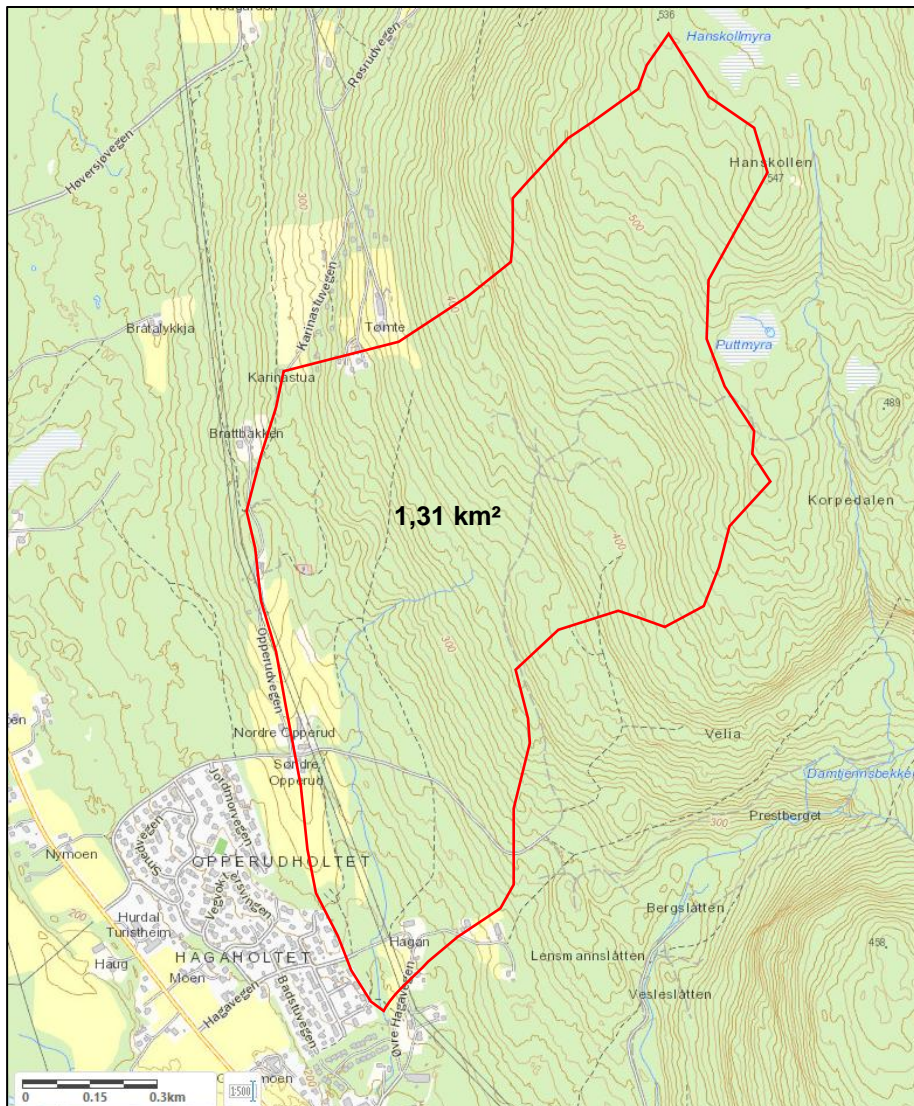


Til: Hurdal kommune
Fra: Jon Olav Stranden
Dato: 2018-05-03

Opperdubekken i Hurdal - Beregning av 200-års flomvannføring

I forbindelse med vurderinger knyttet til kulvertkapasiteter ved Haganfeltet i Hurdal, er det gjort en beregning av fremtidig 200-års flomvannføring i bekken, som passerer gjennom området. Bekken er i dette notatet kalt Opperdubekken. Nedbørfeltet, som er referert til like oppstrøms innløpspunktet til kulvert ved Hagavegen på ca. kote 207, er vist i Figur 1. 200-års flomvannføring i Opperdubekken er her beregnet til 3,85 m³/s (inkludert 20% klimapåslag).



Figur 1 Nedbørfelt.

Flomvurdering

Nedbørfeltet til Opperudbekken i Hurdal ved kote 207 er beregnet ved hjelp av 1 m koter til 1,31 km² (Figur 1). Opperudbekken løper sammen med Hurdalselva om lag 2 km før utløpet i Hurdalssjøen. I henhold til NVEs avrenningskart 1961-90 er årsmiddeltilsiget i nedbørfeltet på ca. 19 l/(s*km²), som svarer til en middelvannføring på 25 l/s.

Som dimensjonerende flom skal det legges til grunn en 200-årsflom, inklusive klimapåslag.

Norconsult har vært involvert i en rekke flomberegninger for små felt i den sentrale Østlandsregionen de siste årene, blant annet for oppdragsgivere som Jernbaneverket, Oslo kommune, Nedre Romerike vannverk, Lillehammer kommune, Statskog, E-CO og Glitrevannverket.

Beregningene har også omfattet nedbørfelt i Hurdal. Vi har således et bredt grunnlag fra tidligere tilsvarende analyser. Siden nedbørfeltet er lite, er vurderingen av flomstørrelse basert på tre ulike estimater:

1. Regional flomfrekvensanalyse på små nedbørfelt (to alternative tilnærminger Norconsult)
2. NVEs formelverk for beregning av flommer i små felt (NIFS)
3. Den rasjonale formel

I avsnittene under er det utført beregninger ved bruk av de ulike metodikkene, etterfulgt av et sammenfattende avsnitt med konklusjon på flomstørrelse.

Kulminasjonsflom

Siden flommene i små nedbørfelt varierer mye over ett døgn, vil maksimal flomverdi i løpet av døgnet alltid være vesentlig høyere enn døgnmiddelflommen. Døgnmiddelveidien ved Q_{200} vil derfor bare representere en gjennomsnittsverdi for ett døgn, som er vesentlig lavere enn reell, maksimal 200-års flomverdi i løpet av det samme døgnet. Det er derfor nødvendig å bestemme et realistisk forholdstall mellom maksimal flom og døgnmiddelflom, $Q_{mom}/Q_{døgn}$, ofte kalt kulminasjonsfaktor.

Forholdet mellom momentanflom og døgnflom beregnet etter formelverket i NVEs retningslinjer for flomberegninger er 2,24 for Opperudbekken. Observerte forholdstall $Q_{mom}/Q_{døgn}$ for de fire minste feltene i Tabell 1 varierer fra 1,56-2,91, der det høyeste forholdstallet er for det minste feltet. For 8.6 Sæternbekken er det observert forholdstall på 2,4 (fra NVEs retningslinje for flomberegninger), mens de 5-10 største registreringene i perioden 1989-2017 antyder verdier opp mot 3. Vi mener på dette grunnlaget at det bør legges til grunn en $Q_{mom}/Q_{døgn}$ for Opperudbekken på 3,0.

1. Regional flomfrekvensanalyse

Det er tidligere utført flomfrekvensanalyse på data fra feltene vist i Tabell 1, med resultatet for 1000-årsflom vist til høyre i tabellen som døgnmiddel. Høstflommene i de naturlige feltene i dette området har normalt vært litt større enn årsflommene, men for så små felt som Opperudbekken vil det være naturlig å se på årsflommer. Årsaken er at kortvarige og intense tilsigsepisoder like gjerne kan opptre på sommeren som på høsten. I tillegg ser vi at vinterflommer opptrer hyppigere.

Det er utført en multipel regresjonsanalyse på datasettet i Tabell 1. Analysen viser at feltareal (A), effektiv sjøprosent (Eff.sjø%) og årlig midlere tilsig (Q_N) kan forklare mye av variasjonen i ekstremflommene i regionen ($R^2 = 0,79$). Figur 2 viser et spredningsdiagram for regresjonsmodellen sammenlignet med flomfrekvensanalyse. Det er en styrke i denne analysen at ingen av feltene som inngår i analysen skiller seg spesielt ut, samt at et brukbart antall vannmerker inngår. Ligningen blir:

$$Q_{1000} \text{ (døgnmiddel, l/(s*km}^2\text{))} = 608,2 - 72,2*\ln(A) + 20,0*Q_N - 80,4*\text{Eff.sjø}\%$$

Ligningen viser at flommene øker med økende spesifikt årsmiddeltlig, og avtar med økende areal og effektiv sjøprosent. Dette er rimelig.

Erfaringsmessig utgjør 200-årsflom om lag 85 % av 1000-årsflommen. For Opperudbekken gir dermed den regionale ligningen for Oslo-området en 200-årsflom på 823 l/(s*km²).

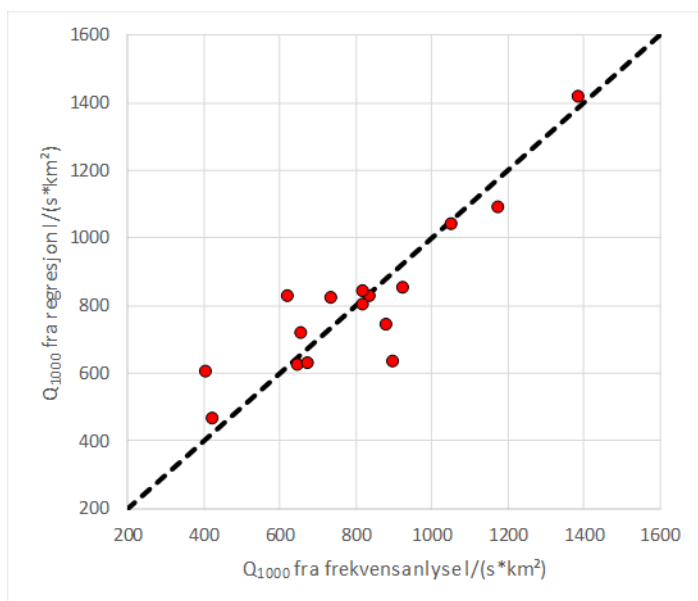
Norconsult utførte i 2015 også en regional flomfrekvensanalyse for en del av de samme feltene som over, men inkluderte i tillegg felt i regionen omkring Romerike i forbindelse med en flomberegning på nedre Romerike. Ligningen fra denne analysen var

$$Q_{1000} = 526 - 102.6 \cdot \ln(A) + 24.5 \cdot Q_N - 59.1 \cdot \text{Eff.sjø}\%$$

Denne formelen gir en Q_{200} døgnmiddelverdi for Opperudbekken på 819 l/(s*km²).

Tabell 1 Frekvensanalyse. Alle år tilgjengelig frem til og med 2017.

Målestasjon	Areal (km ²)	Eff. sjø (%)	Høyde moh (min-med-max)	Årsavløp (l/s/km ²)	Q ₁₀₀₀ l/(s*km ²)	Fordeling
3.11 Sagstubekken	3.4	0.06	154-198-235	15.6	835	Gumbel
3.22 Høgfoss	299.0	0.54	47-154-345	15.8	424	Gumbel
6.10 Gryta	7.6	0.37	163-302-438	19.7	621	Gumbel
8.2 Bjørnegårdssvingen	190.4	0.02	4-343-681	19.9	647	Gumbel
8.6 Sæternbekken	6.3	0.02	107-240-420	17.5	735	Gumbel
8.8 Blomsterkroken	22.2	0.27	25-208-452	22.0	821	Gumbel
11.4 Elgtjern	6.6	3.62	430-510-673	22.5	673	Gumbel
12.106 Vikevatn	134.7	1.66	37-154-625	24.2	406	Gumbel
12.192 Sundbyfoss	74.3	0.38	54-194-625	22.7	655	Gumbel
12.193 Fiskum	51.9	0.09	84-278-649	16.0	898	Visuell
15.21 Jondalselv	126.9	0.25	229-574-920	25.4	883	Gumbel
16.154 Brusetbekken	6.8	0.38	64-126-308	20.6	925	Gumbel
19.89 Skornetten	2.7	0.00	544-744-882	25.2	1052	Gumbel
19.91 Åbogtjern ndf.	1.2	3.40	636-688-849	25.8	817	Gumbel
19.96 Storgama ovf.	0.57	3.47	581-610-680	36.0	1175	Gumbel
20.11 Tveitdalen	0.44	0.0	191-219-239	37.5	1386	Gumbel
Opperudbekken	1.31	0.0	207-547	19	-	-



Figur 2 Sammenligning av observert 1000-årsflom og 1000-årsflom beregnet fra regresjon.

2. Beregning av flom med NVEs formelverk

NVE har i sin veileder 7-2015 (*Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*) satt opp et nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt. Formelverket gir et estimat på middelflom ut fra feltparametere årsmiddeltilsg (Q_N, m³/s) og effektiv sjøprosent (A_{SE}, %) for nedbørfelt fra 0,2-53 km²:

$$\text{Middelflom} = 18,97 * Q_N^{0,864} * e^{-0,251 * A_{se}^{0,5}}$$

Videre beregnes flom med et gitt gjentaksintervall ut fra en vekstkurve, som gir forholdstallet mellom aktuelt gjentaksintervall og middelflommen. Det vises til veilederen for ytterligere detaljer rundt formelverket.

200-årsflom for Opperudbekken med NVE- formelverket blir på 1684 l/(s*km²) (momentanverdi).

3. Beregning av flom med den rasjonale formel

På grunn av lite feltareal kan flomstørrelser også beregnes ved hjelp av den rasjonale metode. Dette er en mye benyttet metode i forbindelse med håndtering av overflatevann og urban avrenning, men metoden er også anbefalt benyttet når feltene blir mindre enn 5 km² og det ikke foreligger godt nok datagrunnlag fra tilsvarende små målefelt. Mellom 1 og 5 km² må imidlertid formelen benyttes med stor forsiktighet. Svakheten til formelen er i hovedsak usikkerheten i bestemmelsen av avrenningskoeffisienten, særlig for ikke-urbane felt, hvor infiltrasjonen og gropmagasinet kan være av vesentlig betydning.

Den rasjonale formel:

$$Q = C * i * A$$

Der Q er vannføring (l/s), C avrenningskoeffisient, i nedbørintensitet i nedbørfeltets konsentrasjonstid og A er feltareal. Feltet til Opperudbekken består av skog, og er forholdsvis bratt. I henhold til Statens Vegvesens Håndbok 200 (Tabell 2) forventes det en avrenningskoeffisient i størrelsesorden 0,2-0,5. Med 30 % påslag for flommer fra 200-årsflom og oppover, blir C = 0,26-0,65.

Feltets konsentrasjonstid, T_c, beregnes fra formelen for naturlige felt:

$$T_c = 0,6 * L * H^{-0,5} + 3000 * A_{se}$$

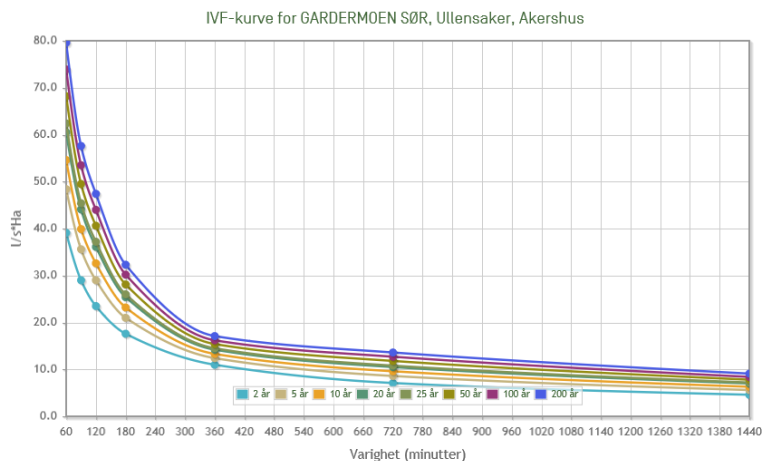
der L er feltets lengde langs elvestrengen til det fjerneste punktet, H er høydeforskjellen mellom høyeste og laveste punkt og A_{se} er effektiv sjøprosent/ 100 (tall mellom 0 og 1). Konsentrasjonstiden er beregnet til 89 minutter.

IVF-kurve er hentet fra målestasjonen Gardermoen sør (Figur 3). Ved denne stasjonen er 200-årsnedbør med 90 minutters varighet på 31 mm (57,6 l/(s*Ha)). Beregnet for 89 minutter får vi en verdi på 58,3 l/(s*Ha).

Bruk av den rasjonale formel gir en Q_{200} på 1500-3800 l/(s*km²) (**momentanverdi**), for ytterpunktene med avrenningskoeffisient lik hhv. 0,26 og 0,65. Den store usikkerheten i bestemmelsen av avrenningskoeffisienten, C, gjenspeiles i at intervallet til flomstørrelsene er stort.

Tabell 2 Avrenningskoeffisienter (Statens Vegvesen Håndbok N200).

Overflatetype	Avrenningsfaktor, C
- Betong, asfalt, bart fjell og lignende	0,6 – 0,9
- Grusveger	0,3 – 0,7
- Dyrket mark og parkområder	0,2 – 0,4
- Skogsområder	0,2 – 0,5



Figur 3 IVF-kurve for Gardermoden.

Klimapåslag

I henhold til NVE-rapporten *Klimaendringer og framtidige flommer i Norge* (NVE-rapport 81-2016) bør flomverdier for felt mindre enn 100 km² tillegges minst 20 % klimapåslag. Den samme anbefalingen finnes for Oslo og Akershus på www.klimatilpasning.no. Rapporten *Klima i Norge 2100* slår fast at «i små vassdrag og urbane områder skal det brukes klimapåslag på 20 %».

Vi har på dette grunnlaget valgt å legge til grunn et klimapåslag på 20 % for Opperudbekken.

Konklusjon - Endelig valg av flomstørrelse

Flomstørrelser for Opperudbekken fra de tre ulike beregningene er oppsummert i Tabell 3. Det er et visst sprik mellom verdiene, der NIFS-formelen gir relativt lave verdier, og utfallsrommet for den rasjonale formel er stort. Vi har vurdert at NVEs formelverk kan virke å gi for lav flomkulminasjon i forhold til det som må forventes i Opperudbekken.

Vi velger å legge til grunn en flomverdi på 2450 l/(s*km²) for Opperudbekken, i tråd med våre regionale analyser. Dette svarer til en avrenningskoeffisient i den rasjonelle formel på 0,43, som ikke vurderes urealistisk.

200-årsflom (momentanverdi) i Opperudbekken ved kote 207 blir dermed på 3,85 m³/s, inkludert 20 % klimapåslag.

Tabell 3 Beregnet 200-årsflom (kulminasjonsverdi for Opperudbekken med ulike metoder.

Felt	Q ₂₀₀ l/(s*km ²)
Regional analyse Norconsult 1	2470
Regional analyse Norconsult 2	2458
NVE NIFS-formelverk	1684
Rasjonale formel	1500-3800 (middel 2650)
Valgt flomstørrelse	2450
Valgt flomstørrelse inkl. 20% klimapåslag	2940

1	2018-05-03	Hurdal - Beregning av 200-års flomvannføring i Opperudbekken	Jon Olav Stranden	Lisa Jørandli	Jon Olav Stranden
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.