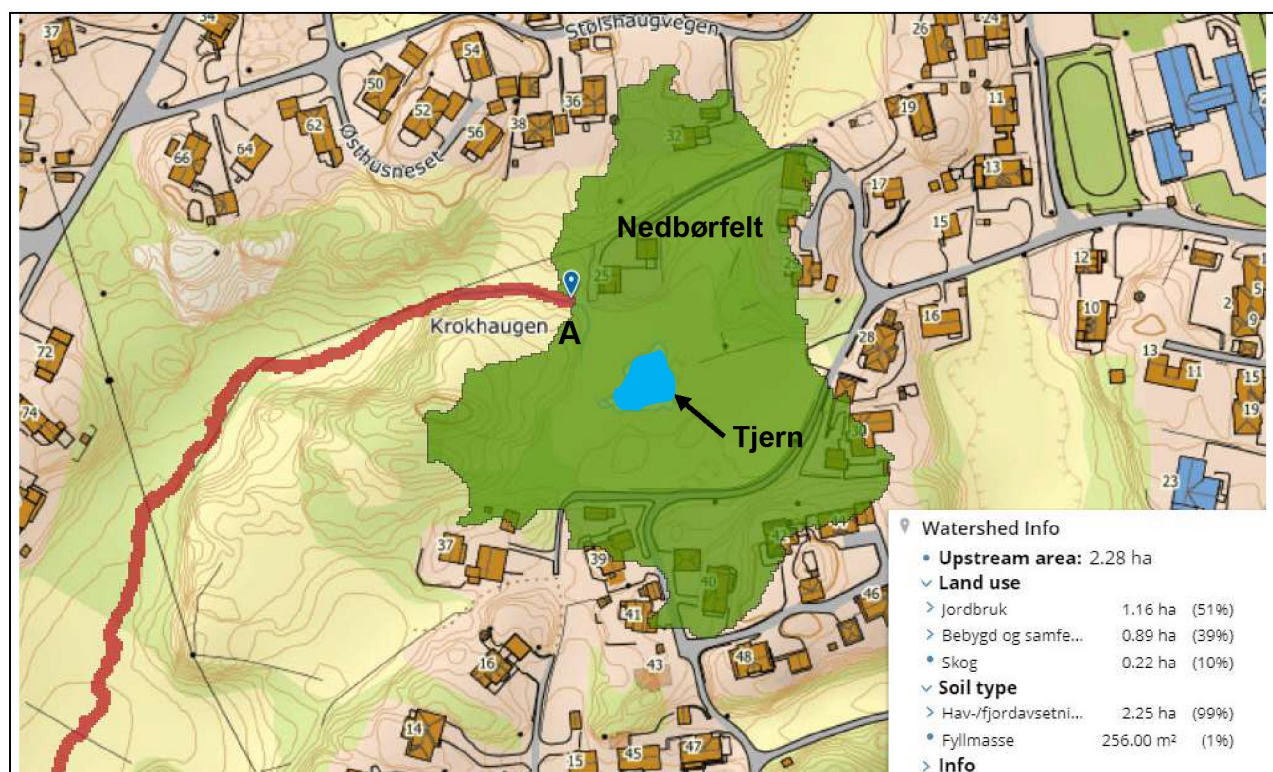
Figur 2: Oversiktskart med markering av mulig plassering av ny skole Vea.

1.1 Beskrivelse av nedbørfeltet til prosjektområde – ny skole Vea

Nedbørfeltet som bidrar til flomutbredelse i prosjektområdet er et lite felt nær kysten. Feltanalyse er utført i Scalgo (<https://scalgo.com/>), en web-basert karttjeneste [3]. Nedbørfeltet er på 0,0228 km² (2,28 ha) ved punkt A (Vea lokalfelt). Feltegenskaper er vist i Tabell 1. Feltet består av innmarksbeite, dyrket mark og skog samt bebygde flater og samferdsel. Feltet har et tjern med overflateareal ca. 500 m². Område rundt tjernet er nesten flatt. Fra utløpet av feltet (punkt A) renner vannet nedstrøms gjennom relativt bratt terreng, hvor fallet er 11,5 m over 300 m (ca. 4%).

Tabell 1: Feltegenskaper Vea felt.

Felt	Areal (km ²)	Eff. sjø (%)	Skog (%)	Bebygd og samferdsel (%)	Jordbruk (%)	Åpen fastmark (%)	Årstilsig (NVE avrenningskart 1961-90) (l/s/km ²)
Vea-felt (Felt til punkt A)	0,0228	0,0	10	39	51	-	37



Figur 3: Nedbørfelt til punkt A (Vea-felt).

2 Hydrologiske beregninger

2.1 Vurdering av årsmiddeltilsig

Middeltilsiget til Vea-feltet er ifølge NVEs avrenningskart for 1961-1990 37,0 l/s/km². I analysen er det for vannmerkene i området lagt til grunn faktisk observert middeltilsig. Det er foretatt vurdering for tre vannføringsstasjoner som ligger i nærheten av Vea-feltet (se Figur 4 og Tabell 2).

Som vist i Tabell 2 tilsier analysen som er gjort at NVEs avrenningskart 1961-90 gir realistiske estimat for spesifikt tilsig i regionen. Vi har valgt å beholde verdien (37,0 l/s/km²) fra NVE's avrenningskart for Vea-feltet.

Tabell 2: Vannmerker benyttet til vurdering av årsmiddeltilsig

Målestasjon	Feltareal (km ²)	Periode	Høyde (m o.h.) (min-med-max)	Eff. Sjø (%)	Midlere spes. avrenning, QN (l/s/km ²)	
					Fra NVEs avrenningskart (1961-1990)	Fra Vannmerke
39.2 Kallandsvatnet	7,68	2005-2019	10-37-241	7.9	41.9	45.6
39.1 Tysvær	3,34	1975-2019	10-25-64	15.1	41.6	42.2
41.5 Stakkastadvatn	32,9	1936-1974	11-58-308	8.3	49.5	43.4
Gjennomsnitt					43,7	44,3



Figur 4: Vannmerker benyttet til vurdering av årsmiddeltilsig.

2.2 Flomberegninger

Vea er et mindre nedbørfelt. Beregning av flomstørrelse for Vea er i denne rapporten utført ved bruk av den rasjonale formel samt modellering av avrenning i Hec-Ras.

2.2.1 Rasjonale formel

Avrenningen (Q) i den rasjonelle formelen er basert på målt nedbør, gitt ved:

$$Q = C * I * A$$

her C = avrenningsfaktor
I = dimensjonerende nedbørintensitet, (l/(s* ha))
A = feltareal (ha)

Den rasjonelle formelen passer best til små nedbørfelt (felt mindre enn 2 km²) med rask respons [1]. I denne analysen er IVF-kurven (Intensitet-varighet-frekvenskurver) for 47240 Karmøy Brekkevann (Vedlegg 1), som ligger 3 km unna Vea-feltet, brukt for å beregne nedbørintensiteten med 200-års returperiode. Konsentrasjonstiden er beregnet ved bruk av formler gitt i Statens vegvesens håndbok N200 [1] for naturlige

felt, da nedbørfeltet i hovedsak består av innmarksbeite, dyrk mark og skog. Avrenningsfaktor for 10-års returperiode er satt lik 0,35 for skogsområder og dyrket mark basert på feltegenskaper. Beregningene er imidlertid utført også for avrenningsfaktor $C=0,2$ og $C=0,5$, og vist i parentesene for å sammenligne. C-faktor for 200-års returperiode fås ved å multiplisere med 1,3, som angitt i håndbok N200.

Tabell 3: 200-årsflom (kulminasjonsverdi) beregnet med rasjonale formel

	Feltareal (km ²)	Avrenningsfaktor, C (10-år returperiode)	Konsentrasjonstid (min)	Q200 spes. (l/s/km ²)
Vea-felt	0,0228	0,35 (0,2 - 0,5)	38	5278 (3016 – 7540)

2.2.2 Modellering av avrenning i HEC-RAS

Flomforløp forårsaket av 200-års nedbør på nedbørfeltet til Vea er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal-grid-basert hydraulisk modell i dataprogrammet HEC-RAS. Beregningsmodellen er beskrevet i avsnitt 3.1.

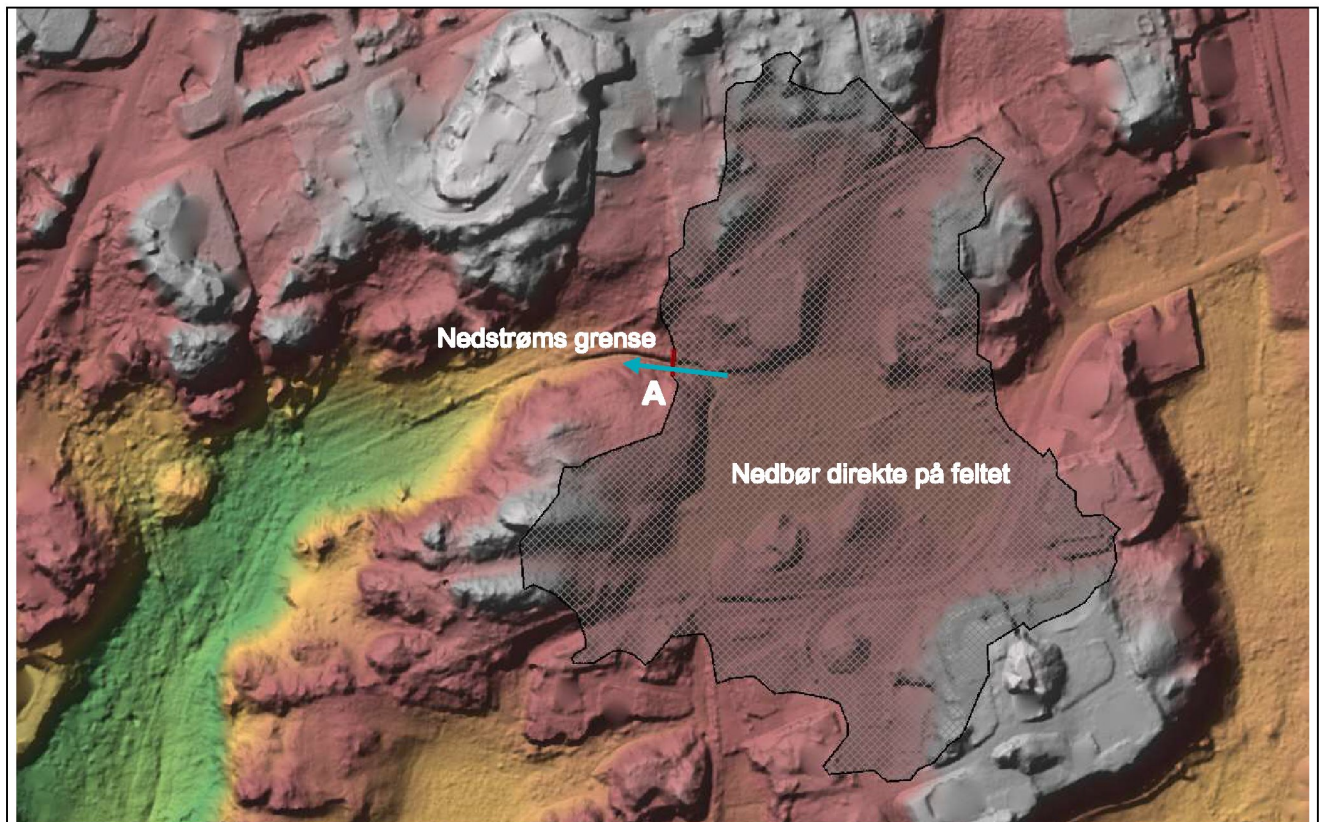
Nedbørdata med 200-års gjentakintervall, hentet fra IVF kurven for 47240 Karmøy Brekkevann er presentert i Tabell 4. Et nedbørforløp med oppløsning på ett minutt over 6 timer er konstruert, og det er antatt at nedbørfordelingen er symmetrisk med høyeste nedbørintensitet i time to av seks (se Figur 6).

Tabell 4: Nedbørsum med 200-års returperiode for 47240 Karmøy-Brekkevann.

Varighet (minutt)	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	120	180	360
Nedbørsum (mm)	2,9	5,3	7,1	9,6	13,3	16,8	19,2	23,1	28,4	31,2	41,3	51,7	60,3

HEC-RAS tar ikke hensyn til infiltrasjon. Nedbørsserier må derfor justeres for infiltrasjonstap, og effektiv nedbør brukes som input til modellen. Effektiv nedbør beregnes ved å gange nedbørserien med avrenningskoeffisienter som benyttet i den rasjonale metoden (se avsnitt 2.2.1).

2D-modellen er satt opp med grensebetingelser, hvor nedbørforløp (beregnet effektiv nedbør) er lagt direkte på beregningsgridet (1m x 1m). Nedstrøms grensebetingelse er satt til normaldybde (helning vannlinje lik 0,04) ved punkt A (jf. Figur 5).

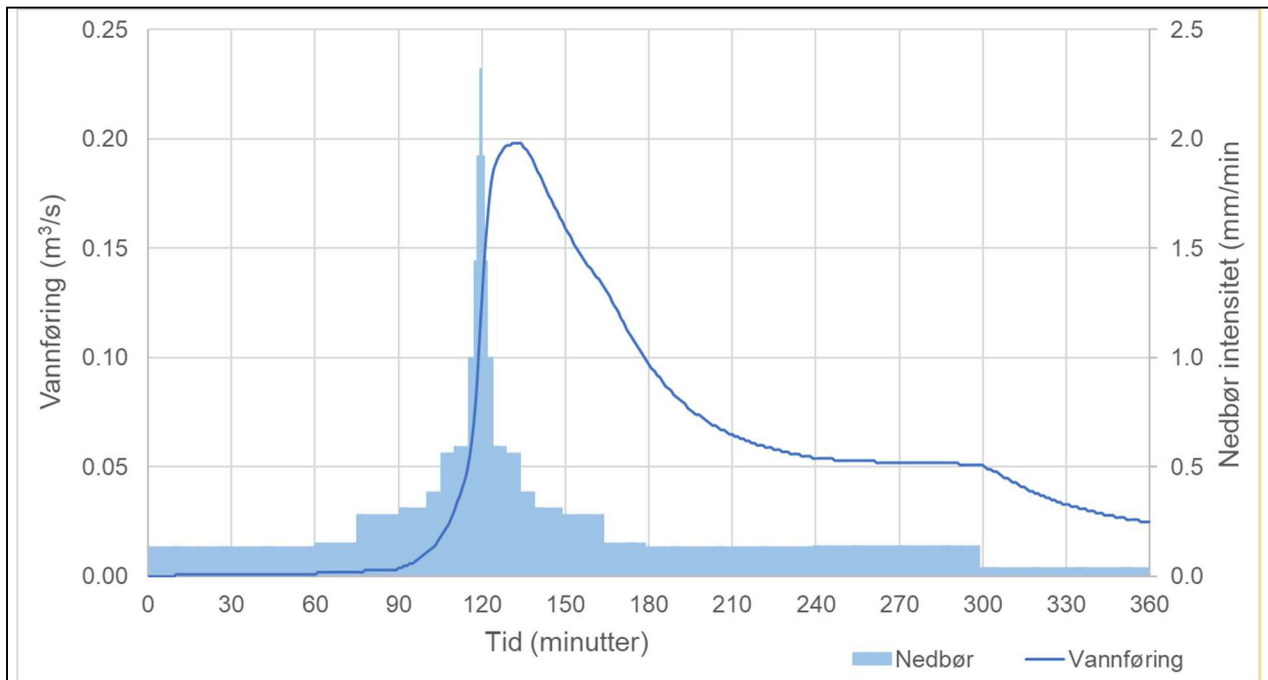


Figur 5: Modellert areal (nedbørfelt), modellering av avrenning i HEC-RAS.

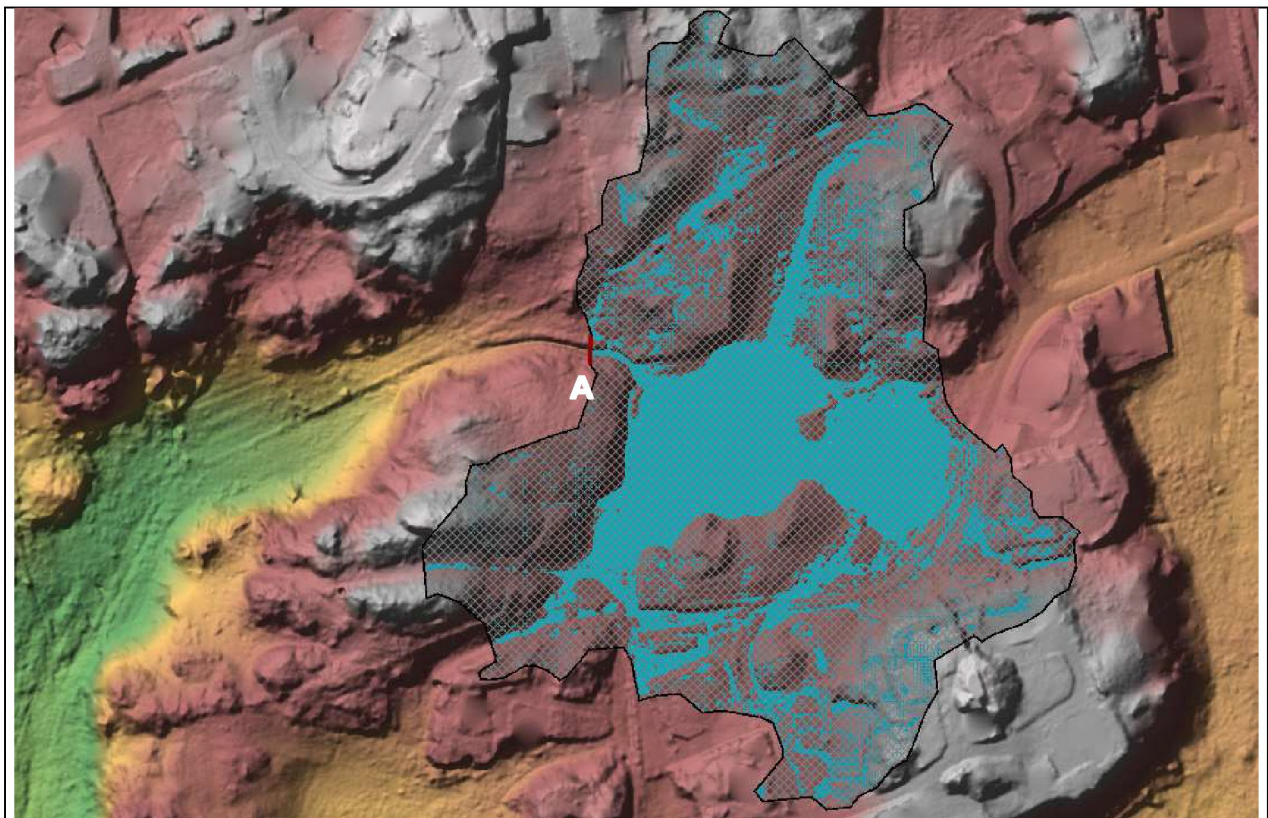
Kulminasjonsvannføringer på punkt A for ulike avrenningskoeffisienter er vist i Tabell 5. Det resulterende flomforløpet ved punkt A er vist i Figur 6, og flomveger og flomutbredelse, forårsaket av 200-års nedbørførlop som er justert med avrenningskoeffisient $C=0,8$ er vist i Figur 7.

Tabell 5: Beregnet kulminasjonsvannføring for ulike avrenningskoeffisienter.

	Feltareal (km ²)	C=0,26 (0,2x1,3)		C=0,455 (0,35*1,3)		C=0,65 (0,5x1,3)		C= 0,8	
		m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²
Vea-felt (Felt til punkt A)	0,0228	0,02	880	0,06	2630	0,14	6140	0.20	8870



Figur 6: Nedbørførløp og resulterende vannføring i punkt A (Avrenningskoeffisient, $C = 0,8$).



Figur 7: Flomveger og flomutbredelse, forårsaket av 200-års nedbør direkte på feltet (Avrenningskoeffisient, $C = 0,8$).

2.2.3 Endelig valg av flomstørrelse og klima påslag

Rasjonale formel gir høyere verdier for 200-årsflom enn modellering av avrenning i HEC-RAS med samme avrenningskoeffisient (se Tabell 5). Avrenningsmodellen i HEC-RAS er ukalibrert da det ikke finnes noen observasjoner for å kalibrere modellen. Videre er det usikkerheter i beregning av infiltrasjonstap, og dermed effektiv nedbør som er input til modellen. En konstant avrenningskoeffisient er brukt for celler i hele feltet siden ulike nedbørverdier ikke kan brukes avhengig av overflatetype i HEC-RAS. Vi har derfor lagt mer vekt på rasjonale metode enn modellering av avrenning i HEC-RAS, og det er valgt å bruke verdien beregnet med den rasjonale metoden.

Klimaframskrivninger for Norge tilsier endringer i fremtidig temperatur- og nedbørforhold. I rapporten «Klimaendring og fremtidige flommer i Norge», har NVE sett på hvordan klimaendringer vil føre til endringer i flomstørrelser frem mot år 2100 [2]. Vea-felt ligger i Karmøy kommune i Vestland fylke. Ifølge siste rapport om klimaendring og framtidige flommer i Norge [2] anbefales det et klimapåslag på 20 % - 30 % i Rogaland og Agder for mindre nedbørfelt som ligger nær kysten. NVE anbefaler imidlertid et klimapåslag på 40 % generelt for små felt i Vestland. Vi har derfor brukt klimafaktor ($F_k = 1,4$) for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer.

For å ta hensyn til usikkerheten ved beregning av dimensjonerende avrenning ved bruk av rasjonale formel er det brukt sikkerhetsfaktor ($F_u = 1,2$) som anbefalt i Statens vegvesens håndbok [1].

Tabell 6: Dimensjonerende 200-årsflom (momentanverdi)

	Feltareal (km ²)	Valgt (l/s/km ²)	Inkl. F_k og F_u (1,68) (l/s/km ²)	Vannføring (m ³ /s)
Vea-felt (Felt til punkt A)	0,0228	5280	8870	0,20

Dimensjonerende 200-årsflom (0,2 m³/s) vist i Tabell 6 tilsvarer resulterende kulminasjonsvannføring i avrenningsmodellen i HEC-RAS med avrenningskoeffisient, $C=0,8$ (se Tabell 5). Dersom 200-års nedbør skaleres med avrenningskoeffisient samt klima og sikkerhetsfaktor ($0,455 \times 1,4 \times 1,2 \sim 0,8$) før den brukes som input til avrenningsmodellen i HEC-RAS, samsvarer flomvannføringen (0,2 m³/s) fra de to metodene.

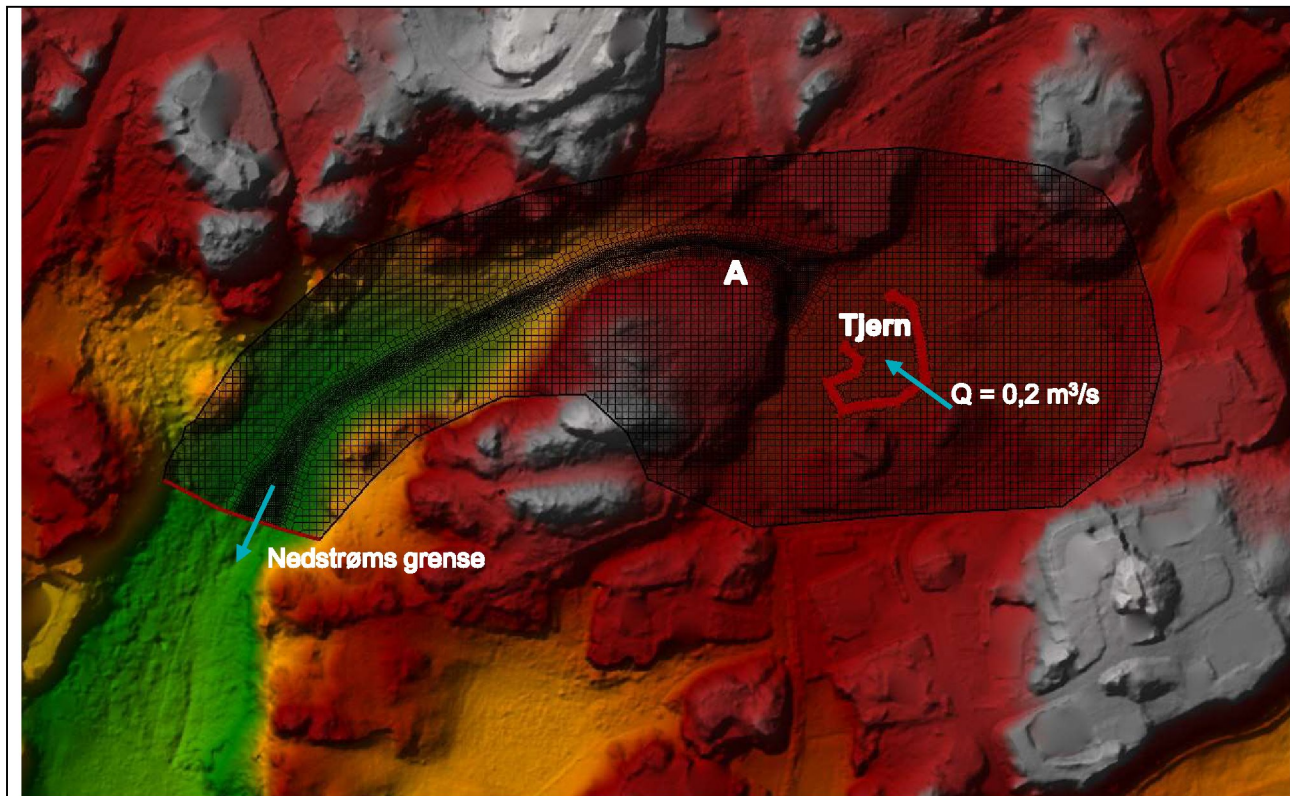
Vi har derfor valgt å legge til grunn flomforløp med kulminasjonsvannføring 0,2 m³/s, som er fra avrenningsmodellen i HEC-RAS med avrenningskoeffisient $C=0,8$. Vi rutet dette flomforløpet i en hydraulisk-modell i HEC-RAS som beskrevet i følgende avsnitt.

3 Hydrauliske beregninger

3.1 Beregningsmodell

Vannstandsstigning og flomutbredelse ved prosjektområde for ny skole Veia er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell satt opp i dataprogrammet HEC-RAS. Grunnlaget for modellen er laserdata over området fra 2017 («NDH Karmøy-Haugesund 5pkt 2017») hvor nøyaktigheten / tettheten er 5 pkt. per kvadratmeter, og den har en oppløsning på 0,25 m x 0,25 m [4]. Høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000.

Vannstand, vannføring og vannhastighet i modellen beregnes for celler i et «beregningsmesh». Cellestørrelsen i modellen er satt til 0,5 x 0,5 meter i elven og områdene tett på. Flatere områder har cellestørrelse på 2 x 2 meter. Modellen starter oppstrøms grensen til Veia-feltet og avslutter ca. 180 m nedstrøms punkt A. Høydemodellen som viser modellerte område, er vist i Figur 8.



Figur 8: Høydemodell over modellert område.

3.2 Grensebetingelser

2D-modellen er satt opp med en øvre og nedre grensebetingelse. Oppstrøms grensebetingelse er satt som intern grensebetingelse, der det er lagt til flomvannføringer inn til tjernet (jf. Figur 8). Flomvannføringen er et flomforløp, beregnet ved punkt A, og beskrevet i avsnitt 2.2.3.

Nedstrøms grensebetingelse er satt til normaldybde (helning vannlinje lik 0,03), og er plassert like nedstrøms et parti der bekken faller med 1,2 m over en strekning på ca. 40 m (jf. Figur 8).

Friksjonsfaktoren for beregningsstrekningene er basert på Manningstall (n), og varierer fra 0,017 der det er veger til 0,08 i skogområdene. I innmarksbeite og åpen fastmark er Manningstallet satt til 0,045, mens myr har Manningstall 0,06. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk.

4 Resultater

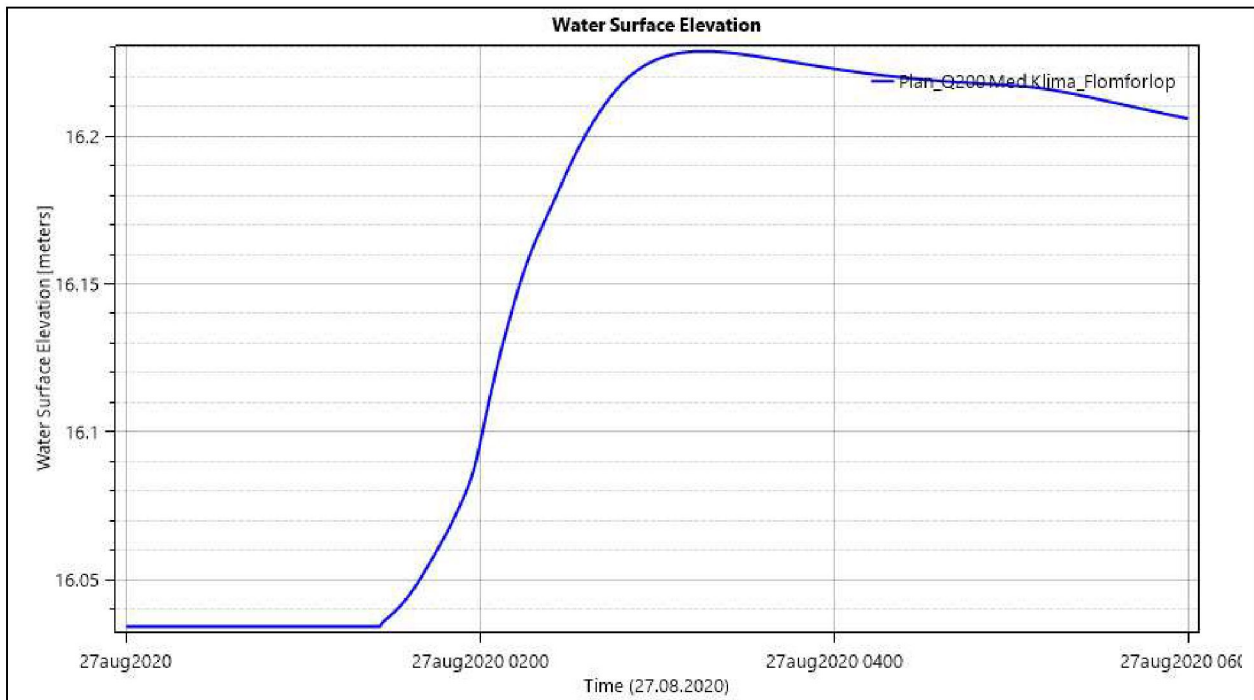
Flomvannstand ved tjernet og flomutbredelse er vurdert for flom med gjentaksintervall på 200 år i et fremtidig klima (40% klimapåslag). Flomsonekart som viser flomutbredelse i prosjektområde for ny skole Vea ligger vedlagt (Vedlegg 2).

I Figur 9 er det vist oversvømt område i prosjektområde. Siden område rundt tjernet er flat, oversvømmes det nærliggende område. Simulerte vannstander for tjernet er vist i Figur 10. Vannstanden stiger ca. 0,25 m, og oppnår 16,23 m o. h. i tjernet.

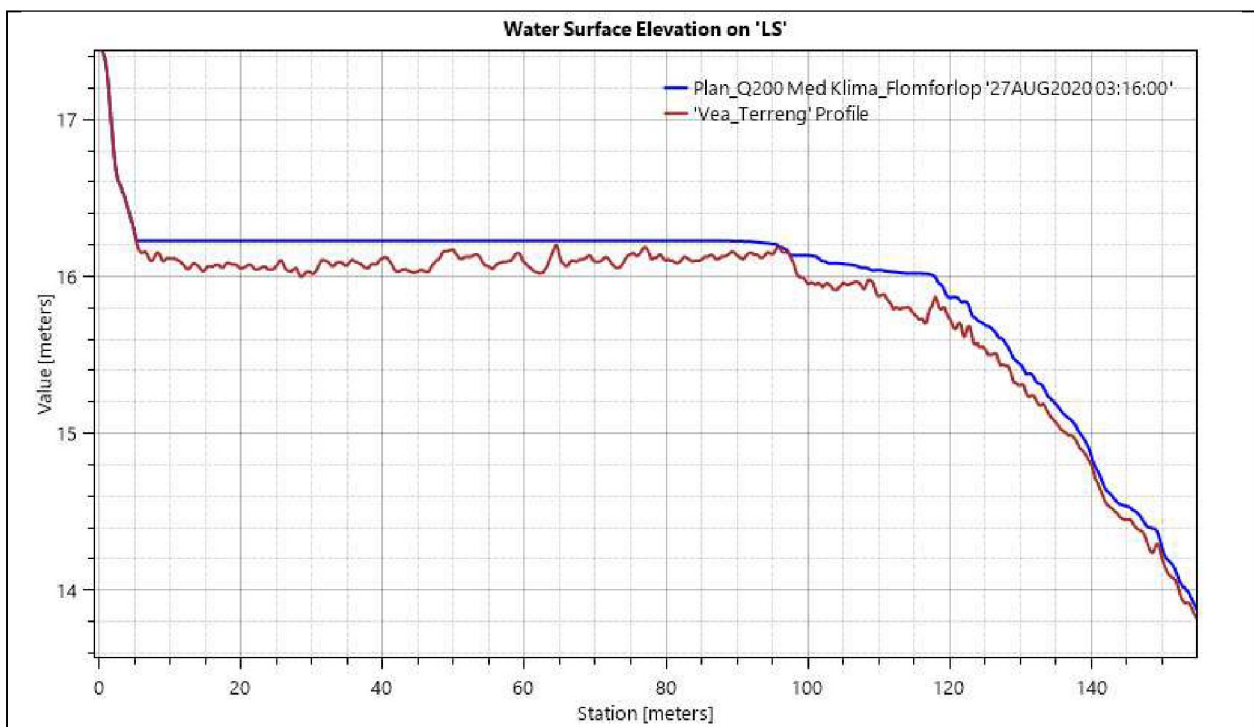
Flomvegen nedstrøms punkt A er relativt bratt, og på beregningsstrekningen vil flomvannet i hovedsak følge selve elveløpet. Et lengdeprofil med terrenget og vannstander, som begynner fra Mungajordvegen i oppstrøms ende og går gjennom tjernet og elveløpet nedstrøms er vist i Figur 11. Beliggenheten til lengdeprofilen er markert i Figur 9.



Figur 9: Flomutbredelse i prosjektområde, ny skole Vea (200-årsflom med 40 % klimapåslag).



Figur 10: Simulerte vannstander i tjernet.



Figur 11: Lengdeprofil som viser terreng samt simulerte vannstander (LS er vist i Figur 9).

5 Diskusjon og vurdering av resultat

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til beregninger av flom og flomvannstand. Flomberegningen som er utført for prosjektområde, ny skole Vea, er gjort med to ulike beregningsmetodikker og beregnede vannføringer er deretter sammenlignet. Resultatet fra beregningene viser relativt stor forskjell i forventet vannføring, og ved valg av flomstørrelse er en konservativ tilnærming valgt.

Terrengmodellen og datagrunnlaget som vannlinjemodellen er basert på, er laget med punktoppmåling registrert fra fly. Punktoppmåling fra fly har i utgangspunktet høy nøyaktighet, men nøyaktigheten reduseres i områder med skog. Vea-felt har imidlertid lite skogsområde. Utstyret brukt i punktoppmåling fra fly ikke kan penetrere vann og terrengmodellen, er derfor basert på vannoverflaten på skanningsdatoen istedenfor den reelle elvebunnen. I området med dypt vann kan dette føre til underestimering av elveløpets kapasitet. Mer detaljert terrenggrunnlag vil kunne øke nøyaktigheten i beregningene, men eksisterende detaljeringsgrad vurderes som tilstrekkelig og det er ikke forventet at et annet grunnlag vil ha stor innvirkning på flomutbredelse.

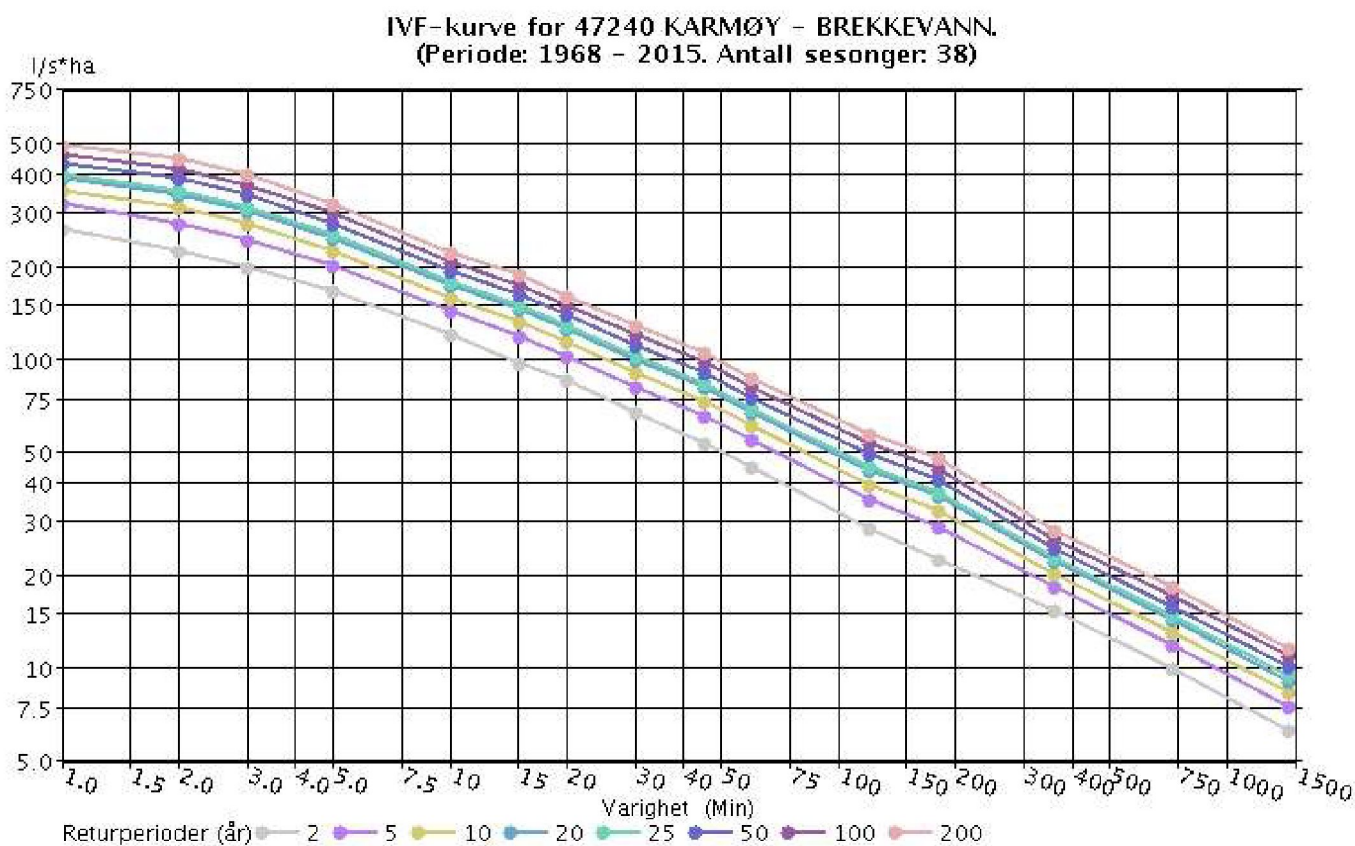
6 Referanser

1. Statens vegvesen (2018), Vegbygging Håndbok N200
2. NVE (2016). Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE-rapport 81-2016.
3. <https://scalgo.com/en-US/scalgo-live-documentation/country-specific/norway>
4. <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>

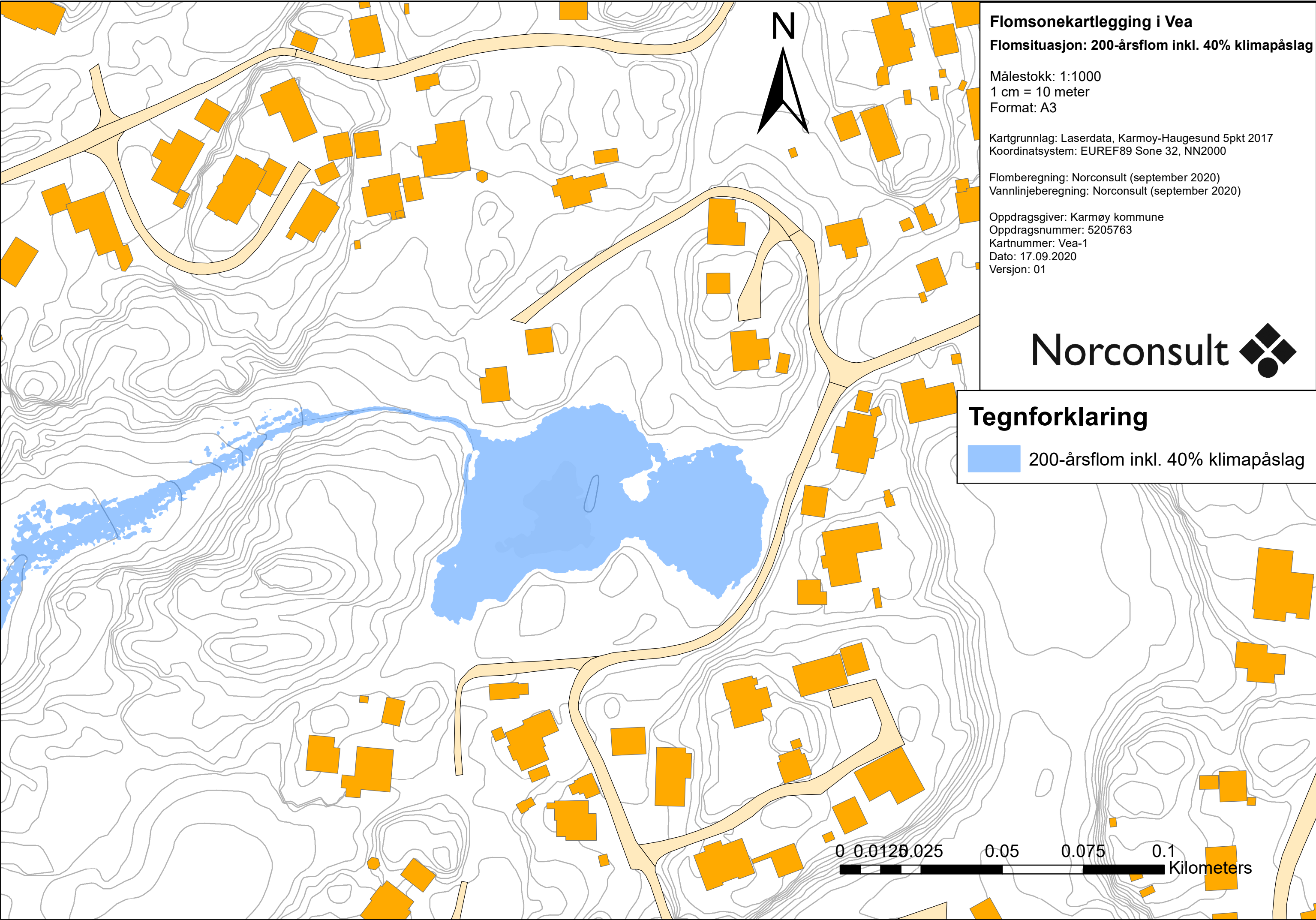
7 Vedlegg

1. IVF kurven, 47240 Karmøy Brekkevann.
2. Flomsonekart 200-årsflom inkl. klimapåslag (40 %) for Vea-felt

7.1 IVF kurven, 47240 Karmøy Brekkevann



7.2 Flomsonekart 200-årsflom inkl. klimapåslag (40 %) for Vea-felt



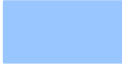
Flomsonekartlegging i Veia
Flomsituasjon: 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag
Målestokk: 1:1000
1 cm = 10 meter
Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata, Karmøy-Haugesund 5pkt 2017
Koordinatsystem: EUREF89 Sone 32, NN2000

Flomberegning: Norconsult (september 2020)
Vannlinjeberegning: Norconsult (september 2020)

Oppdragsgiver: Karmøy kommune
Oppdragsnummer: 5205763
Kartnummer: Veia-1
Dato: 17.09.2020
Versjon: 01



Tegnforklaring
 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag

0 0.0125 0.025 0.05 0.075 0.1 Kilometers