

## Flaumutrekning for Audna ved Konsmo og Vigeland (023.Z)

---

*Sunniva Nordeide*



# **NVE Rapport nr. 29/2022**

## **Flaumutrekning for Audna ved Konsmo og Vigeland (023.Z)**

**Utgjeve av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Forfattar:** Sunniva Nordeide

**Forsidefotograf:** Heidi Ryen/NVE

**ISBN (online):** 978-82-410-2257-9

**ISSN (online):** 2704-0305

**Saksnummer:** 202220894

**Samandrag:** Denne rapporten er ein revisjon av flaumutrekningane utført i samband med flaumsonekartlegging av flaumutsette strekningar i Agder, dokumentert i NVE rapport 2-2006 og 11-2010. Utvalde flaumar med gjentaksintervall opptil 1000 år er rekna ut for tre utrekningspunkt i øvre Audna ved Konsmo, og tre utrekningspunkt i nedre Audna ved Vigeland. Flaumutrekningane er basert på frekvensanalysar av observerte flaumar i og i nærleiken av Audnavassdraget som kan hjelpe å representere flaumane i Audna. Dei fleste store flaumane i Audna har funne stad i løpet av hausten og vinteren. Flaumverdiane er også justert i forhold til venta klimaendringar

**Emneord:** Flomberegning, flomsikring, flomsonekart, Audna, Agder, kulminasjonsvannføring

Noregs vassdrags- og energidirektorat  
Middelthuns gate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95  
E-post: [nve@nve.no](mailto:nve@nve.no)  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

november, 2022

# Innhaldsliste

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Forord.....</b>                                                                            | <b>4</b>  |
| <b>Samandrag.....</b>                                                                         | <b>5</b>  |
| <b>1 Innleiing .....</b>                                                                      | <b>6</b>  |
| 1.1 Skildring av oppgåva .....                                                                | 6         |
| 1.2 Skildring av vassdraget .....                                                             | 7         |
| <b>2 Datagrunnlag.....</b>                                                                    | <b>10</b> |
| 2.1 Vassføringsstasjonar.....                                                                 | 10        |
| 2.2 Observerte flaumar i vassdraget.....                                                      | 14        |
| <b>3 Resultat.....</b>                                                                        | <b>16</b> |
| 3.1 Døgnmiddelvassføring .....                                                                | 16        |
| 3.1.1 Flaumfrekvensanalyse .....                                                              | 16        |
| 3.1.2 Regional flaumfrekvensanalyse .....                                                     | 18        |
| 3.1.3 Regional flaumfrekvensanalyse med lokale måledata .....                                 | 19        |
| 3.1.4 Val av middelflaum .....                                                                | 20        |
| 3.1.5 Val av vekstkurve .....                                                                 | 25        |
| 3.1.6 Døgnmiddelflaum for utrekningspunkta .....                                              | 26        |
| 3.2 Kulminasjonsvassføring .....                                                              | 27        |
| 3.2.1 Lokal flaumfrekvensanalyse (Alt. 1) .....                                               | 27        |
| 3.2.2 Forholdstal mellom døgn- og kulminasjonsverdiar.....                                    | 28        |
| 3.2.3 Kulminasjonsvassføringar via døgndata og $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ (Alt.2) ..... | 29        |
| 3.3 Samanstilling av resultat frå ulike utrekningsalternativ .....                            | 30        |
| <b>4 Endeleg val av flaumverdiar.....</b>                                                     | <b>31</b> |
| <b>5 Vurdering av flaumverdiar .....</b>                                                      | <b>32</b> |
| 5.1 Samanlikning med tidlegare utrekningar .....                                              | 32        |
| 5.1.1 Samanlikning mot observerte flaumar i området.....                                      | 33        |
| 5.1.2 Erfaringstal .....                                                                      | 33        |
| 5.2 Usikkerheit .....                                                                         | 33        |
| 5.3 Klassifisering av datagrunnlaget.....                                                     | 34        |
| <b>6 Klimapåslag.....</b>                                                                     | <b>35</b> |
| <b>Referansar .....</b>                                                                       | <b>36</b> |
| <b>Vedlegg.....</b>                                                                           | <b>37</b> |
| Vedlegg 1.....                                                                                | 37        |
| Vedlegg 2.....                                                                                | 38        |

# Forord

Flaumsonekartlegging er eit viktig hjelpemiddel i arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flaumsonekart for flaumutsette elvestrekningar i Noreg. Som eit ledd i utarbeiding av slike kart må flaumvassføringar reknast ut.

Denne rapporten er ei oppdatering av flaumutrekninga som vart utført i samanheng med flaumsonekartlegging av flaumutsette elvestrekningar i Audna i Agder fylke, dokumentert i NVE rapport 2-2006 «Flomberegning for Audna ved Konsmo, 023.B» og i NVE-rapport 11-2010 «Flomberegning for Audna ved Vigeland, 023.Z».

Utvalde flaumar med gjentaksintervall opp til 1000 år er utrekna. I tillegg er flaumverdiane justert i forhold til venta klimaendringar.

Sunniva Nordeide har utført utrekningane, og Erik Holmqvist har kvalitetskontrollert arbeidet.

Oslo, november 2022

Elise Trondsen  
seksjonssjef  
Seksjon for vassbalanse  
Hydrologisk avdeling

Sunniva Nordeide  
avdelingsingeniør  
Seksjon for vassbalanse  
Hydrologisk avdeling

*Dokumentet sendast utan underskrift. Det er godkjent i samsvar med interne rutinar.*

# Samandrag

Denne flaumutrekninga omfattar ei revidering av to tidlegare utførte flaumsonestrekningar: Audna ved Konsmo (NVE-rapport 2/2006) og Audna ved Vigeland (NVE-rapport 11/2010). I Audna dominerer haust- og vinterflaumar, og vassføringa er på sitt lågaste i sommarmånadane. Flaumutrekninga inneheld seks utrekningspunkt, tre i øvre Audna, tre i nedre Audna.

Flaumverdiane i denne rapporten er lågare i nedre del av vassdraget enn utrekna i 2010. Dette er grunna endra vassføringskurver ved to målestasjonar i vassdraget etter to store flaumhendingar på 2010-talet, samt avgjersla om å ikkje justere vekstkurva til nedre Audna grunna oppstraums regulering i eit sidevassdrag. Dette vart bestemt sidan flaumdempinga frå det regulerte sidevassdraget til Audna vart rekna som låg ved store flaumar.

Flaumutrekninga er basert på frekvensanalysar av observerte flaumar ved målestasjonar i vassdraget, representative målestasjonar frå nabovassdrag samt informasjon frå regionale flaumformlar.

Resultatet av flaumutrekninga (kulminasjonsverdiar) med gjentaksintervall til og med  $Q_{1000}$  kan ein sjå i tabell 1. Kulminasjonsvassføringar justert med anbefalt klimapåslag på 20% er presentert i tabell 2.

**Tabell 1: Flaumverdiar i Audnavassdraget for aktuelle utrekningspunkt, kulminasjonsverdiar.**

| Utrekningspunkt  | $Q_M$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_5$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{10}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{20}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{50}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{100}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{200}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{500}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{1000}$<br>[m <sup>3</sup> /s] |
|------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Ytre Øydnavatn   | 51                           | 67                           | 79                              | 90                              | 104                             | 115                              | 127                              | 141                              | 153                               |
| Hellevassbekken  | 64                           | 85                           | 100                             | 114                             | 132                             | 146                              | 160                              | 178                              | 193                               |
| Rendlevatnet     | 75                           | 100                          | 117                             | 134                             | 155                             | 172                              | 188                              | 210                              | 227                               |
| Gaupefossen      | 137                          | 182                          | 213                             | 244                             | 282                             | 312                              | 342                              | 382                              | 413                               |
| Vigeland         | 162                          | 215                          | 252                             | 287                             | 333                             | 369                              | 404                              | 451                              | 488                               |
| Utløp Sniksfjord | 175                          | 234                          | 274                             | 313                             | 362                             | 401                              | 440                              | 491                              | 531                               |

**Tabell 2: Flaumverdiar inkludert klimapåslag (20%) for Audnavassdraget, kulminasjonsverdiar.**

| Utrekningspunkt  | Areal<br>[km <sup>2</sup> ] | $Q_M$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_5$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{10}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{20}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{50}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{100}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{200}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{500}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{1000}$<br>[m <sup>3</sup> /s] |
|------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Ytre Øydnavatn   | 135                         | 61                           | 81                           | 95                              | 108                             | 125                             | 138                              | 152                              | 169                              | 183                               |
| Hellevassbekken  | 167                         | 77                           | 102                          | 120                             | 136                             | 158                             | 175                              | 192                              | 214                              | 231                               |
| Rendlevatnet     | 193                         | 90                           | 120                          | 141                             | 161                             | 186                             | 206                              | 226                              | 252                              | 273                               |
| Gaupefossen      | 344                         | 164                          | 218                          | 256                             | 292                             | 338                             | 374                              | 410                              | 458                              | 496                               |
| Vigeland         | 414                         | 194                          | 258                          | 303                             | 345                             | 400                             | 442                              | 485                              | 541                              | 586                               |
| Utløp Sniksfjord | 452                         | 211                          | 281                          | 329                             | 376                             | 435                             | 481                              | 527                              | 589                              | 637                               |

I NVE sin rettleiar 01/2022 anbefalte ein å vurdere det hydrologiske grunnlaget på ein skala frå 1 til 5, der 1 er beste klasse. Det hydrologiske grunnlaget er her vurdert til klasse 2, «Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjonar i eller nær vassdraget». Ein set ikkje datagrunnlaget til klasse 1 grunna fleire manglande flaumtoppar i måleseriane i vassdraget, og sidan ein ikkje er sikker på effekten reguleringa har på vassføringa i vassdraget.

# 1 Innleiing

## 1.1 Skildring av oppgåva

Dette er ein revisjon av to tidlegare flaumutrekningar for flaumsonekart, «Flomberegning for Audna ved Konsmo», NVE-rapport 2-2006 (Holmqvist, 2006) og «Flomberegning for Audna ved Vigeland», NVE-rapport 11-2010 (Holmqvist, 2010). I «Flomberegning for Audna ved Konsmo» vart det gjort utrekningar for ei 7 km lang strekning langs Audna ved tettstaden Konsmo, for middelflaum og flaumar med gjentaksintervall på 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år. Det vart gjort utrekningar for same flaumar og gjentaksintervall i «Flomberegning for Audna ved Vigeland», over ei strekning på 5-6 km i nedre Audna ved tettstaden Vigeland.

Sidan dette er ein revisjon av tidlegare flaumutrekningar blir det gjort utrekningar ved dei same punkta som tidlegare. Denne rapporten byggjer på informasjon frå desse flaumutrekningane. Figur 1 viser dei aktuelle utrekningspunkta si plassering langs dei to strekningane ein skal revidere. Dei aktuelle utrekningspunkta med tilhøyrande feltparameter kan ein sjå i tabell 3. Utrekningar skal bli gjort på middelflaum og flaumar med gjentaksintervall på 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år.

**Tabell 3: Oversikt over utrekningspunkt i vassdraget og tilhøyrande feltparameter.**

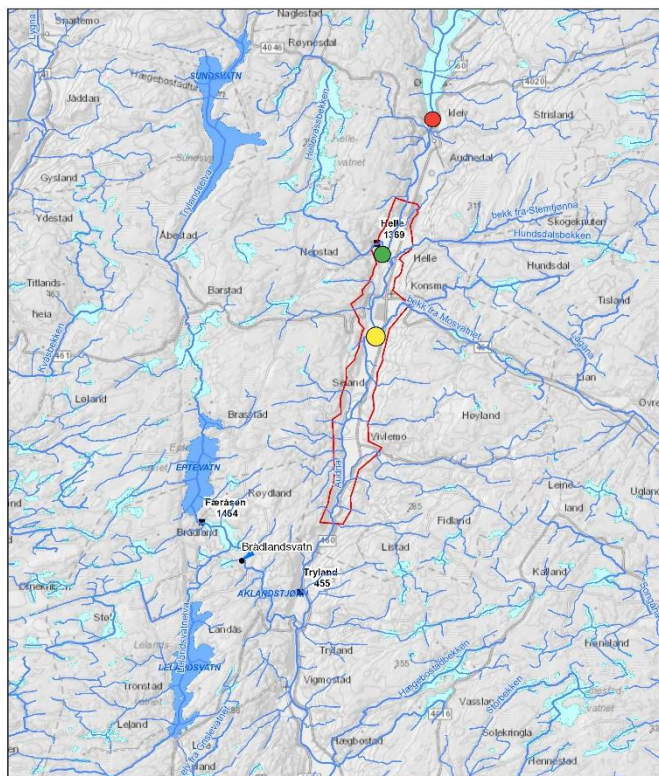
| <b>Utrekningspunkt</b>                                  | <b>Areal</b><br>[km <sup>2</sup> ] | <b>Eff. sjø</b><br>[%] | <b>Q<sub>N</sub> (61-90)</b><br>[l/s/km <sup>2</sup> ] | <b>H<sub>50</sub></b><br>[m.o.h.] |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Audna ved utløp Ytre Øydnvatn</b>                    | 135,0                              | 3,81                   | 45,8                                                   | 323                               |
| <b>Audna nedstraums samløp med Hellevassbekken</b>      | 167,4                              | 2,53                   | 45,9                                                   | 316                               |
| <b>Audna nedstraums samløp med elv frå Rendlevatnet</b> | 193,0                              | 1,91                   | 45,9                                                   | 312                               |
| <b>Audna ved Gaupefossen målestasjon</b>                | 344                                | 0,72                   | 45,9                                                   | 292                               |
| <b>Audna ved Vigeland</b>                               | 414                                | 0,52                   | 45,0                                                   | 274                               |
| <b>Audna ved utløp i Sniksfjorden</b>                   | 452                                | 0,45                   | 44,2                                                   | 265                               |

Figur 1 viser dei aktuelle strekningane som skal reviderast. Den totale strekninga omfattar heile Audna sitt nedbørfelt, sidan ein slår saman flaumutrekningane for Audna ved Konsmo og Audna ved Vigeland til ein rapport. Det er seks utrekningspunkt, markert med farga punkt i figur 1.

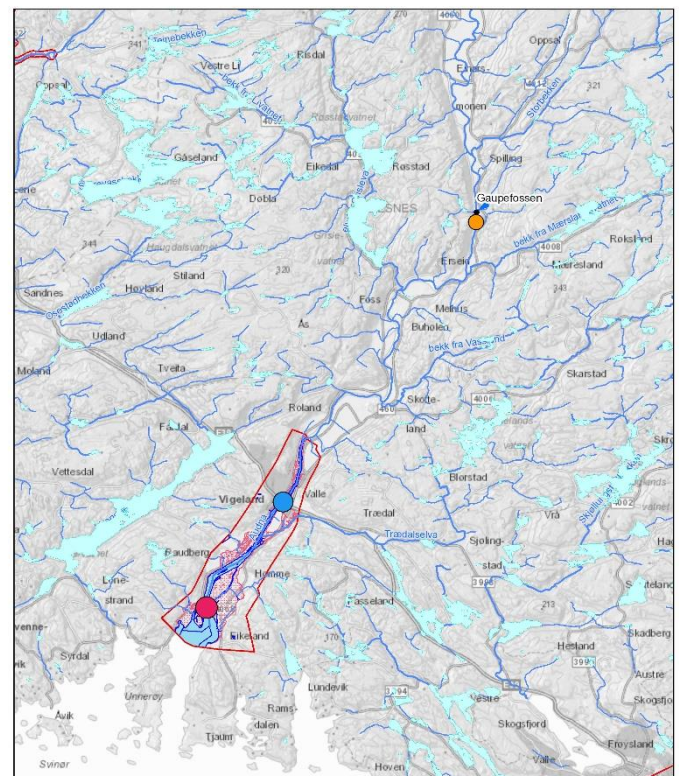
Flaumverdiane skal også presenterast med anbefalt klimapåslag, som ligg på 20% auke for Agder.



Flaumsonestrekning Konsmo



Flaumsonestrekning Vigeland



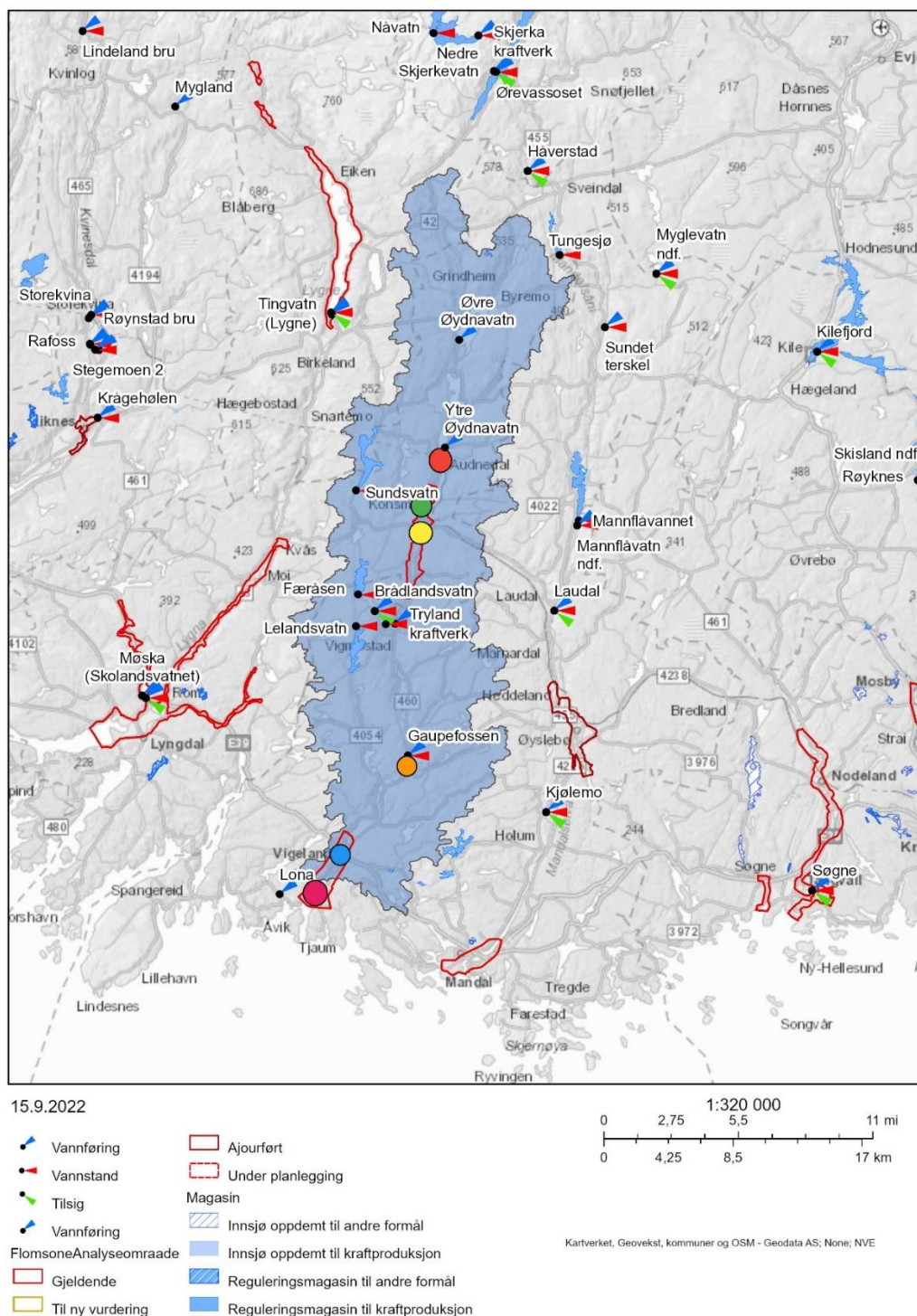
Figur 1: Venstre - Kart over flaumsonestrekninga tilhøyrande Konsmo. Raud skisse er område som skal sikrast og det tidlegare er gjort flaumutrekning over. Mørkeblå vatn til venstre i bildet er reguleerte magasin. Farga punkt er utrekningspunkt tilhøyrande tabell 1: raud – Ytre Øydnavatn, grøn – samløp med Hellevassbekken, gul – samløp med elv frå Rendlevatnet. Høgre – Kart over flaumsonestrekninga tilhøyrande Vigeland. Oransje – Gaupefossen målestasjon, blå – ved bru i Vigeland sentrum, rosa – ved Audna sitt utløp i Sniksfjorden.

## 1.2 Skildring av vassdraget

Audna ligg i Agder, og renn nord-sør i omkring 50 km, med ei utstrekning vest-aust på kring 10 km. Ved utløpet i Sniksfjorden har Audna eit nedbørfelt på 452 km<sup>2</sup>, som i hovudsak er dominert av småkupert skogsterreng mellom 100-500 m.o.h. I aust og nord er feltet avgrensa av Mandalselva, medan i vest er feltet avgrensa av Lygna. I denne rapporten skal ein rekne ut flaumverdiar for to tettbygde strøk i Audna sitt nedbørfelt: Audna ved Konsmo og Audna ved Vigeland. Konsmo ligg kring 24 km oppstraums for Vigeland i luftlinje, og nedbørfelta til utrekningspunkta er respektive 178 og 414 km<sup>2</sup>. Innan nedbørfeltet er det fleire store innsjøar som er med og skaper ein flaumdempande effekt i vassdraget. Dei to største er Øvre og Ytre Øydnavatn som ligg i øvre del av feltet, med innsjøareal på respektive 3,1 og 3,2 km<sup>2</sup>. Elva renn i omkring 2 km frå Øvre Øydnavatn (112 m.o.h.) til Ytre Øydnavatn (96 m.o.h.). Utløpet ved Ytre Øydnavatn er eit av utrekningspunkta i rapporten, og her har Audna eit nedbørfelt på 135 km<sup>2</sup>. Elva renn herifrå gjennom tettstadane Audnedal og Helle ned mot Konsmo, og får tilløp frå fleire elver. Blant desse er Hellelandsbekken

frå vest, med nedbørfelt på 16,2 km<sup>2</sup>, og Hundsdalsbekken frå aust, med nedbørfelt på 9,1 km<sup>2</sup>. Nedbørfeltet til Hellelandsbekken inneheld også ein relativt stor innsjø.

## Audnavassdraget



Figur 2: Omriss av nedbørfeltet til Audna. Farga punkt svarer til dei ulike utrekningspunkta i tabell 3. Raude omriss er stadar det tidlegare har blitt utført flomsoneutrekningar. Svarte prikkar med farga piler viser målestasjonar i nærleiken av vassdraget.

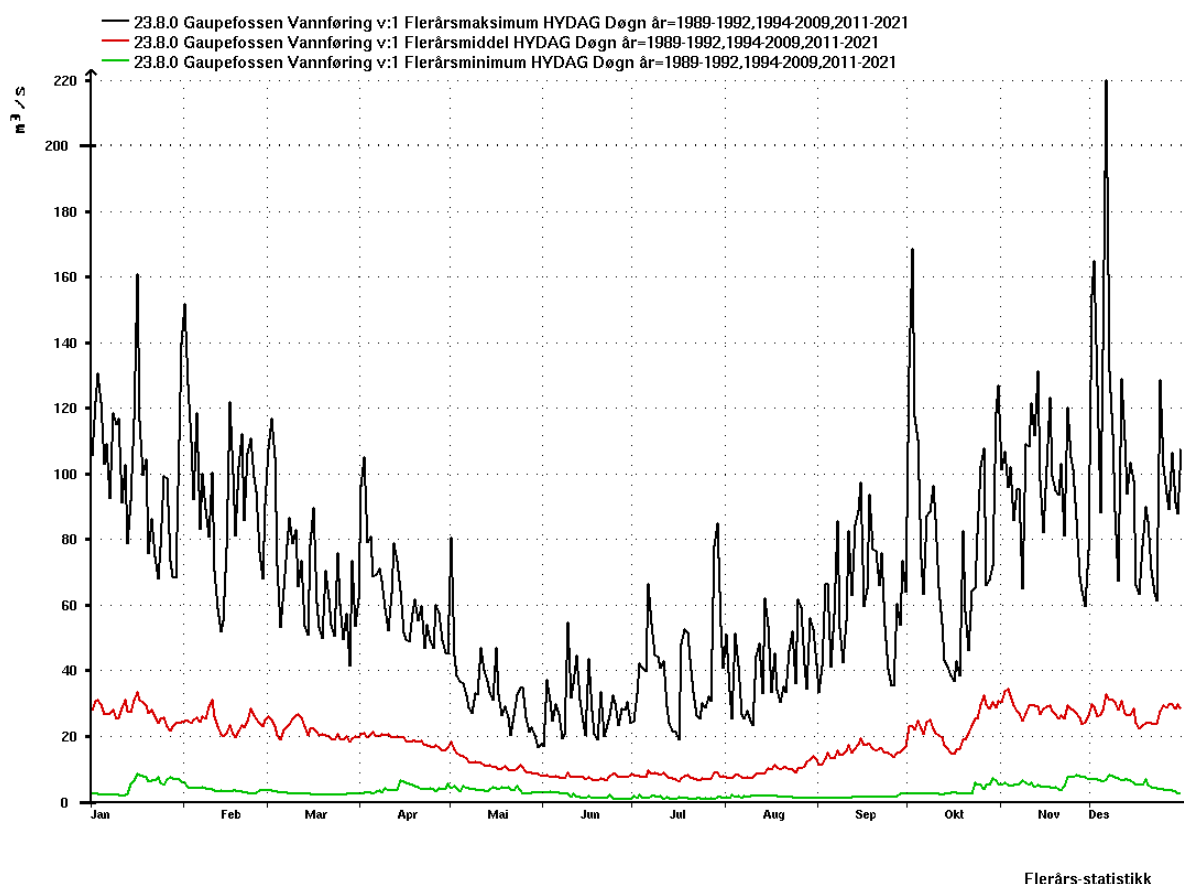


Nokre kilometer lengre sør, ved tettstaden Tryland, renn Trylandselva ut i Audna. Denne elva har eit nedbørfelt på 61 km<sup>2</sup>, og har vore regulert i samband med vasskraftproduksjon sidan 1921. Vassdraget inneheld tre store magasin, Sundsvatn (HRV = 331,02 m.o.h.), Eptevatn (HRV = 231,92 m.o.h.) og Lelandsvatn (HRV = 195,79 m.o.h.), med eit samla årleg volum på 27,5 mill. m<sup>3</sup>. Tryland kraftverk har difor ei reguleringsgrad (midla årleg tilsig delt på magasininvolum) på ca. 30 prosent.

Frå dette samløpet renn Audna i kring 20 km før den når Vigeland, og derifrå ytterlegare 3 km til elva sitt utløp i Sniksfjorden. På denne strekninga renn fleire elver og bekker inn i Audna, der dei største er Storbekken (22 km<sup>2</sup>), bekk frå Mærlandsvatn (12 km<sup>2</sup>) og elv frå Grislevatnet (30 km<sup>2</sup>). Målestasjonen 23.8 Gaupefossen ligg mellom utløpet av Storbekken og elv frå Mærlandsvatnet. Denne målestasjonen måler vasstand og vassføring i Audna, og har eit nedbørfelt på 344 km<sup>2</sup>. Nedstraums Vigeland er det største tilløpet Trædalselva (34 km<sup>2</sup>).

Tabell 1 viser alle utrekningspunkt brukt i denne rapporten, medan figur 2 viser kvar utrekningspunkta er plassert i vassdraget og heile nedbørfeltet til Audna. Areal, effektiv sjøprosent, medianhøgde og naturleg spesifikk årleg avrenning mellom 1961-1990 tilhøyrande kvart punkt er også gitt i tabell 1. Ein ser at normalavrenninga ( $Q_N$ ) er rekna ut til å vere omtrent lik i heile Audna utifrå avrenningskartet ([NEVINA](#)), med ein verdi på kring 46 l/s/km<sup>2</sup> i øvre del av vassdraget og på kring 44 l/s/km<sup>2</sup> i nedre del. Det er to relativt store innsjøar heilt øvst i feltet, noko som gjer at effektiv sjøprosent er høgst for utrekningspunkta som ligg høgare i nedbørfeltet, og minkar jo lengre nedstraums innsjøane ein kjem. Nokre av innsjøane lengre nede i feltet er regulerte, og vil gi ei ulik effekt på flaumverdiar enn uregulerte innsjøar. Maksimal høgde i heile feltet ligg på 563 m.o.h.

Figur 3 viser fleirårsstatistikk for målestasjonen 23.8 Gaupefossen i Audna for åra 1989-2021. Den svarte kurva viser døgnmiddel av maksimalvassføring, den raude viser døgnmiddelvassføring og grøn kurve viser døgnmiddel av minimumsvassføring. Ein ser sommarmånadane mai-august er månadane med minst vassføring, og det er mest vassføring i vassdraget mellom september og april, med maksimaltoppar i januar, oktober og desember. 1993 og 2010 var ikkje inkludert i statistikken sidan ein manglar måledata frå desse åra. Nokre av dei største flaumane i området har hendt i desember, noko som er med å forklare den høge spissen i maksimalvassføring i denne månaden. I følgje [flomhendelser.no](#) har dei fleste store flaumar i området vore regndominerte flaumar om hausten og vinteren. Flaumane om hausten er som regel drivne av sterkt nedbør over fleire dagar, medan flaumane som opptre om vinteren kan vere ein kombinasjon av regn og snøsmelting.



Figur 3: Fleirårsstatistikk for vassføring [m<sup>3</sup>/s] for Audna ved Gaupefossen målestasjon (23.8). Svart linje gir fleirårsmaksimum, raud linje fleirårsmiddel og grøn linje fleirårsminimum (alt i døgnmiddel) for åra 1989-2021. Åra 1993 og 2010 er utelatne frå analysen sidan desse åra mangla observasjonar av vassføringsdata.

## 2 Datagrunnlag

### 2.1 Vassføringsstasjonar

Området i, og i nærleiken av, nedbørfeltet til Audna har mange målestasjonar, fleire av dei med lange måleseriar. Særleg 23.8 Gaupefossen vil bli lagt vekt på sidan denne måler vassføring i Audna mellom Konsmo og Vigeland. Ei oversikt over målestasjonar som er nytta i denne rapporten ser ein i tabell 4. Figur 4 viser kvar alle målestasjonane er plassert med tilhøyrande nedbørfelt. Målestasjonane som er valt ut til bruk i flaumanalysen er dei same som vart brukt av Holmqvist (2010).

Frå tabell 4 kjem det fram at snittet av den observerte vassføringa i Audna ved Gaupefossen er noko høgare enn verdiane som kjem fram frå avrenningskartet 1961-1990. Dette er tilfellet for alle stasjonane der observasjonssnittet vart rekna ut over ein seinare 30-årsperiode (1991-2020), som kan tyde på at totalavrenning per år har auka mellom 30-årsperiodane.

**Tabell 4: Feltparameter for målestasjoner for vassføring i/i nærleiken av Audna nytta i analysane. Berre nokre få målestasjonar hadde data for perioden 1961-1990, så ikkje alle verdiane mellom  $Q_N$  og  $Q_{obs}$  er direkte samanliknbare.**

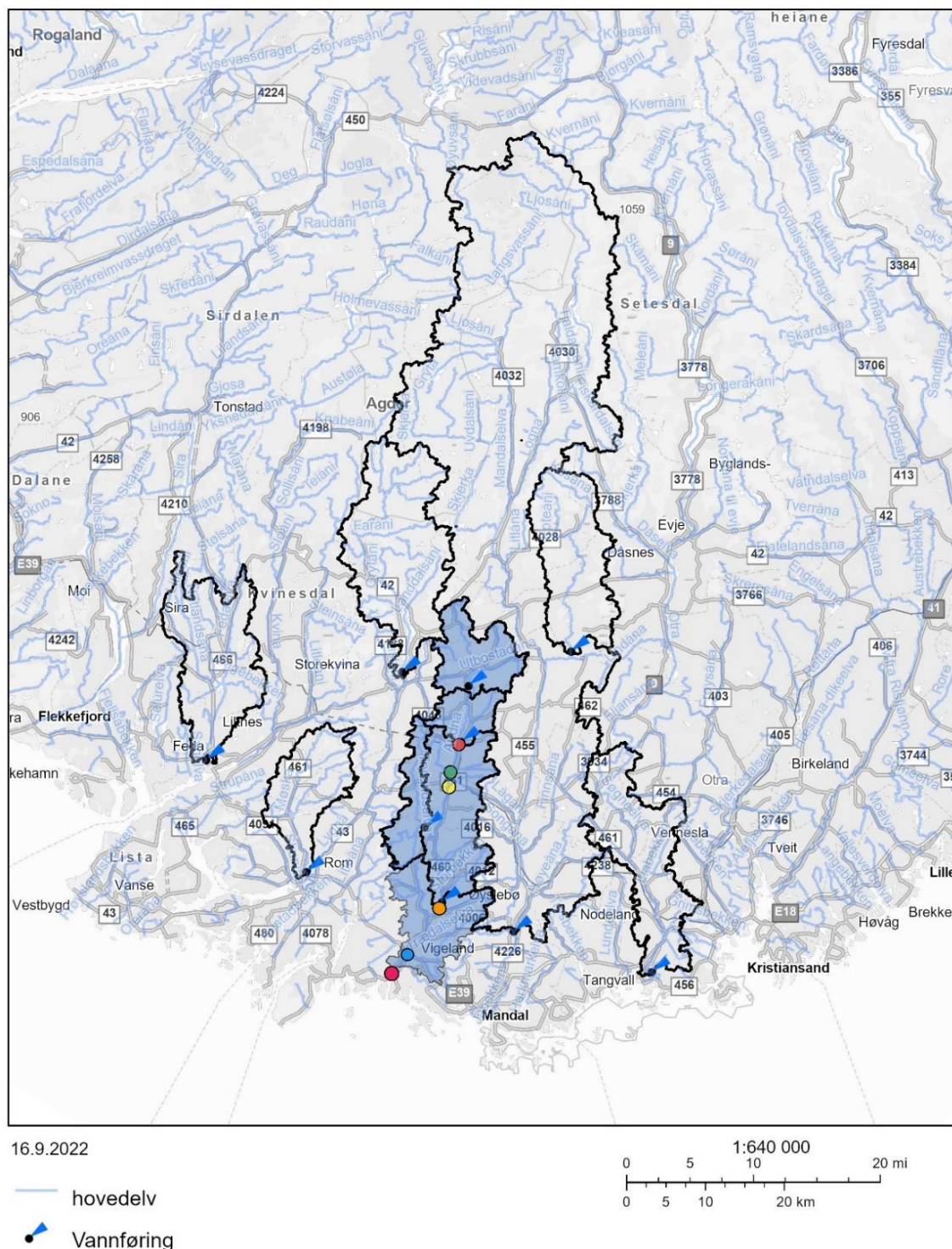
| <b>Stasjon</b>                            | <b>Periode</b> | <b>Areal</b><br>[km <sup>2</sup> ] | <b><math>Q_N</math> (61-90)</b><br>[l/s/km <sup>2</sup> ] | <b><math>Q_{obs}</math></b><br>[l/s/km <sup>2</sup> ] | <b>Eff. sjø</b><br>[%] | <b>Medianhøgde</b><br>[m.o.h.] |
|-------------------------------------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| <b>Audna ved Konsmo (Hellevassbekken)</b> | -              | 167,4                              | 45,9                                                      | -                                                     | 2,53                   | 316                            |
| <b>Audna ved Vigeland</b>                 | -              | 414                                | 45,0                                                      | -                                                     | 0,52                   | 274                            |
| <b>23.4 Brådlandsvatn</b>                 | 1923-d.d.      | 59,5                               | 48,7                                                      | 53,14                                                 | 3,4                    | 309                            |
| <b>23.8 Gaupefossen</b>                   | 1989-d.d.      | 344,0                              | 45,9                                                      | 52,67*                                                | 0,72                   | 292                            |
| <b>23.10 Øvre Øydnavatn</b>               | 1986-1993      | 90,1                               | 46,0                                                      | 41,39***                                              | 3,46                   | 351                            |
| <b>23.11 Ytre Øydnavatn</b>               | 1988-1993      | 135,0                              | 45,8                                                      | 45,99***                                              | 3,81                   | 323                            |
| <b>22.4 Kjølelemo</b>                     | 1896-d.d.      | 1763,0                             | 46,8                                                      | 47,20                                                 | 0,39                   | 559                            |
| <b>22.16 Myglevatn ndf.</b>               | 1952-d.d.      | 183,0                              | 44,8                                                      | 42,40                                                 | 1,69                   | 446                            |
| <b>22.22 Søgne</b>                        | 1974-d.d.      | 203,0                              | 30,1                                                      | 41,22*                                                | 0,09                   | 199                            |
| <b>24.8 Møska</b>                         | 1979-d.d.      | 121,0                              | 50,2                                                      | 60,0*                                                 | 1,71                   | 325                            |
| <b>24.9 Tingvatn</b>                      | 1923-d.d.      | 272,0                              | 61,2                                                      | 55,16                                                 | 3,12                   | 588                            |
| <b>25.7 Refsti</b>                        | 1898-2016      | 202,64                             | 55,15                                                     | 56,62**                                               | 1,91                   | 290                            |

\*Ikkje rekna ut over 1961-1990, men anna 30-årsperiode (1991-2020).

\*\*Snitt rekna frå 1991-2016, målestasjon manglar data mellom 1976-1991 og har ikkje data etter 2016.

\*\*\*Snitt rekna over tilgjengelege data, ein periode på under 10 år.

## Samanlikningsstasjonar Audnavassdraget



Figur 4: Blått felt - nedbørfeltet til Audna. Svarte omriss - Nedbørfelt tilhøyrande målestasjon for vassføring nedst i omrisset. Farga punkt - utrekningspunkta i denne rapporten, sjå figur 1.

**23.4 Brådlandsvatn** måler vassføring i Trylandselva, ei sideelv som møter Audna ved Tryland. Målestasjonen har vore i drift sidan 1922 og måler totalvassføring i Trylandselva. Oppstraums for målestasjonen ligg tre regulerte magasin, som utgjer ca. 30% av arealet i feltet, og eit oppdemt vatn ligg nedstraums stasjonen før Trylandselva møter Audna ved Tryland. Reguleringsgrada i

nedbørfeltet ligg på kring 86%. Kurvekvalitet for alle storleikar vassføring er ikkje vurdert. Vassføringskurva har blitt endra på fleire gongar, der den mest nylege er frå 2017.

**23.8 Gaupefossen** er ein målestasjon som måler vassføring i Audna, ca. 7,5 km oppstraums for Vigeland og 16,6 km nedstraums for Konsmo i luftlinje. Stasjonen har vore i drift sidan 1988, og har opplevd fleire flaumar. Tre av desse (1990, 1992 og 2015) har vore så store at målestasjonen har drukna under vassmengdene. Forhold for vassføringsmåling på høge vassføringar er vurdert som middels. Stasjonen har hatt fleire vassføringskurver, den nylegaste oppdatert i 2017. Under flaumen i 2017 fekk ein målt den største verdien registrert i Gaupefossen, på 216 m<sup>3</sup>/s, som ein meiner svarar til eit gjentaskintervall på 20-50 år (Langsholt og Holmqvist, 2017).

**23.10 Øvre Øydnavatn** ligg i Audnavassdraget, og måler vassføring ut av Øvre Øydnavatn, ein innsjø inst i vassdraget. Stasjonen er nedlagt, med ein kort måleperiode frå 1985-1993, så flaumverdiane reknast å vere ganske usikre. Kurvekvalitet på vassføring er ikkje vurdert.

**23.11 Ytre Øydnavatn** ligg også i øvre del av vassdraget, ved utløpet av Ytre Øydnavatn, nedstraums Øvre Øydnavatn. Denne stasjonen er nedlagt og var i drift mellom 1985 og 1993, slik at flaumverdiane her reknast å vere usikre. Kurvekvalitet på vassføring er ikkje vurdert.

**22.4 Kjøleemo** er ein målestasjon for vassføring i nedste del av Mandalselva, og har eit oppstraums areal på 1758 km<sup>2</sup>. Målestasjonen har vore i drift sidan 1896. Mandalselva er regulert gjennom Skjerka-Monn-Øre-reguleringa, som har vore i drift sidan 1930-talet. Under flaumen i 2017 vart det utført 4 vassføringsmålingar ved stasjonen med verdier mellom 570 og 1060 m<sup>3</sup>/s, ei måling nær tidspunktet då flaumen kulminerte. Sidan då har kurva blitt justert ned noko, sist endring i 2018. Kurvekvaliteten på store vassføringar er sett til «meget bra».

**22.16 Myglevatn ndf.** er ein målestasjon i Kosåna, ei sidegrein av Mandalsvassdraget. Stasjonen vart sett i drift i 1951, og er ikkje påverka av reguleringane i vassdraget. Kurvekvaliteten på flaum er ukjend. Vassføringskurva til målestasjonen har blitt endra på to gongar sidan 2006, og difor vil verdiane for stasjonen vere noko annleis i denne rapporten enn tidlegare utrekningar for vassdraget.

**22.22 Søgne** ligg nært utløpet av Søgneelva, og har eit oppstraums nedbørfelt på 204 km<sup>2</sup>. Stasjonen vart oppretta i 1973 og er endå i drift. Vassføringsmålingar under flaumen i 2017 viste vesentleg større vassføring enn tidlegare målt (194 m<sup>3</sup>/s). Den største flaumen i vassdraget vart målt i 1976, med kulminasjonsvassføring på 232 m<sup>3</sup>/s. Forhold for vassføringsmåling på høge vassføringar er vurdert som middels, medan flaumverdiane reknast å vere relativt gode (Holmqvist & Engeland, 2018).

**24.8 Møska** ligg nær utløpet av Lygna ut i Lyngdalsfjorden. Stasjonen har data frå 1979. Forhold for vassføringsmåling på høge vassføringar er vurdert som middels, medan flaumverdiane ved stasjonen reknast å vere gode (Holmqvist & Engeland, 2018). Flaumen i 2017 var på nivå med flaumen i 2015, begge på kring 315 m<sup>3</sup>/s, som blir rekna å vere flaum med gjentakintervall på 50 år.

**24.9 Tingvatn** er ein målestasjon som ligg ved innsjøen Tingvatn i Lygnavassdraget. Stasjonen har målt vassføring sidan 1923 og er endå i drift. Kurvekvaliteten til stasjonen er ikkje vurdert, men ein



tidlegare rapport skriv at flaumverdiane ved stasjonen kan vere noko overvurdert (Holmqvist, 2010).

**25.7 Refsti** ligg vest for Mandalselva, nært utløpet av Fedaelva, eit vassdrag som er regulert fleire stadar oppstraums for målestasjonen. Stasjonen har data frå 1898-d.d., men grunne mangel på flaummålingar dei siste åra har ein berre flaumdata fram til 2016. Forhold for vassføringsmåling på høge vassføringar er vurdert som bra.

## 2.2 Observerte flaumar i vassdraget

Tabell 5 gir ei oversikt over dei største observerte flaumane ved målestasjonen 23.8 Gaupefossen. Den største flaumen rapportert hos målestasjonen 23.8 Gaupefossen hendte mellom 4.-7. desember 2015, under ekstremværet Synne. Denne flaumen hendte som følgje av kraftig nedbør i kring tre dagar, samt noko snøsmelting (Holmqvist, 2016). Den største døgnmiddelflaumen hamna på kring 220 m<sup>3</sup>/s. Findatamålingane frå denne stasjonen stansa brått 6. desember, då målestasjonen drukna under vassmengdene. Difor er døgnmiddelverdiane til flaumen for 6. og 7. desember og ut året estimerte ved regresjon frå nærliggande stasjonar. Også 24.8 Møska og 24.9 Tingvatn hadde rekordstore vassføringar registrert under denne flaumen (Holmqvist, 2016). Findatamålingane frå flaumen desember 2015 i 23.8 Gaupefossen og nærliggande målestasjonar kan ein sjå i figur 5.

Ein ny stor flaum slo til i oktober 2017, og denne skuldast ei stor mengd haustregn. Ved fleire målestasjonar for nedbør registrerte ein opp mot 300 mm nedbør over tre døgn. I Audna gjekk døgnmiddelflaumen opp til kring 170 m<sup>3</sup>/s. Ei oversikt over dei største flaumane i vassdraget målt ved 23.8 Gaupefossen, og kulminasjons- og døgnmiddelverdi kan ein sjå i tabell 5.

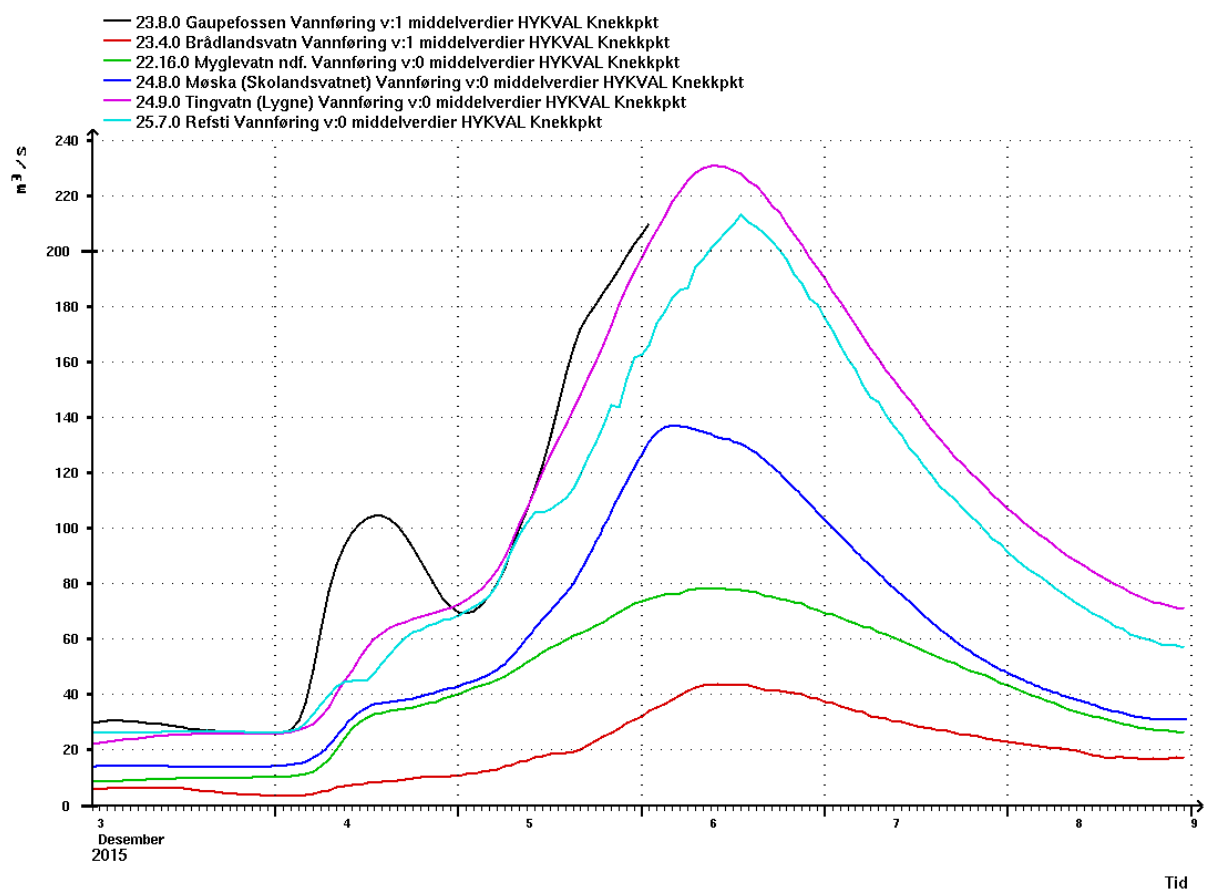
**Tabell 5: Dei fem største flaumane i Audna ved målestasjonen 23.8 Gaupefossen 1989-2008.**

| Dato                    | Kulminasjonsverdi<br>[m <sup>3</sup> /s] | Døgnmiddelverdi<br>[m <sup>3</sup> /s] |
|-------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>6. desember 2015</b> | (209,9)                                  | 220*                                   |
| <b>2. desember 1992</b> | (200,5)                                  | 164,6*                                 |
| <b>2. oktober 2017</b>  | 215,55                                   | 168,56                                 |
| <b>16. januar 2008</b>  | 170,4                                    | 160,9                                  |
| <b>1. februar 1990</b>  | (151,4)                                  | 151,7*                                 |

\*Målestasjon hamna under vatn, så maksimal kulminasjonsverdi er ikkje kjent. Døgnmiddel er rekonstruert i ettertid, og difor ein estimering av faktisk verdi.

( ) Verdi i parentes er høgste måling registrert ved målestasjonen, det er ikkje sikkert dette er høgste kulminasjonstopp. Desse er ikkje med i analysane gjort direkte på kulminasjonsverdi seinare.

Ved to av dei største flaumane, i 1990 og 1992, trefte flottøren golvet til instrumentkassa og limnigrafen hamna under vatn (Holmqvist, 2006). Kulminasjonsvassføring og døgnmiddel ved desse to hendingane er rekonstruert etterpå, og er difor noko meir usikre. Flaumen i desember 1992 er antatt å ha kulminert med kring 200,5 m<sup>3</sup>/s. Flaumen i 2008 vart fullstendig registrert sidan ein hadde installert ein målestasjon som tolte høgare vasstandar etter erfaring frå flaumane på 1990-talet.



Figur 5: Flaumen i desember 2015 på Sørlandet og i Rogaland. Observert vassføring i  $m^3/s$  for Gaupefossen (svart), Brådlandsvatn (raud), Myglevatn ndf. (grøn), Møska (mørk blå), Tingvatn (lilla) og Refsti (lys blå). 24.9 Tingvatn viser berre døgnmiddel. Ved 23.8 Gaupefossen vart målestasjonen tatt av flaumen, så ingen direkte målingar vart gjort på kulminasjonsflaum i Audna.

Flaumen i 2015 (figur 5) er den største flaumen registrert hos fleire av målestasjonane brukt i denne analysen. Nedbøren var mest intens aust i Agder, og 22.22 Søgne opplevde sin nest største flaum sidan 1976 dette året. Fleire målestasjonar med lengd på måleserie på over 100 år opplevde rekordmålingar av vassføring. Denne flaumen var eit resultat av ei stor mengd nedbør, opp mot 300 mm, på tre-fire dagar (Langsholt & Holmqvist, 2017).

## 3 Resultat

Sidan det finst lange observasjonsseriar i vassdraget (23.8 Gaupefossen) vil denne flaumutrekninga basere seg på flaumfrekvensanalysar. Anbefalingane i NVE sin rettleiar for flaumutrekningar (01/2022) tydeleggjer viktigheita av å ta omsyn til datatilgjengelegheit når ein utfører flaumfrekvensanalysar. Ein vil først gjere slike analysar på døgnmiddel ved både lokale og regionale metodar, før ein skal rekne ut kulminasjonsverdiar, anten via lokale observerte data eller ved omrekning frå døgnmiddelverdiane.

### 3.1 Døgnmiddelvassføring

#### 3.1.1 Flaumfrekvensanalyse

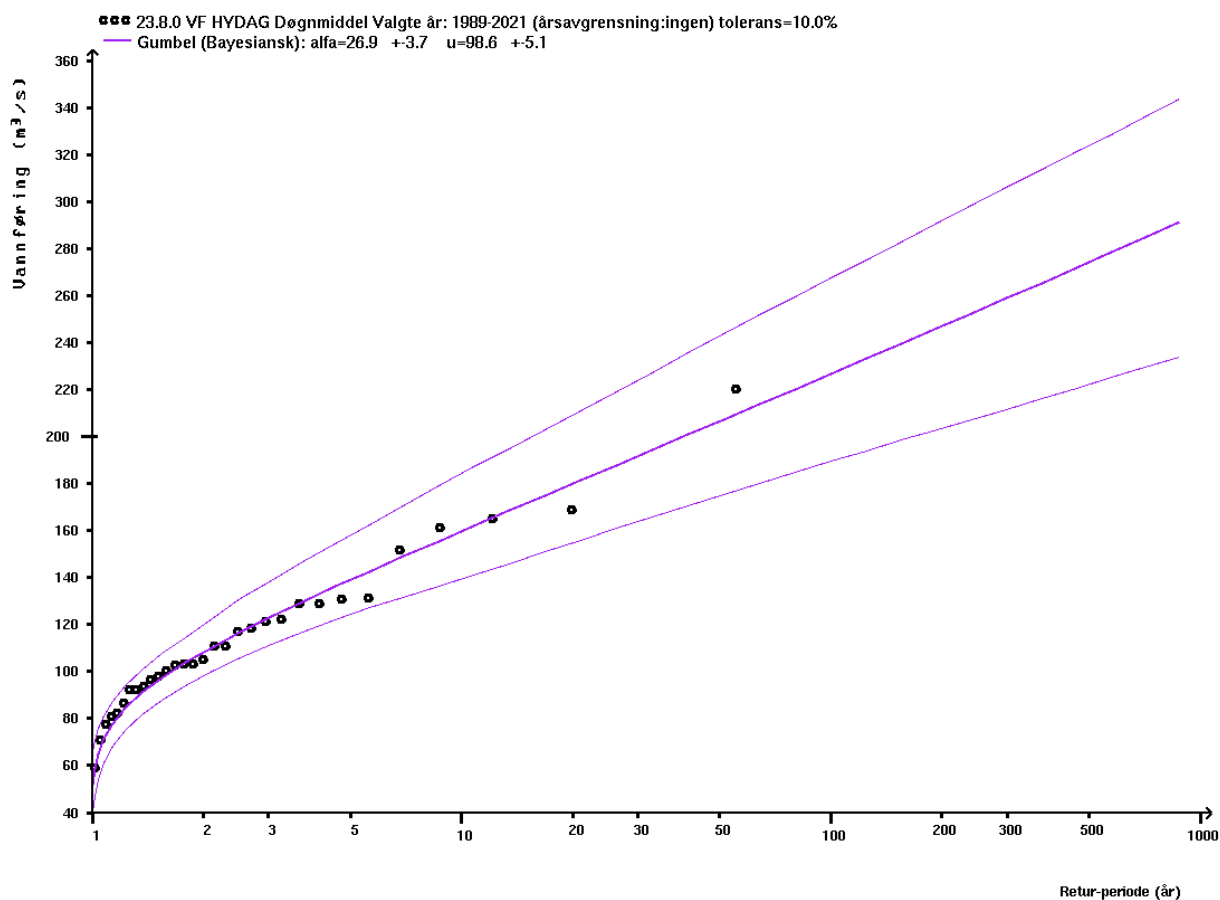
Frekvensanalysane er gjort etter gjeldande anbefalingar i Rettleiar for flaumutrekningar (NVE-rettleiar 01/2022, Glad mfl., 2022). Resultat av flaumfrekvensanalyse frå dei ulike stasjonane, døgnmiddelverdiar, er presentert i tabell 6. Middelflaum ( $Q_M$ ) er vist i både spesifikke og absolutte verdiar, medan flaumar med ulike gjentakintervall er presentert som vekstkurve (forholdstal mellom middelflaum og flaumar med høgare gjentakintervall,  $Q_T/Q_M$ ).

For tidsseriar med meir enn 50 år med data er det anbefalt å bruke GEV (Bayesiansk) frekvensfordeling, medan Gumbel (Bayesiansk) frekvensfordeling er anbefalt for område med under 50 år med observerte data. Full lokal + regionalt formelverk (Hydra II) er nytta i tilfelle der dette var anbefalt frå formelverket over dei andre fordelingane, eller at kurva var betre tilpassa denne enn til fordelingane tidlegare nemnt. Frekvensfordelinga tilpassa måledata frå 23.8 Gaupefossen er vist i figur 6.

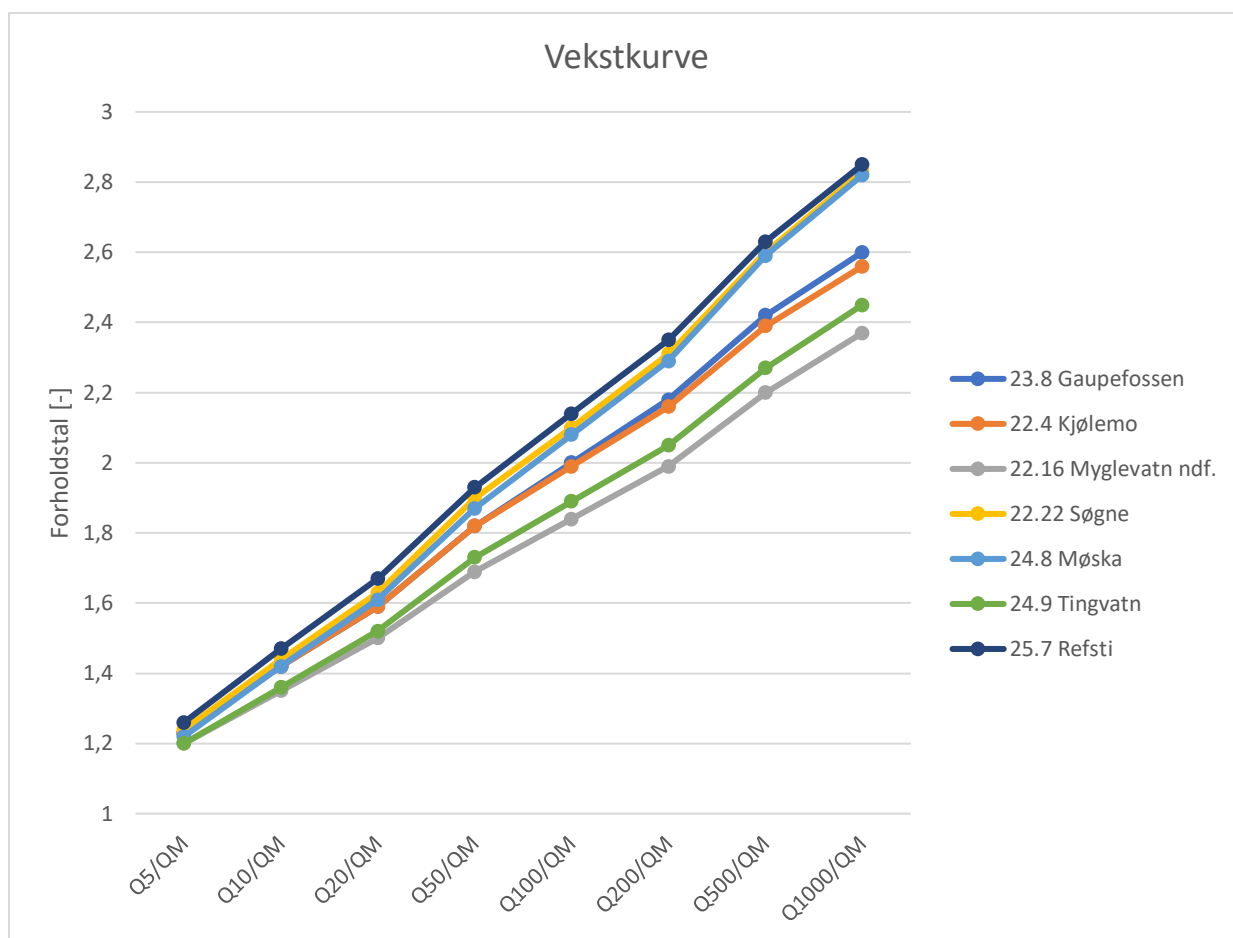
Vekstkurvene frå tabell 6 er vist som grafar i figur 7. Ein ser alle vekstkurvene held seg nær i storleik og brattheit, der  $Q_{200}$  ligg mellom 1,99 – 2,35 og  $Q_{1000}$  held seg innan 2,37 – 2,85. 25.7 Refsti, 24.8 Møska og 22.22 Søgne er dei tre stasjonane med brattast kurve, 24.9 Tingvatn og 22.16 Myglevatn har slakast kurve, medan 23.8 Gaupefossen og 22.4 Kjølamo sine kurver ligg omtrent i midten av desse.

**Tabell 6: Flaumfrekvensanalysar på døgnmiddelverdiar (årsflaumar) for aktuelle målestasjonar. Tabellen viser middelflaum ( $Q_M$ ) i spesifikke og absolutte verdiar, og vekstkurve (forholdstal mellom middelflaum og flaumar med høgare gjentakintervall,  $Q_T/Q_M$ ).**

| Stasjon                    | Areal<br>[km²] | $Q_M$   |      | $\frac{Q_5}{Q_M}$ | $\frac{Q_{10}}{Q_M}$ | $\frac{Q_{20}}{Q_M}$ | $\frac{Q_{50}}{Q_M}$ | $\frac{Q_{100}}{Q_M}$ | $\frac{Q_{200}}{Q_M}$ | $\frac{Q_{500}}{Q_M}$ | $\frac{Q_{1000}}{Q_M}$ | Fordeling                      |
|----------------------------|----------------|---------|------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|
|                            |                | l/s/km² | m³/s |                   |                      |                      |                      |                       |                       |                       |                        |                                |
| 23.8<br>Gaupefossen        | 344,0          | 330     | 114  | 1,23              | 1,42                 | 1,59                 | 1,82                 | 2,0                   | 2,18                  | 2,42                  | 2,6                    | Gumbel<br>(Bayesiansk)         |
| 22.4<br>Kjølemo            | 1763,0         | 258     | 455  | 1,23              | 1,42                 | 1,59                 | 1,82                 | 1,99                  | 2,16                  | 2,39                  | 2,56                   | Full lokal +<br>regional (GEV) |
| 22.16<br>Myglevatn<br>ndf. | 183,0          | 303     | 55   | 1,20              | 1,35                 | 1,50                 | 1,69                 | 1,84                  | 1,99                  | 2,20                  | 2,37                   | Full lokal +<br>regional (GEV) |
| 22.22<br>Søgne             | 203,0          | 410     | 83   | 1,24              | 1,44                 | 1,63                 | 1,90                 | 2,10                  | 2,31                  | 2,60                  | 2,83                   | Full lokal +<br>regional (GEV) |
| 24.8<br>Møska              | 121,0          | 488     | 59   | 1,22              | 1,42                 | 1,61                 | 1,87                 | 2,08                  | 2,29                  | 2,59                  | 2,82                   | Full lokal +<br>regional (GEV) |
| 24.9<br>Tingvatn           | 272,0          | 377     | 103  | 1,20              | 1,36                 | 1,52                 | 1,73                 | 1,89                  | 2,05                  | 2,27                  | 2,45                   | Full lokal +<br>regional (GEV) |
| 25.7<br>Refsti             | 202,64         | 359     | 73   | 1,26              | 1,47                 | 1,67                 | 1,93                 | 2,14                  | 2,35                  | 2,63                  | 2,85                   | Full lokal +<br>regional (GEV) |



Figur 6: Flaumfrekvensanalyse (Gumbel (Bayesiansk)) for målestasjon 23.8 Gaupefossen, døgnmiddelverdiar av årsflaumar.



Figur 7: Vekstkurver for aktuelle målestasjoner, frå verdier i tabell 6.

### 3.1.2 Regional flaumfrekvensanalyse

Det vart også gjort utrekningar direkte på utrekningpunkta ved hjelp av formelverk for regional flomfrekvensanalyse, RFFA-2018, ved hjelp av [NEVINA](#) (Engeland mfl., 2020). Resultata frå dette er gitt i tabell 7, og dei representerer uregulerte forhold. Verdiane rekna ut for indeksflaum er innanfor same storleik som for 23.8 Gaupefossen, målestasjonen i vassdraget, medan vekstkurvene er noko høgare. I tabell 6 såg ein at 23.8 Gaupefossen hadde ein middelflaum på 330 l/s/km<sup>2</sup>, medan tabell 7 viser ein medianflaum på 337 l/s/km<sup>2</sup>. Middelflaumen og medianflaumen har noko skilnad på gjentaksintervall, på ca. 2,3 og 2 år respektivt, så ein skilnad mellom desse storleikane er vanleg. Vekstkurva frå formelverket er også noko brattare enn den rekna ut for den lokale frekvensanalysen. Dette fører til at 200-årsflaumen rekna ut frå den lokale flaumfrekvensanalysen blir 720 l/s/km<sup>2</sup>, medan frå RFFA-2018 blir denne lik 843 l/s/km<sup>2</sup>.

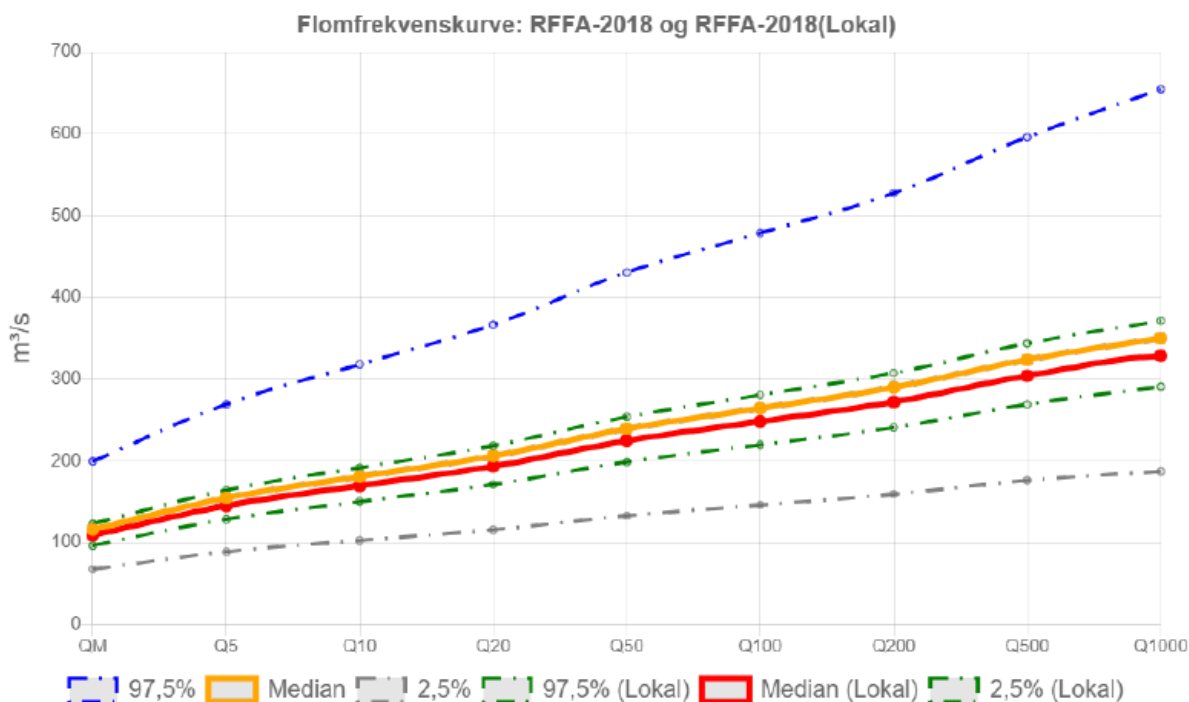


**Tabell 7: Flaumverdiar estimert med formelverk, RFFA-2018 (Engeland mfl., 2020) i NEVINA. Tabellen viser medianflaum ( $Q_{Med}$ ), i spesifikke og absolutte verdiar, og vekstkurve (forholdstal mellom medianflaum og flaumar med høgare gjentakintervall,  $Q_T/Q_{Med}$ ).**

| Stad                                                                 | Areal<br>[km <sup>2</sup> ] | $Q_{Med}$           |                   | $\frac{Q_5}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{10}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{20}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{50}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{100}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{200}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{500}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{1000}}{Q_{Med}}$ |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                                                                      |                             | l/s/km <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /s |                       |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                            |
| <b>Audna ved utløp<br/>Ytre Øydnvatn</b>                             | 135,0                       | 332                 | 45                | 1,33                  | 1,55                     | 1,76                     | 2,04                     | 2,25                      | 2,46                      | 2,74                      | 2,95                       |
| <b>Audna<br/>nedstraums<br/>samløp med<br/>Hellevassbekken</b>       | 167,4                       | 346                 | 58                | 1,33                  | 1,56                     | 1,77                     | 2,06                     | 2,27                      | 2,49                      | 2,77                      | 2,99                       |
| <b>Audna<br/>nedstraums<br/>samløp med bekk<br/>frå Rendlevatnet</b> | 193,0                       | 351                 | 68                | 1,33                  | 1,56                     | 1,78                     | 2,06                     | 2,28                      | 2,50                      | 2,79                      | 3,01                       |
| <b>Audna ved<br/>Gaupefossen<br/>målestasjon</b>                     | 344,0                       | 337                 | 116               | 1,33                  | 1,56                     | 1,78                     | 2,06                     | 2,28                      | 2,50                      | 2,79                      | 3,02                       |
| <b>Audna ved<br/>Vigeland</b>                                        | 414,0                       | 321                 | 133               | 1,33                  | 1,55                     | 1,77                     | 2,05                     | 2,27                      | 2,49                      | 2,78                      | 3,00                       |
| <b>Audna ved utløp i<br/>Sniksfjorden</b>                            | 452,0                       | 315                 | 142               | 1,33                  | 1,55                     | 1,77                     | 2,05                     | 2,27                      | 2,48                      | 2,77                      | 2,99                       |

### 3.1.3 Regional flaumfrekvensanalyse med lokale måledata

NEVINA har ein funksjon der ein kan legge til lokalt målte flaumar saman med dei regionale utrekningane formelverket utfører. Målet med dette er å redusere usikkerheitsintervallet i flaumverdiane og vekstkurvene. Resultatet av å legge inn døgnmiddelflaumar frå eit utval år for 23.8 Gaupefossen i NEVINA kan ein sjå i figur 8.



Figur 8: Vekstkurve laga ved å legge inn eit utval lokalt målte døgnmiddelflaumar frå 23.8 Gaupefossen inn i NEVINA.

Ein ser frå denne figuren at usikkerheitsintervallet er sterkt redusert frå utrekninga formelverket har gjort utan lokale data, til utrekninga med lokale data. 1000-årsflaumen går frå eit spenn mellom 200-650 m<sup>3</sup>/s til eit spenn på 291-371 m<sup>3</sup>/s. Tabell 8 viser medianflaumen og tilsvarende vekstkurve. Ein fekk ein noko lågare medianflaum ved å bruke lokale data i NEVINA samanlikna med å berre bruke formelverket som vist i tabell 7. Denne verdien for medianflaum passer også betre overeins med verdien for middelflaum rekna ut med lokale data i tabell 6. Vekstkurva er brattare enn begge dei andre vekstkurvene, men grunna anna medianflaum legg denne seg mellom dei to andre kurvene når det gjeld vassføring.

Tabell 8: Resultat frå formelverket saman med lokale data i NEVINA, Døgnmiddelflaum og tilhøyrande vekstkurve.

|                    | Areal<br>[km <sup>2</sup> ] | $Q_{Med}$           |                   | $\frac{Q_5}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{10}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{20}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{50}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{100}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{200}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{500}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{1000}}{Q_{Med}}$ |
|--------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                    |                             | l/s/km <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /s |                       |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                            |
| <b>Gaupefossen</b> | 344,0                       | 317                 | 109               | 1,33                  | 1,56                     | 1,78                     | 2,06                     | 2,28                      | 2,50                      | 2,79                      | 3,02                       |

### 3.1.4 Val av middelflaum

I denne rapporten er det valt å vektlegge vassføringsmålingar frå observasjonar i vassdraget der det finst. Målestasjon 23.8 Gaupefossen er eit godt utgangspunkt for å velje flaumverdiar, med god lengd på måleserien og fleire høge flaumtoppar. Om denne samsvarar godt med verdiane rekna i NEVINA, samt verdiane frå kombinasjonen av dei to metodane, vil desse fungere godt som tillegg til analysen. Målestasjonar i nærleiken vil også vektleggast. Minst to verdier for middelflaum må veljast, ein for øvre Audna ved Konsmo, og ein for nedre Audna ved Vigeland. Dei tidlegare NVE-rapportane denne rapporten er basert på (2-2006 og 11-2010) konkluderte med middelflaum på 330 l/s/km<sup>2</sup> for Konsmo, og 350 l/s/km<sup>2</sup> for Vigeland.

I tabell 6 i 3.1.1 såg ein at spesifikk middelflaum utrekna på lokale observerte data ligg mellom 258 og 488 l/s/km<sup>2</sup> for dei utvalde målestasjonane, der Gaupefossen ligg omtrent midt i med 330 l/s/km<sup>2</sup>. Målestasjonane med høgst spesifikk middelflaum ligg anten i felt nærare kysten og/eller lengre vest enn Audna. 22.16 Myglevatn og 25.7 Refsti har spesifikk middelflaum nærast 23.8 Gaupefossen, med respektive 303 og 359 l/s/km<sup>2</sup>.

Tabell 7 i 3.1.2 er spesifikk medianflaum for kvart av utrekningspunkta funne ved hjelp av formelverket, og verdiane ligg nær det som vart funne i tabell 6 for Gaupefossen, Myglevatn og Refsti, med verdier mellom 315 og 351 l/s/km<sup>2</sup>. Verdiane for middelflaum frå formelverket er høgst ved nedste utrekningspunkt i øvre Audna, elv frå Rendlevatn, medan dei er lågast ved utløpet i Sniksfjorden. Sidan Audna har høgst prosent effektiv innsjø høgt i nedbørfeltet, vil desse innsjøane gi ei dempende effekt og minke verdiane av spesifikk vassføring.

Ved å legge inn døgnmiddelflaumar målt ved 23.8 Gaupefossen inn i NEVINA fekk ein medianflaum og vekstkurve som vist i tabell 8. Dette gav ein medianflaum på 317 l/s/km<sup>2</sup>, ein verdi som ligg lågare enn kva utrekna både frå lokale data og regionalt formelverk. Denne verdien stemmer betre overeins med middelflaumen frå lokale data enn medianflaumen frå formelverket åleine, sidan medianflaumen har eit lågare gjentakintervall enn middelflaumen (ca. 2 år mot 2,3 år, respektivt).

### Øvre Audna – Konsmo

**Tabell 9: Medianflaum som spesifikke og absolutte verdier for to målestasjonar i øvre Audna, samt vekstkurve for fleire gjentakintervall.**

| Stasjon | Areal<br>[km²] | $Q_{Med}$ |      | $\frac{Q_5}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{10}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{20}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{50}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{100}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{200}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{500}}{Q_{Med}}$ | $\frac{Q_{1000}}{Q_{Med}}$ |
|---------|----------------|-----------|------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|         |                | l/s/km²   | m³/s |                       |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                            |
| 23.10   | 90             | 248       | 22,3 | 1,33                  | 1,56                     | 1,77                     | 2,05                     | 2,26                      | 2,48                      | 2,76                      | 2,98                       |
| 23.11   | 135            | 262       | 35,4 | 1,33                  | 1,55                     | 1,76                     | 2,04                     | 2,25                      | 2,46                      | 2,74                      | 2,95                       |

For å velje middelflaumverdi i øvre Audna såg Holmqvist (2006) på flaumverdier ved to nedlagte målestasjonar, 23.10 Øvre Øydnavatn og 23.11 Ytre Øydnavatn. Kvar av målestasjonane har 9 år med data, men måleseriane er ufullstendige og manglar nokre flaumtoppar, i tillegg til at vassføringskurvene vart endra i 2012 til lågare vassføringar ved same vasstand etter nye oppmålingar ved 23.11 Ytre Øydnavatn. Tabell 9 viser resultatane frå ei forenkla lokal + regional flaumfrekvensanalyse som vart gjort med hjelp av NEVINA, ved å legge inn åra ein har flaumtoppar for døgnmiddel saman med den regionale analysen. Ein ser medianflaumane er mykje lågare enn middelflaumane rekna ved lokal analyse i tabell 6. Verdiane for 23.10 Øvre Øydnavatn er omtrent like som i NVE-rapport 2-2006, men for 23.11 Ytre Øydnavatn er verdiane i tabell 9 ein god del lågare (332 l/s/km<sup>2</sup> og 45 m<sup>3</sup>/s, respektivt (Holmqvist, 2006)).

Sidan desse observerte verdiane ikkje stemmer overeins med det oppdaterte formelverket, og flaummålingane ved stasjonane er usikre, vel vi i denne rapporten å tru meir på verdiane frå formelverket RFFA-2018 og nærliggande målestasjonar. Målestasjonane som best representerer forholda i øvre Audna er 22.16 Myglevatn og 24.9 Tingvatn. Begge desse har nedbørfelt på under 300 km<sup>2</sup> og medianhøgde litt over snittet i Audna. Tingvatn har effektiv innsjøprosent på 3,12, omtrent likt som ved utløpet til Ytre Øydnavatn, og noko høgare normalavrenning. Dette kan vere på grunn av at feltet til Tingvatn ligg litt lengre vest og har ei medianhøgde på 588 m.o.h. Myglevatn

ligg også litt høgare i terrenget enn øvre Audna med medianhøgde på 446 m.o.h., men har også ein effektiv innsjøprosent på 1,69 og ei normalavrenning på same nivå som ved utløpet av Ytre Øydnavatn. 25.7 Refsti er også ein aktuell samanlikningsstasjon, med effektiv innsjøprosent på 1,91, medianhøgde på 290 m.o.h. og normalavrenning noko høgare enn øvre Audna.

Myglevatn, Tingvatn og Refsti har spesifikk middelflaum utrekna på lokal flaumfrekvensanalyse på respektive 303, 377 og 359 l/s/km<sup>2</sup>. Det regionale formelverket fann medianflaumverdiar for det tre utrekningspunkta i øvre Audna mellom 332-351 l/s/km<sup>2</sup>. Til samanlikning konkluderte rapporten frå 2006 ein middelflaumverdi på 330 l/s/km<sup>2</sup>.

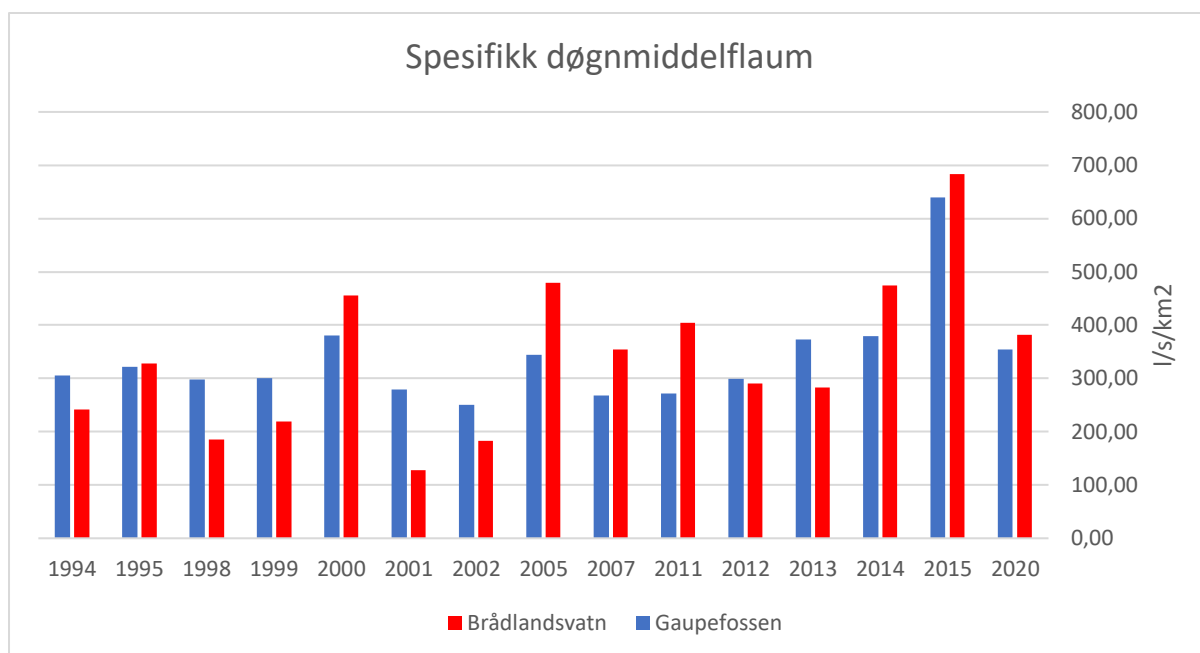
Basert på ei totalvurdering av verdiar frå samanlikningsstasjonane, samt frå lokal og regional analyse, er middelflaumen i øvre Audna, ved Konsmo, sett til 340 l/s/km<sup>2</sup>.

### **Nedre Audna – Vigeland**

Middelflaumen i nedre del av Audna må bestemmast av andre faktorar enn i øvre Audna, sidan nedbørfeltet er ein god del større og meir vatn blir ført inn i vassdraget. Trylandsvassdraget renn også inn i Audna på eit punkt, som fører med seg vatn frå ei regulert felt. Dette gjer at verdien på middelflaumen kjem til å vere annleis i nedre del av Audna.

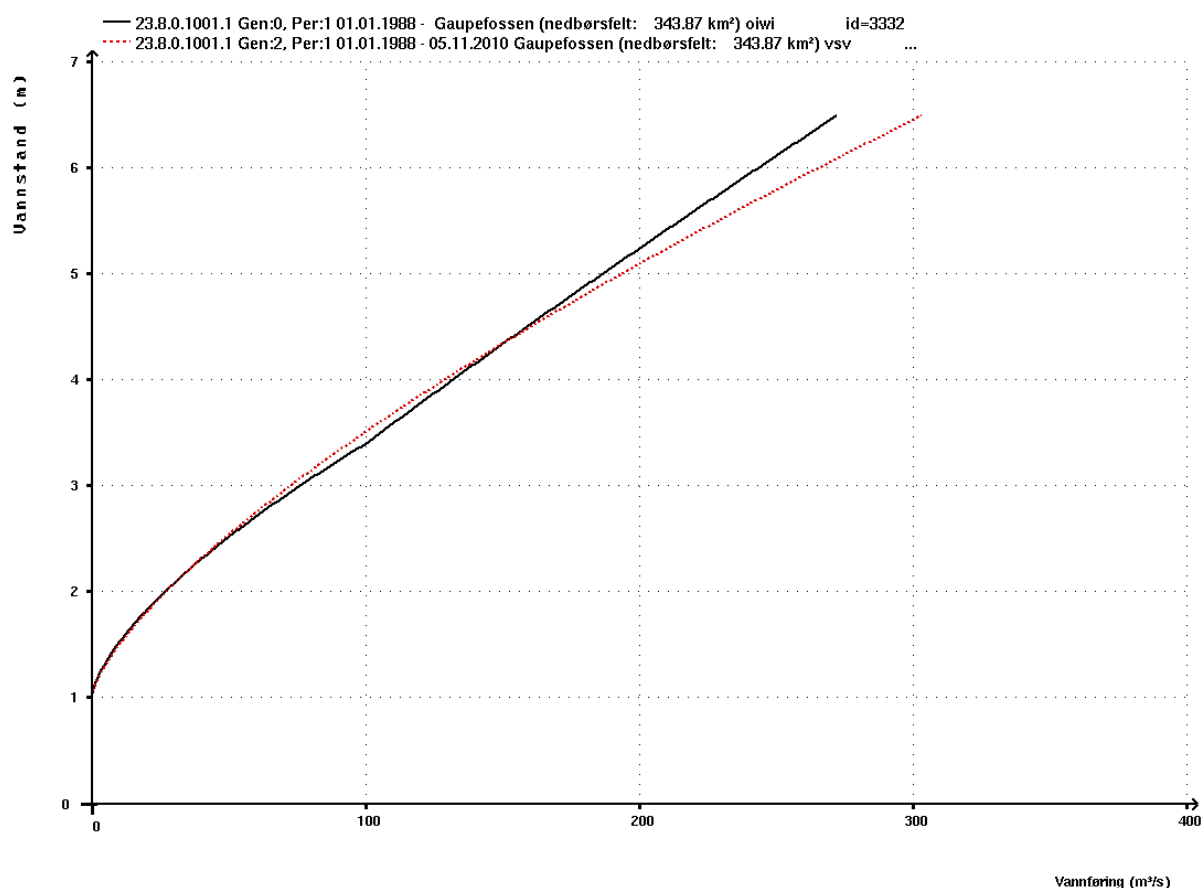
I nedre del av Audna kan ein bruke 23.8 Gaupefossen som eksempel på snittvassføring. Middelflaumen utrekna ved denne stasjonen vart satt til 330 l/s/km<sup>2</sup>, regionalt formelverk rekna ut ein medianflaum på 337 l/s/km<sup>2</sup>, medan kombinasjonen av desse gav ein medianflaum på 317 l/s/km<sup>2</sup>. Desse verdiane er relativt like, og ein må hugse på at ein middelflaum svarar til eit gjentaksintervall på ca. 2,3 år medan ein medianflaum svarar til gjentaksintervall på 2 år. Det som er uvanleg her er at medianflaumen frå formelverket, som har mindre gjentaksintervall enn medianflaumen, viser ein høgare verdi enn middelflaumen utrekna frå lokale verdiar. Dette kan vitne om at formelverket utan hjelp frå lokale data overestimerer flaumverdiane i området.

Reguleringa i Trylandselva kan påverke flaumvassføringa i Audna. For å sjå kor mykje denne reguleringa i så fall påverkar vassføringa målt ved Gaupefossen er årsflaumar frå målestasjonane 23.4 Brådlandsvatn og 23.8 Gaupefossen vist saman i figur 8. Ein ser at ved dei mindre flaumane i vassdraget er den spesifikke døgnmiddelflaumen større hos Gaupefossen enn Brådlandsvatn. Det motsette biletet ser ein ved dei store flaumane, der Brådlandsvatn har større spesifikk døgnmiddelflaum. Dette kan vere grunna reguleringa i Trylandselva, der reguleringa vil bremse dei mindre flaumane med reguleringa, men i dei store flaumane kjem det meir vatn enn magasina kan halde på, og magasina renn over på overløp.



Figur 9: Stolpediagram som viser skilnaden i spesifikk flaumstorleik mellom målestasjonane 23.4 Brådlandsvatn (raud) og 23.8 Gaupefossen (blå).

I NVE-rapport 11-2010 (Holmqvist, 2010) rekna ein ut den flaumdempande effekten reguleringa hadde på flaumvassføringa ved Gaupefossen. Ved å bruke same utrekning i vårt eksempel får vi dette:  $((339,33 \text{ l/s/km}^2 - 337,62 \text{ l/s/km}^2) * 59,5 \text{ km}^2) / 1000 = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dette er ein svært liten effekt, i forhold til Holmqvist (2010) som fann ein i flaumdempande effekt på  $9,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det er usikkert kvifor skilnaden mellom døgnmiddelflaumane har endra seg slik, men det er eit par moglege forklaringar. Den første er at det har vore fleire store flaumar i vassdraget sidan 2010, spesielt flaumane i 2015 og 2017, som er to av dei største registrert hos målestasjonane i området. Ein ser i figur 9 at skilnaden i flaumstorleik er svært liten ved 2015-flaumen, og det same i 2012 og 2020. Den andre forklaringa er at vassføringskurvene for begge målestasjonane har endra seg sidan 2010, etter dei store flaumane i 2015 og 2017 fann stad. Kurva til 23.4 Brådlandsvatn vart sist endra i 2017, og gir no lågare vassføring med same vasstand. Den nye kurva til 23.8 Gaupefossen har derimot høgare vassføring ved same vasstand for vasstandar mellom 2,3 og 4,4 m over lokalt nullpunkt, som ein kan sjå i figur 10. Denne skilnaden ligg på maksimum  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  mellom kurvene, men dei motsette endringane kurvene viser kan saman forklare kvifor det ser ut til at den flaumdempande effekten av Trylandsreguleringa ikkje påverkar flaumvassføring i Gaupefossen.



Figur 10: Vassføringskurver for 23.8 Gaupefossen. Den raude er kurva generert i 2009, som det er mest sannsynleg vart brukt i rapport 11-2010. Den svarte er kurva generert etter storflaumane i 2015 og 2017.

Tabell 7 viser at formelverket rekna ut medianvassføring i nedre Audna til å ligge mellom 315 og 337 l/s/km<sup>2</sup>. Nedstraums Gaupefossen er det eit lokalfelt på 111 km<sup>2</sup> som drenerer til Audna. Dette feltet ligg nær kysten og ligg for det meste under 200 m.o.h. For å vurdere tilsiget frå dette feltet testar ein å skalere vassføringa frå to målestasjonar i felt nær kysten, 22.22 Søgne og 24.8 Møska. Middelflaumen rekna ut for Søgne ligg på 410 l/s/km<sup>2</sup>, ein verdi som er ein del høgare enn kva som er rekna ut for nedre Audna i formelverket. Middelflaumen for Møska ligg på 488 l/s/km<sup>2</sup>, men dette nedbørfeltet ligg også noko lengre vest enn Audna. Saman vitnar dette om at i felt nærare kysten på Sørlandet har ein noko høgare vassføring enn lengre innlands.

Skalering av vassføringane ved samanlikningsstasjonane vart gjort ved å først å rekne om normalavrenninga til heile Audna, Audna ved Gaupefossen og samanlikningsfeltet frå l/s/km<sup>2</sup> til m<sup>3</sup>/s. Trekk ein frå verdien til Audna ved Gaupefossen frå verdien for heile Audna får ein eit tilnærma tal for avrenning i Audna nedstraums Gaupefossen. Deler ein dette talet på avrenninga utrekna ved samanlikningsstasjonen får ein eit forholdstal. Dette forholdstalet bruker ein til å skalere måleserien til samanlikningsstasjonen, før ein adderer denne saman med måleserien til 23.8 Gaupefossen. Ein får då ein måleserie justert opp til høgare verdiar, som kan representere Audna ved utløpet. Resultatet av dette kan ein sjå i tabell 10.



**Tabell 10: Resultat frå skalering av lokale måledata for å gjelde for nedre Audna.**

| <b>Samansetting</b>         | <b>Forholdstal</b> | <b><math>Q_M</math> l/s/km<sup>2</sup></b> | <b><math>Q_M</math> m<sup>3</sup>/s</b> | <b>Arbeidsserie</b> |
|-----------------------------|--------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|
| <b>Gaupefossen og Søgne</b> | 0,69               | 347                                        | 157                                     | 23.8.1001.5         |
| <b>Gaupefossen og Møska</b> | 0,69               | 329                                        | 149                                     | 24.8.1001.6         |
| <b>Gaupefossen skalert</b>  | 0,27               | 319                                        | 144                                     | 23.8.1001.15        |

Det kan vere at middelflaumen for nedre Audna etter skalering med Søgne gir ein noko høg verdi. Flaumtoppane for denne måleserien er ein god del høgare enn for kvar av stasjonane åleine, og nokre kan gi eit skeivt bilete av flaumane i Audna. Spesielt var flaumen i 2017 større i Søgne enn Gaupefossen, sidan den tyngste nedbøren fall aust for Audna, over Kristiansand. Skalering saman med Møska viser noko lågare verdiar for middelflaumen ved utløpet av Audna enn Søgne, men gir høgare verdi enn formelverket i tabell 7. Spesifikk middelflaum viser verdi 329 l/s/km<sup>2</sup>, som er omtrent same verdi som gitt ved Gaupefossen i tabell 6. Skalerer ein målingane ved Gaupefossen til å gjelde også for området nedstraums målestasjonen får ein lågare verdiar for Audna sin middelflaum ved utløpet. Desse verdiane liknar på verdiane NEVINA gir for medianflaum ved utløpet i tabell 7.

Ei samla vurdering fører til at for Gaupefossen vel vi middelflaum rekna ut frå lokale måleverdiar, 330 l/s/km<sup>2</sup>, vist i tabell 6. For utrekningpunkta nedstraums Gaupefossen vel vi middelflaum basert på utrekninga ved skalering av Møska, vist i tabell 10. Dette gir middelflaum ved Vigeland og utløp Sniksfjorden også på 330 l/s/km<sup>2</sup>.

### **3.1.5 Val av vekstkurve**

Det er god semje mellom dei ulike vekstkurvene i figur 7. Forholdet for  $Q_{200}/Q_{Med}$  ligg mellom 2,46-2,50, medan for  $Q_{200}/Q_M$  ligg det mellom 1,99-2,35. Vekstkurvene for dei regionale frekvensanalysane er noko brattare enn for dei lokale. Dette er motsett av det som vanlegvis skjer i regulerte vassdrag. Reguleringane dempar mindre flaumar og aukar dei store flaumane, noko som gjer vekstkurva blir brattare ved høgare gjentaksintervall. Ein regel når ein reknar vekstkurver for regulerte forhold er at dei små flaumane vil vere dempa av reguleringa og dei minste vil kanskje ikkje synast, medan dei største flaumane vil nærme seg uregulert tilstand. Er ein uheldig med reguleringa kan også denne vere med å auke storleiken på flaumen. Difor er det anbefalt i slike tilfelle å stole på vekstkurva til lokale målingar første halvdel av kurva, før ein skifter over til uregulerte verdiar ved høgare gjentaksintervall. At ein ikkje ser denne brattare kurva hos lokale måledata frå 23.8 Gaupefossen kan vitne om at reguleringa si effekt på vassdraget ikkje har så mykje å seie ved dei større flaumane.

Som vist i figur 7 ligg vekstkurva til 23.8 Gaupefossen midt mellom kurvene til målestasjonane i nærliggande strøk. Vekstkurva som ligg nærast denne er 22.4 Kjølamo, som har det største nedbørfeltet og fleire oppstraums reguleringar. Dei tre vekstkurvene med brattast kurve er 22.22 Søgne, 24.8 Møska og 25.7 Refsti. Desse nedbørfelta har omtrent like store areal, ligg nære kysten og/eller lengre vest enn Audna. Målestasjonane med slakare vekstkurve enn Gaupefossen blir då 24.9 Tingvatn og 22.16 Myglevatn, begge stasjonar med høgare medianhøgde. I tidlegare rapportar

har vekstkurvene for desse målestasjonane vore mykje lågare. Endringa i vekstkurvene til brattare kurver i alle tilfelle (utanom 24.9 Tingvatn) kan ha skjedd på grunn av fleire store flaumar i området sidan 2010.

Vekstkurvene frå formelverket er svært like for alle utrekningspunkta, men brattare enn kva som er rekna ut frå dei lokale observasjonane. I dei tidlegare rapportane i vassdraget gav det gamle formelverket dei brattaste vekstkurvene. Frå begge desse rapportane vart det valt ei vekstkurve frå det regionale formelverket med region K2 (Holmqvist, 2010). Dette var den minst bratte av dei regionale kurvene, men brattare enn alle vekstkurvene frå lokale frekvensanalysar. Skal ein følgje dette eksempelet må vekstkurva ein landar på i denne rapporten ligge på ein 200-årsflaum med vekstkurve mellom 2,3 og 2,5, og ein 1000-årsflaum med vekstkurve mellom 2,5 og 3,0. Ein må også vurdere om vekstkurva skal vere lik i øvre og nedre del av Audna, eller om den skal justerast i nedre del på grunn av reguleringa i Trylandselva.

Vekstkurva utrekna med både lokale måledata og regionalt formelverk vist i tabell 8 er lik vekstkurva for Gaupefossen frå formelverket i tabell 7. Som ein ser i figur 8 er derimot usikkerhetsintervallet for denne kurva sterkt redusert når ein har tilført målte døgnmiddelflaumar til formelverket. Difor landar ein på at vekstkurva i denne rapporten skal vere lik gjennom heile vassdraget, og ein vil bruke vekstkurva frå det regionale formelverket, vist i tabell 8.

### 3.1.6 Døgnmiddelflaum for utrekningspunkta

Dei tidlegare flaumutrekningane gjort av Holmqvist (2006; 2010) sette 330 l/s/km<sup>2</sup> som verdi for  $Q_M$  i Audna ved Konsmo og 350 l/s/km<sup>2</sup> som verdi for Audna ved Vigeland. Observasjonane ved 23.8 Gaupefossen viser at dette er eit godt estimat. I denne rapporten vil desse bli justert noko, grunna nytt datagrunnlag etter to store flaumar på 2010-talet. Tabell 11 viser endelege val av verdier for døgnmiddelflaum ved kvart utrekningspunkt og tilhøyrande vekstkurve.

I denne rapporten vel ein å bruke same vekstkurve gjennom heile vassdraget, og å ikkje oppjustere vekstkurva i nedre del av vassdraget på grunn av reguleringar i Trylandselva. Tabellen nedanfor viser verdier for døgnmiddelflaum og vekstkurver basert på dei lokale målingane ved Gaupefossen, samt utrekningane ved skalering gjort i tabell 10 og dei lokale måledataa lagt til det regionale formelverket i tabell 8.

**Tabell 11: Valte middelflaumar og vekstkurver for utrekningspunkta i øvre og nedre Audna.**

| Utrekningspunkt  | Areal<br>[km <sup>2</sup> ] | QM                  |                   | Q5<br>[m <sup>3</sup> /s] | Q10<br>[m <sup>3</sup> /s] | Q20<br>[m <sup>3</sup> /s] | Q50<br>[m <sup>3</sup> /s] | Q100<br>[m <sup>3</sup> /s] | Q200<br>[m <sup>3</sup> /s] | Q500<br>[m <sup>3</sup> /s] | Q1000<br>[m <sup>3</sup> /s] |
|------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                  |                             | l/s/km <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /s |                           |                            |                            |                            |                             |                             |                             |                              |
| $Q_T/Q_M$        | -                           | -                   | -                 | 1,33                      | 1,56                       | 1,78                       | 2,06                       | 2,28                        | 2,5                         | 2,79                        | 3,02                         |
| Ytre Øydnavatn   | 135                         | 340                 | 46                | 61                        | 72                         | 82                         | 95                         | 105                         | 115                         | 128                         | 139                          |
| Hellelandsvatn   | 167                         | 340                 | 57                | 76                        | 89                         | 102                        | 117                        | 130                         | 143                         | 159                         | 172                          |
| Rendlevatn       | 193                         | 340                 | 66                | 88                        | 103                        | 118                        | 136                        | 151                         | 165                         | 184                         | 199                          |
| Gaupefossen      | 344                         | 330                 | 114               | 152                       | 178                        | 203                        | 235                        | 260                         | 285                         | 318                         | 344                          |
| Vigeland         | 414                         | 330                 | 137               | 182                       | 214                        | 244                        | 282                        | 312                         | 343                         | 382                         | 414                          |
| Utløp Sniksfjord | 452                         | 330                 | 149               | 198                       | 232                        | 265                        | 307                        | 340                         | 373                         | 416                         | 450                          |

## 3.2 Kulminasjonsvassføring

Flaumverdiane presentert i kapittel 3.1 er døgnmiddelverdiar. Kulminasjonsvassføringar (momentanvassføring) kan vere ein god del større enn døgnmiddelvassføringa. Dette er spesielt karakteristisk for små vassdrag med rask flaumstiging og spisse flaumforløp. Nedbørfeltet til Audna er relativt stort, og den største flaumvassføringa kjem som regel dagen etter sterk nedbør.

Ein kan få kulminasjonsvassføringa direkte ved å utføre ei lokal flaumfrekvensanalyse på kulminasjonsdata, eller ein kan gjere ei flaumfrekvensanalyse på døgnmiddelverdiar før ein finn eit forholdstal mellom kulminasjonsvassføring og døgnvassføring. Ein kan rekne ut dette forholdstalet ved hjelp av formelverket i NEVINA (RFFA-2018) eller ved å direkte samanlikne observert kulminasjons- og døgnmiddelvassføring ved ein eller fleire målestasjonar avhengig om det finst data med fin tidsoppløysing (timesverdiar).

Dei fleste store flaumar i Audna skjer på hausten og vinteren, og er hovudsakleg regndominerte flaumar. Denne typen flaumar blir danna på grunn av lengre periodar med meir eller mindre sterk nedbør. Dei aller største flaumane i Noreg er gjerne kombinasjonsflaumar av snøsmelting og sterk nedbør, og det var dette som hendte i 2015 under den største flaumen registrert i 23.8 Gaupefossen. Nedbørdominerte flaumar er som regel raskare enn snøsmelteflaumar, og har raskare avrenning og eit spist flaumforløp. Difor er gjerne forholdstalet mellom kulminasjonsflaum og døgnmiddelflaumen større for nedbørsdominerte flaumar. Sidan den største flaumen i året som regel oppstår innan same årstid, kan ein vente at forholdstalet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvassføring held seg nokolunde likt, men kan variere noko mellom flaumepisodane.

I flaumutrekningar vil ein ha endelege verdiar også for kulminasjonsvassføringar, og det er fleire vegar mot dette målet. Dei to vanlegaste tilnærmingane er:

**Alternativ 1:** Kulminasjonsvassføring via lokal flaumfrekvensanalyse direkte på kulminasjonsvassføringar.

**Alternativ 2:** Kulminasjonsvassføring via døgnmiddelvassføring og forholdstal  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ .

Kva tilnærming ein anbefaler er avhengig av lengd og kvalitet på tidsseriane. Som regel har ein lengre måleseriar for døgndata enn findata, noko som fører til færre år med kulminasjonsdata å utføre frekvensanalyse over. Skal ein bruke forholdstalet treng ein både døgndata og kulminasjonsdata for same flaumhending i vassdraget.

### 3.2.1 Lokal flaumfrekvensanalyse (Alt. 1)

Kulminasjonsverdiar for tre målestasjonar med lang nok serie for findata kan ein sjå i tabell 12. Middelflaum er presentert med både spesifikk og absolutt verdi, medan vekstkurva for flaum er vist for ulike gjentakintervall ( $Q_T$ ). Fordelingskurva valt er Gumbelfordeling (Bayesiansk) for Gaupefossen og Kjølemo sidan målestasjonane har mellom 25-50 år med data, og GEV (Bayesiansk) for Søgne. Kjølemo sitt nedbørfelt er ein god del større enn Audna sitt. Kulminasjonsverdiane i dette nedbørfeltet kan difor vise liten skilnad frå døgnmiddelflaumen.

**Tabell 12: Middelflaumverdiar for kulminasjonsflaum og tilhøyrande vekstkurve for tre målestasjonar.**

| Stasjon                  | Areal<br>[km <sup>2</sup> ] | Q <sub>M</sub>      |                   | Q <sub>5</sub> /Q <sub>M</sub> | Q <sub>10</sub> /Q <sub>M</sub> | Q <sub>20</sub> /Q <sub>M</sub> | Q <sub>50</sub> /Q <sub>M</sub> | Q <sub>100</sub> /Q <sub>M</sub> | Q <sub>200</sub> /Q <sub>M</sub> | Q <sub>500</sub> /Q <sub>M</sub> | Q <sub>1000</sub> /Q <sub>M</sub> | Fordeling |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|
|                          |                             | l/s/km <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /s |                                |                                 |                                 |                                 |                                  |                                  |                                  |                                   |           |
| <b>23.8 Gaupefossen*</b> | 344                         | 377                 | 130               | 1,20                           | 1,36                            | 1,51                            | 1,72                            | 1,88                             | 2,04                             | 2,26                             | 2,43                              | Gumbel    |
| <b>22.4 Kjølemo</b>      | 1763                        | 269                 | 474               | 1,23                           | 1,42                            | 1,61                            | 1,85                            | 2,04                             | 2,23                             | 2,48                             | 2,67                              | Gumbel    |
| <b>22.22 Søgne</b>       | 203                         | 502                 | 102               | 1,24                           | 1,47                            | 1,70                            | 2,05                            | 2,34                             | 2,67                             | 3,20                             | 3,67                              | GEV       |

\*For 23.8 Gaupefossen er kulminasjonstoppen 2015 tatt ut, sidan denne toppen ikkje vart målt av måleinstrument/ikkje finst. Om siste kjente momentanverdi for 2015 er med i frekvensanalysen (210 m<sup>3</sup>/s, sjå tabell 5) endrar ikkje kurva seg til ei grad å merke seg. Som ein test prøvde ein å utføre kulminasjonsfrekvensanalysen med ulike kulminasjonsverdiar for 2015-flaumen på 240, 250 og 260 m<sup>3</sup>/s. I alle tilfelle heldt Q<sub>1000</sub>/Q<sub>M</sub> seg på ca. 2,4, noko som betyr storleiken på den største flaumen i vassdraget endrar ikkje stort på kurva.

### 3.2.2 Forholdstal mellom døgn- og kulminasjonsverdiar

Kulminasjonsverdiane og døgnmiddelverdiane i ein slik analyse må vere frå same flaumhending. Tabell 13 viser observert  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$  for dei ni største års-flaumane i Gaupefossen, sortert etter største kulminasjonsverdi. Sidan flaumane i 2015, 1992 og 1990 har usikre registreringar av flaumtoppane ved målestasjonen er desse åra tatt ut av analysen. Sidan dette er tre av dei største flaumane i vassdraget kan dette dessverre føre til for låge flaumtoppar i analysen.

**Tabell 13: Forholdstalet  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$  for dei ni største årsflaumane ved 23.8 Gaupefossen i observasjonsperioden med finare tidsoppløysing enn døgn (1988-2021).**

| Dato                | Kulm [m <sup>3</sup> /s] | Døgn [m <sup>3</sup> /s] | $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 02.10.2017          | 215,55                   | 168,56                   | 1,28                             |
| 11.12.2016          | 157,76                   | 128,75                   | 1,23                             |
| 04.10.2006          | 154,18                   | 110,50                   | 1,40                             |
| 13.11.2000          | 153,43                   | 131,02                   | 1,17                             |
| 24.12.2013          | 151,42                   | 128,52                   | 1,18                             |
| 02.01.2014          | 147,88                   | 130,46                   | 1,33                             |
| 08.01.2005          | 144,95                   | 118,41                   | 1,22                             |
| 16.02.2020          | 132,81                   | 121,90                   | 1,09                             |
| 01.04.1994          | 131,88                   | 104,94                   | 1,26                             |
| <b>Gjennomsnitt</b> |                          |                          | <b>1,24</b>                      |

Denne tabellen viser at i Audna ved Gaupefossen er det gjennomsnittlege forholdstalet mellom kulminasjonsflaum og døgnmiddelflaum på 1,24. Formelverket (NEVINA) kom ved same stad fram til eit forholdstal på 1,14. Tabell 14 viser utrekna forholdstal mellom momentanflaum og døgnmiddelflaum for dei av målestasjonane som hadde nok findata til ei slik analyse.

**Tabell 14: Gjennomsnittlege forholdstal mellom kulminasjonsflaum og døgnmiddelflaum for utvalde stasjonar i området. Forholdstala ligg mellom 1,0-1,24.**

| Stasjon              | Forholdstal ( $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ ) |
|----------------------|--------------------------------------------------|
| 23.4 Brådlandsvatn   | 1,15                                             |
| 23.8 Gaupefossen     | 1,24                                             |
| 23.11 Ytre Øydnavatn | 1,02                                             |
| 22.4 Kjøleemo        | 1,07                                             |
| 22.22 Søgne          | 1,2                                              |

Det er liten skilnad mellom kulminasjonsflaum og døgnmiddelflaum for Ytre Øydnavatn, grunna flaumdemping frå innsjøane som ligg høgt i vassdraget. Størst skilnad finn vi for Gaupefossen og Søgne, målestasjonar med låg prosent effektiv innsjø, større areal og lengre avstand frå øvste del av nedbørfeltet til målestasjonen enn Ytre Øydnavatn.

Forholdstala frå tabell 14 skil seg noko frå forholdstala frå formelverket vist i tabell 15. For Ytre Øydnavatn er forholdstalet noko høgare, medan for Gaupefossen gir formelverket eit lågare tal. Det er også eit mindre spenn i verdiane for forholdstal.

**Tabell 15: Forholdstal mellom kulminasjonsflaum og døgnmiddelflaum rekna ut av formelverket med hjelp av NEVINA. Forholdstala ligg mellom 1,05-1,15.**

| Utrekningspunkt  | Forholdstal ( $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ ) frå NEVINA |
|------------------|-------------------------------------------------------------|
| Ytre Øydnavatn   | 1,07                                                        |
| Hellevassbekken  | 1,08                                                        |
| Rendlevatnet     | 1,1                                                         |
| Gaupefossen      | 1,14                                                        |
| Vigeland         | 1,15                                                        |
| Utløp Sniksfjord | 1,15                                                        |

### 3.2.3 Kulminasjonsvassføringar via døgndata og $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ (Alt.2)

Frå 23.11 Ytre Øydnavatn har ein 3 år med findata ein kan bruke til å rekne ut forholdstalet  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ . Dette gir eit forholdstal på 1,02, noko som tilseier at kulminasjonsflaumen er omtrent lik døgnmiddelflaumen. Sidan det er to innsjøar rett ovanfor denne målestasjonen er ein liten skilnad mellom døgnmiddel- og kulminasjonsflaum er tenkeleg, men ein så liten skilnad er usannsynleg. Difor oppjusterer ein denne verdien noko, til 1,1. For utrekningspunkta nedanfor tenkjer ein at forholdstalet aukar i takt med minkande effektiv sjøprosent. Ein vel difor eit forholdstal på 1,12 og 1,14 for dei to neste utrekningspunkta.

NVE rettleiar 1/2022 anbefaler at ein bruker same forholdstal for alle gjentaksintervall. Som forholdstal  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$  for Gaupefossen vel vi ein noko lågare verdi enn gjennomsnittet på 1,24 utrekna i tabell 13, og endar med 1,2. For dei to utrekningspunkta nedstrøms, ved Vigeland og ved utløpet i Sniksfjorden vel ein litt lågare verdiar, ettersom aukande areal vil skalere verdiane noko. For desse utrekningspunkta vel ein difor forholdstal på 1,18.

**Tabell 16: Kulminasjonsverdiar for utrekningspunkta basert på resultat frå frekvensanalysar på døgnverdiar og forholdstal  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ .**

| Utrekningspunkt  | $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ | $Q_M$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_5$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{10}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{20}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{50}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{100}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{200}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{500}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{1000}$<br>[m <sup>3</sup> /s] |
|------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Ytre Øydnavatn   | 1,1                              | 51                           | 67                           | 79                              | 90                              | 104                             | 115                              | 127                              | 141                              | 153                               |
| Hellevassbekken  | 1,12                             | 64                           | 85                           | 100                             | 114                             | 132                             | 146                              | 160                              | 178                              | 193                               |
| Rendlevatnet     | 1,14                             | 75                           | 100                          | 117                             | 134                             | 155                             | 172                              | 188                              | 210                              | 227                               |
| Gaupefossen      | 1,2                              | 137                          | 182                          | 213                             | 244                             | 282                             | 312                              | 342                              | 382                              | 413                               |
| Vigeland         | 1,18                             | 162                          | 215                          | 252                             | 287                             | 333                             | 369                              | 404                              | 451                              | 488                               |
| Utløp Sniksfjord | 1,18                             | 175                          | 234                          | 274                             | 313                             | 362                             | 401                              | 440                              | 491                              | 531                               |

I NVE-rapport 80-2017 (Langsholt & Holmqvist, 2017) vurderte ein flaumen i Audna dette året til ein 20-årsflaum, med ein kulminasjonsverdi på ca. 220 m<sup>3</sup>/s. Dette stemmer relativt godt med dei resulterande verdiane i tabell 16.

### 3.3 Samanstilling av resultat frå ulike utrekningsalternativ

Tabell 17 viser flaumverdiar for Audna utrekna med to ulike metodar:

**Alternativ 1:**  $FFA_{\text{døgn}} \times Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ : frekvensanalyse på døgnmiddelverdiar frå 23.8 Gaupefossen, heile observasjonsperioden (tabell 10) og forholdstalet  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ , rekna ut ifrå observerte forholdstal, med gjennomsnittsverdi på 1,19 (tabell 12).

**Alternativ 2:**  $FFA_{\text{kulm}}$ : Frekvensanalyse på kulminasjonsverdiar frå 23.8 Gaupefossen, periode 1989-2020 (tabell 12).

**Tabell 17: Kulminasjonsvassføring tilnærma ved to ulike metodar for utrekningspunktet 23.8 Gaupefossen. Prosentvis skilnad mellom metodane er utrekna i nedste rad.**

| Utrekningsmetode                               | $Q_M$               |                   | $Q_5/Q_M$ | $Q_{10}/Q_M$ | $Q_{20}/Q_M$ | $Q_{50}/Q_M$ | $Q_{100}/Q_M$ | $Q_{200}/Q_M$ | $Q_{500}/Q_M$ | $Q_{1000}/Q_M$ |
|------------------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
|                                                | l/s/km <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /s |           |              |              |              |               |               |               |                |
| <b><math>FFA_{\text{døgn}} \times C</math></b> | 396                 | 137               | 182       | 213          | 244          | 282          | 312           | 342           | 382           | 413            |
| <b><math>FFA_{\text{kulm}}</math></b>          | 384                 | 130               | 156       | 177          | 196          | 224          | 244           | 265           | 294           | 316            |
| <b>Skilnad %</b>                               | -                   | -                 | 117%      | 121%         | 124%         | 126%         | 128%          | 129%          | 130%          | 131%           |

Ein ser skilnaden er ganske stor mellom dei to metodane, der  $FFA_{\text{døgn}} \times C$  gir ein god del høgare verdiar enn  $FFA_{\text{kulm}}$ . Alternativ 2, kulminasjonsverdiar gjennom døgnmiddelverdiar og forholdstal gir 7-12% høgare verdiar enn kulminasjonsverdiar rekna ut direkte på findata.

I tabell 12 testa ein om ulike verdiar av 2015-flaumen sin kulminasjonsverdi ville påverke brattheita på vekstkurva. Hadde ein med Gaupefossen sin siste målte verdi på 210 m<sup>3</sup>/s, fekk ein omtrent ikkje noko utslag på kurva, heller ikkje om ein oppjusterte flaumverdiane. Sidan ein ikkje har den reelle kulminasjonsverdien til verken 1990-, 1992- eller 2015-flaumen, kan ein vente seg at vekstkurva ved Gaupefossen kanskje eigentleg skulle vore brattare enn tabell 12 viser. Dette kan også vere sidan ein berre har 30 år med data ved målestasjonen. Gumbelfordelinga, som er anbefalt om ein har under 50 år med data, gir tradisjonelt ei litt flatare kurve ved høgare

gjentaksintervall enn motparten GEV-fordelinga. Å bruke ei GEV-fordeling på kulminasjonsdataa til Gaupefossen blir feil etter anbefalt metode, men den gir ei brattare kurve med 1000-årsflaum på nær 500 m<sup>3</sup>/s.

## 4 Endeleg val av flaumverdiar

Døgnmiddelflaumverdiane i vassdraget endrar seg mellom oppstraums og nedstraums i Audna. Tidlegare i rapporten bestemte ein at reguleringa i eit sidevassdrag til Audna ikkje skulle påverke vassføringa. For døgnmiddelflaumen i Audna er det bestemt at for Audna ved Ytre Øydnavatn, Audna ved samløp med Hellevassbekken og Audna ved samløp med elv frå Rendlevatnet er middelflaumen lik 340 l/s/km<sup>2</sup>, for Audna ved Gaupefossen målestasjon, Audna ved Vigeland og Audna ved utløpet i Sniksfjorden er middelflaumen lik 330 l/s/km<sup>2</sup>. Vekstkurva følger den vekstkurva som vart utrekna frå lokale måledata i 23.8 Gaupefossen satt inn i det regionale formelverket i NEVINA. Resultata kan ein sjå i tabell 18.

**Tabell 18: Endelege døgnmiddelveirdiar for utrekningspunkta i Audna.**

| Utrekningspunkt                | Q <sub>M</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>5</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>10</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>20</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>50</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>100</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>200</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>500</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>1000</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] |
|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| Q <sub>T</sub> /Q <sub>M</sub> | -                                     | 1,33                                  | 1,56                                   | 1,78                                   | 2,06                                   | 2,28                                    | 2,5                                     | 2,79                                    | 3,02                                     |
| Ytre Øydnavatn                 | 46                                    | 61                                    | 72                                     | 82                                     | 95                                     | 105                                     | 115                                     | 128                                     | 139                                      |
| Hellevassbekken                | 57                                    | 76                                    | 89                                     | 102                                    | 117                                    | 130                                     | 143                                     | 159                                     | 172                                      |
| Rendlevatnet                   | 66                                    | 88                                    | 103                                    | 118                                    | 136                                    | 151                                     | 165                                     | 184                                     | 199                                      |
| Gaupefossen                    | 114                                   | 152                                   | 178                                    | 203                                    | 235                                    | 260                                     | 285                                     | 318                                     | 344                                      |
| Vigeland                       | 137                                   | 182                                   | 214                                    | 244                                    | 282                                    | 312                                     | 343                                     | 382                                     | 414                                      |
| Utløp Sniksfjord               | 149                                   | 198                                   | 232                                    | 265                                    | 307                                    | 340                                     | 373                                     | 416                                     | 450                                      |

Det er bestemt at alternativ 2, presentert i avsnitt 3.2.3, sine kulminasjonsverdiar skal representere flaumverdiane i Audna. Endelege flaumestimat for utrekningspunkta i Audna kan ein då sjå i tabell 19.

**Tabell 19: Endelege kulminasjonsvassføringar for utrekningspunkta i Audna.**

| Utrekningspunkt  | Q <sub>M</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>5</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>10</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>20</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>50</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>100</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>200</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>500</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>1000</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] |
|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| Ytre Øydnavatn   | 51                                    | 67                                    | 79                                     | 90                                     | 104                                    | 115                                     | 127                                     | 141                                     | 153                                      |
| Hellevassbekken  | 64                                    | 85                                    | 100                                    | 114                                    | 132                                    | 146                                     | 160                                     | 178                                     | 193                                      |
| Rendlevatnet     | 75                                    | 100                                   | 117                                    | 134                                    | 155                                    | 172                                     | 188                                     | 210                                     | 227                                      |
| Gaupefossen      | 137                                   | 182                                   | 213                                    | 244                                    | 282                                    | 312                                     | 342                                     | 382                                     | 413                                      |
| Vigeland         | 162                                   | 215                                   | 252                                    | 287                                    | 333                                    | 369                                     | 404                                     | 451                                     | 488                                      |
| Utløp Sniksfjord | 175                                   | 234                                   | 274                                    | 313                                    | 362                                    | 401                                     | 440                                     | 491                                     | 531                                      |



# 5 Vurdering av flaumverdiar

## 5.1 Samanlikning med tidlegare utrekningar

Utrekningane gjort i denne rapporten gir ein 500-års døgnmiddelflaum i Audna ved Gaupefossen på 318 m<sup>3</sup>/s, som svarar til 924 l/s/km<sup>2</sup> som døgnmiddel.

Det vart utført ei flaumutrekning for dei tre øvste utrekningspunkta i Audna i 2006 (NVE-rapport 2/2006). Kulminasjonsvassføringane ved utrekningspunkta Ytre Øydnavatn, Hellevassbekken og Rendlevatnet har prosentvis skilnad på 500-årsflaumen på +16%, +18% og +21%, respektivt. Verdiane rekna ut i denne rapporten er dermed ein del større enn kva førige flaumutrekning kom fram til. Dette skuldast ei brattare vekstkurve, spesielt ved flaumane med høgare gjentaksintervall. For eksempel er vekstkurva til  $Q_{500}/Q_M$  +11% brattare. Middelflaumen for kulminasjonsflaumane er også større for alle tre utrekningspunkta, på +4%, +5% og +7% respektivt.

I 2010 vart det utført ei flaumutrekning for dei tre utrekningspunkta i nedre Audna (NVE-rapport 11/2010). Skilnaden mellom 500-årsflaumen frå 2010 og 2022 for Gaupefossen, Vigeland og utløpet i Sniksfjorden ligg på respektivt +3%, +5% og +2%. Det er rekna ut relativt like kulminasjonsflaumar i denne rapporten som tidlegare. Denne skilnaden mellom flaumutrekningane er mykje mindre her enn for øvre Audna. Dette kan skuldast noko lågare middelflaum, -2%, -5% og -3%, respektivt, samt ei brattare vekstkurve med +11% auking på  $Q_{500}/Q_M$ . Sjølv om ein ikkje justerte opp middelflaumen eller vekstkurva grunna oppstraums regulering frå Gaupefossen, fekk ein omtrent like storleikar 500-års flaumane som i førige flaumutrekning frå 2010. Forholdstalet mellom kulminasjons- og døgnmiddelflaum,  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ , har blitt justert ned frå 1,23 til 1,2 ved Gaupefossen, og frå 1,2 til 1,18 ved dei to nedste utrekningspunkta.

Tabell 20 viser prosentvis skilnad på flaumestimat (kulminasjon) frå 2006/2010 til 2022 for alle seks utrekningspunkta i Audna. I øvre Audna er verdiane høgare enn tidlegare, med større auke for utrekningspunkta ved Hellevassbekken og elv frå Rendlevatnet, og spesielt for flaumar med gjentaksintervall >10. I nedre del av Audna ligg dei utrekna flaumverdiane også over verdiane rekna ut i 2010, men skilnaden er ikkje like stor som for øvre Audna.

**Tabell 20: Samanlikning av kulminasjonsvassføring frå flaumutrekning i 2006/2010 og 2022.**

| Utrekningspunkt      | A<br>[km <sup>2</sup> ] | Q <sub>M</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>5</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>10</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>20</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>50</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>100</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>200</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>500</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>1000</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] |
|----------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| Ytre Øydnavatn, 2022 | 135                     | 51                                    | 67                                    | 79                                     | 90                                     | 104                                    | 115                                     | 127                                     | 141                                     | 153                                      |
| Ytre Øydnavatn, 2006 | 135                     | 49                                    | 61                                    | 71                                     | 78                                     | 92                                     | 100                                     | 111                                     | 122                                     | -                                        |
| Skilnad 2006/2022    | -                       | +4%                                   | +10%                                  | +10%                                   | +15%                                   | 13%                                    | +15%                                    | +14%                                    | 16%                                     | -                                        |
| Hellevassbekk, 2022  | 176                     | 64                                    | 85                                    | 100                                    | 114                                    | 132                                    | 146                                     | 160                                     | 178                                     | 193                                      |
| Hellevassbekk, 2006  | 167                     | 61                                    | 75                                    | 87                                     | 97                                     | 114                                    | 124                                     | 138                                     | 151                                     | -                                        |
| Skilnad 2006/2022    | -                       | +5%                                   | +13%                                  | +15%                                   | +18%                                   | +16%                                   | +18%                                    | +16%                                    | +18%                                    | -                                        |
| Rendlevatn, 2022     | 193                     | 75                                    | 100                                   | 117                                    | 134                                    | 155                                    | 172                                     | 188                                     | 210                                     | 227                                      |
| Rendlevatn, 2006     | 192                     | 70                                    | 87                                    | 101                                    | 111                                    | 131                                    | 143                                     | 159                                     | 174                                     | -                                        |
| Skilnad 2006/2022    | -                       | +7%                                   | +15%                                  | +16%                                   | +21%                                   | +18%                                   | +20%                                    | +18%                                    | +21%                                    | -                                        |
| Gaupefossen 2022     | 344                     | 137                                   | 182                                   | 213                                    | 244                                    | 282                                    | 312                                     | 342                                     | 382                                     | 413                                      |
| Gaupefossen, 2010    | 344                     | 140                                   | 170                                   | 200                                    | 220                                    | 280                                    | 300                                     | 340                                     | 370                                     | -                                        |
| Skilnad 2010/2022    | -                       | -2%                                   | +7%                                   | +7%                                    | +11%                                   | +1%                                    | +4%                                     | +1%                                     | +3%                                     | -                                        |
| Vigeland, 2022       | 414                     | 162                                   | 215                                   | 252                                    | 284                                    | 333                                    | 369                                     | 404                                     | 451                                     | 488                                      |
| Vigeland, 2010       | 413                     | 170                                   | 210                                   | 240                                    | 260                                    | 320                                    | 360                                     | 390                                     | 430                                     | -                                        |
| Skilnad 2010/2022    | -                       | -5%                                   | +2%                                   | +5%                                    | +10%                                   | +4%                                    | +3%                                     | +4%                                     | +5%                                     | -                                        |
| Sniksfjord, 2022     | 452                     | 175                                   | 234                                   | 274                                    | 313                                    | 362                                    | 401                                     | 440                                     | 491                                     | 531                                      |
| Sniksfjord, 2010     | 455                     | 180                                   | 230                                   | 260                                    | 290                                    | 360                                    | 390                                     | 430                                     | 480                                     | -                                        |
| Skilnad 2010/2022    | -                       | -3%                                   | +2%                                   | +5%                                    | +8%                                    | +1%                                    | +3%                                     | +2%                                     | +2%                                     | -                                        |

### 5.1.1 Samanlikning mot observerte flaumar i området

Flaumen i 2017 kulminerte på 220 m<sup>3</sup>/s, og ifølgje den valte vekstkurva over vil dette svare til ein flaum med gjentaksintervall på 10-20 år. Ifølgje Langsholt og Holmqvist (2017) var denne flaumen vurdert til ein 20-50 års flaum før vassføringskurvene vart endra, så at flaumen ligg kring 20 år stemmer mest sannsynleg ganske godt. Flaumhendinga i 2015 må ha eit noko høgare gjentaksintervall, men sidan ein ikkje har ein nøyaktig kulminasjonsverdi kan ein ikkje sei kvar denne flaumen passar inn.

### 5.1.2 Erfaringstal

NVE-retteleiar (01/2022) peikar på nokre erfaringsverdiar for flaum i ulike delar av Noreg. Døgnmiddelverdiar for 1000-årsflaumar i middels store nedbørfelt i Agder er erfart å ligge mellom 700 til 2500 l/s/km<sup>2</sup>. Døgnmiddelflaumen for Q<sub>1000</sub> ved utløpet i Sniksfjorden vart i denne rapporten sett til 996 l/s/km<sup>2</sup>. Dei endelege flaumverdiane valt i denne oppgåva ligg difor i nedre sjikt av dette estimatet, men ligg godt innanfor erfaringsverdiane.

## 5.2 Usikkerheit

Usikkerheit i flaumverdiane som er utrekna i denne rapporten kjem frå mange hald. Den første er usikkerheit knytt til «observert vassføring». Det er vasstand i elva som blir observert, før denne reknast om til vassføring via ein vassføringskurve. Denne kurva baserer seg på eit visst tal samtidige observasjonar av vasstand og vassføring, og dei største verdiane av vassføring er ofte ekstrapolert til vassføringskurva.

Databasen til hydrologisk avdeling (Hydra II) er basert på kalenderdøgn. Om flaumar kulminerer kring midnatt kan den reelle flaumverdien bli delt mellom to døgn, og difor underestimert i kor stor flaumen eigentleg var. Største 24-timersmiddel vil difor alltid vere meir eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

Dei eldste dataa i databasen er baserte på ein dagleg observasjon av vasstand, som skal representere eit døgnmiddel. Slike målingar vart brukt før registrerande utstyr vart tekne i bruk. Sidan det er ei avlesing av vasstand kan dei sannsynlegvis avvike frå det reelle døgnmiddelet.

Heller ikkje er data med fin tidsoppløysing kontrollert på same måte som døgndata, og er ikkje kompletterte ved observasjonsbrot. Desse dataa vil difor ikkje eigne seg til utrekning av flaumstorleikar. Omrekning frå døgnmiddel til kulminasjonsvassføring vil difor gi usikre verdier.

### **5.3 Klassifisering av datagrunnlaget**

I NVE sin rettleiar 01/2022 er det anbefalt å vurdere det hydrologiske datagrunnlaget som blir brukt i flaumutrekninga på ein skala frå 1 til 5, der 1 er beste klasse og 5 er dårlegast. Det hydrologiske datagrunnlaget vurderast her til klasse 2: «Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjonar i eller nær vassdraget». Grunnen til at datagrunnlaget ikkje blir sett til klasse 1 er at sjølv om vi har målestasjonar i vassdraget har alle usikkerheit knytt til målingane. Ein stasjon målar eit sterkt regulert vassdrag (23.4), to har svært korte og ufullstendige måleseriar (23.10 og 23.11) og ein har eit lang og godt grunnlag, men manglar målingar frå ein del viktige flaumtoppar sidan målestasjonen har drukna ved fleire tilfelle (23.8).

## 6 Klimapåslag

Etter NVE sin klimastrategi (Hamarsland mfl., 2015) må ein ta omsyn til eit klima i endring for tiltak med lang levetid. For eksempel ved å ta omsyn til endringar i flaumstorleikar ved arealplanlegging og bygging/ombygging av viktig infrastruktur.

I NVE-rapport 81-2016 «Klimaendring og fremtidige flommer i Norge» (Lawrence, 2016) er det gitt anbefalingar om korleis ta omsyn til forventa klimautvikling fram til år 2100 ved utrekning av flaumar med ulike gjentaksintervall. I same rapport er det gjort spesifikke anbefalingar for elvestrekningar som er flaumsonekartlagt. For vassdrag nær kysten i Agder er det anbefalt et klimapåslag på 20 %. Tabell 21 viser kulminasjonsvassføringar for utrekningspunkta i Audnavassdraget med anbefalt klimapåslag på 20%.

**Tabell 21: Kulminasjonsvassføringar med anbefalt klimapåslag på 20%.**

| Utrekningspunkt         | Areal<br>[km <sup>2</sup> ] | Q <sub>M</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>5</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>10</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>20</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>50</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>100</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>200</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>500</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] | Q <sub>1000</sub><br>[m <sup>3</sup> /s] |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Ytre Øydnvatn</b>    | 135                         | 61                                    | 81                                    | 95                                     | 108                                    | 125                                    | 138                                     | 152                                     | 169                                     | 183                                      |
| <b>Hellevassbekken</b>  | 167                         | 77                                    | 102                                   | 120                                    | 136                                    | 158                                    | 175                                     | 192                                     | 214                                     | 231                                      |
| <b>Rendlevatnet</b>     | 193                         | 90                                    | 120                                   | 141                                    | 161                                    | 186                                    | 206                                     | 226                                     | 252                                     | 273                                      |
| <b>Gaupefossen</b>      | 344                         | 164                                   | 218                                   | 256                                    | 292                                    | 338                                    | 374                                     | 410                                     | 458                                     | 496                                      |
| <b>Vigeland</b>         | 414                         | 194                                   | 258                                   | 303                                    | 345                                    | 400                                    | 442                                     | 485                                     | 541                                     | 586                                      |
| <b>Utløp Sniksfjord</b> | 452                         | 211                                   | 281                                   | 329                                    | 376                                    | 435                                    | 481                                     | 527                                     | 589                                     | 637                                      |

# Referansar

Engeland, K., Glad, P., Hamududu, B., Li, H., Reitan, T. og Stenius, S. (2020). Lokal og regional flomfrekvensanalyse (NVE Rapport 10/2020). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat.

Glad, P. A., Stenius, S. M., Leine, A-L. Ø., Væringstad, T., Holmqvist, E., Dahl, M-P, J., Trondsen, E. (2022). Veileder for flomberegninger. NVE Veileder nr 1-2022.

Hamarsland, A.T., Grønsten, H.A., Halmrast, K., Hisdal, H., Jensen, T., Melvold, K., Magnussen, I., Midttømme, G. H., Molkersrød, K., Nelson, G. N., Pedersen, T. B., Sommer-Erichson, P., 2015. NVEs Klimatilpasningsstrategi 2015-2019. NVE-Rapport 80- 2015. Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat.

Holmqvist E. 2006: Flomberegning for Audna ved Konsmo. Dokument 2-2006, NVE.

Holmqvist E. 2010: Flomberegning for Audna ved Vigeland. Dokument 11-2010, NVE.

Holmqvist, E. 2016: Flommen i Rogaland og Agder desember 2015. Dokument 5-2016. NVE.

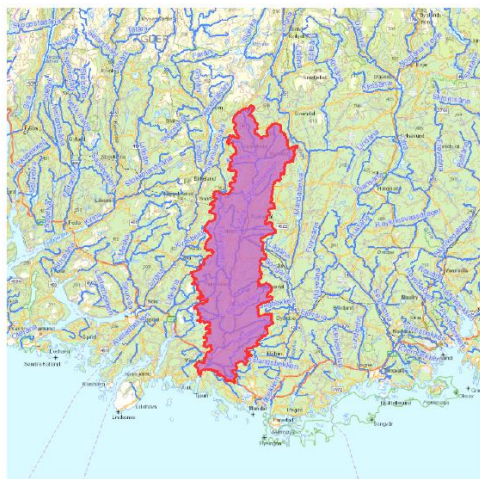
Holmqvist, E. & Engeland, K. (2018). Flomberegning for Mandalselva. Dokument 15-2018. NVE.

Langsholt, E. & Holmqvist, L. 2017: Flommen på Sørlandet 30.9 – 3.10.2017. Dokument 80-2017. NVE.

# Vedlegg

## Vedlegg 1

Rapport frå NEVINA som viser heile Audna sitt nedbørfelt og tilhøyrande feltparameter.



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N  
Beregn.punkt: 44967 E  
6461127 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil.  
Resultatene må kvalitetssikres.

### Feltparametere

|                                               |       |                  |
|-----------------------------------------------|-------|------------------|
| Areal ( $A$ )                                 | 452   | km <sup>2</sup>  |
| Effektiv sjø ( $A_{SE}$ )                     | 0.45  | %                |
| Elveleengde uten sjø ( $E_{TL,net}$ )         | 652.4 | km               |
| Elvegradient ( $E_G$ )                        | 6.1   | m/km             |
| Elvegradient <sub>1085</sub> ( $E_{G,1085}$ ) | 4.3   | m/km             |
| Helning                                       | 11    | °                |
| Dreneringstetthet ( $D_T$ )                   | 1.9   | km <sup>-1</sup> |
| Feltlengde ( $F_L$ )                          | 49.0  | km               |

### Arealklasse

|                                    |      |   |
|------------------------------------|------|---|
| Bre ( $A_{BRE}$ )                  | 0    | % |
| Dyrket mark ( $A_{JORD}$ )         | 4.1  | % |
| Myr ( $A_{MYR}$ )                  | 5.3  | % |
| Leire ( $A_{LEIRE}$ )              | 0    | % |
| Skog ( $A_{SKOG}$ )                | 80.2 | % |
| Sjø ( $A_{SJØ}$ )                  | 6.8  | % |
| Snauffjell ( $A_{SF}$ )            | 1.4  | % |
| Urban ( $A_U$ )                    | 0.2  | % |
| Uklassifisert areal ( $A_{REST}$ ) | 2.0  | % |

### Hypsografisk kurve

|                      |       |   |
|----------------------|-------|---|
| Høyde <sub>MIN</sub> | 1     | m |
| Høyde <sub>10</sub>  | 111   | m |
| Høyde <sub>25</sub>  | 192.5 | m |
| Høyde <sub>50</sub>  | 265   | m |
| Høyde <sub>75</sub>  | 327.5 | m |
| Høyde <sub>MAX</sub> | 563   | m |

### Klima- /hydrologiske parametere

|                              |      |                     |
|------------------------------|------|---------------------|
| Avrenning 1961-90 ( $Q_N$ )  | 44.2 | l/s*km <sup>2</sup> |
| Nedbør juni                  | 95   | mm                  |
| Nedbør juli                  | 105  | mm                  |
| Regn og snøsmelting mai      | 160  | mm                  |
| Regn og snøsmelting juni     | 102  | mm                  |
| Regn og snøsmelting årlig 4d | 125  | mm                  |
| Regn og snøsmelting november | 208  | mm                  |
| Temperatur februar           | -2.9 | °C                  |
| Temperatur mars              | -0.7 | °C                  |

Rapportdato: 6.9.2022

© nevina.nve.no

## Vedlegg 2

Regional flaumutrekning frå formelverket for Gaupefossen med lokale data.

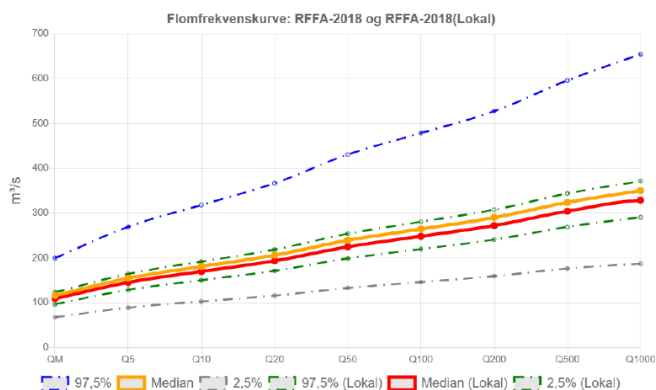
### Regional flomberegning (Lokal)

Vassdragsnr.: 023.A22  
Kommune.: Lindesnes  
Fylke.: Agder  
Vassdrag.: Audna  
Nedbørfeltareal: 344 km<sup>2</sup>

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km<sup>2</sup>, er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefaling om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se [www.klimaservicesenter.no](http://www.klimaservicesenter.no)).

Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



| RFFA-2018 (Lokal)           |             |                     |
|-----------------------------|-------------|---------------------|
| Tidsoppløsning              | Døgn        | -                   |
| Indeksflom (QM): Medianflom | 317         | l/s*km <sup>2</sup> |
| Klimapåslag                 | 20          | %                   |
| Kulminasjonsfaktor          | 1.14        | -                   |
| NIFS-2015 (Lokal)           |             |                     |
| Tidsoppløsning              | Kulminasjon | -                   |
| Indeksflom (QM): Middelflom | -           | l/s*km <sup>2</sup> |
| Klimapåslag                 | -           | %                   |
| Annet                       |             |                     |
| Tilløpsflom                 | Nei         | -                   |

| RFFA-2018 (døgnmiddel) (Lokal)                                                          | Q <sub>M</sub>                                        | Q <sub>5</sub> | Q <sub>10</sub> | Q <sub>20</sub> | Q <sub>50</sub> | Q <sub>100</sub> | Q <sub>200</sub> | Q <sub>500</sub> | Q <sub>1000</sub> | Q <sub>200-klima</sub> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------------|
| Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )                                   | 1                                                     | 1.33           | 1.56            | 1.78            | 2.06            | 2.28             | 2.50             | 2.79             | 3.02              | -                      |
| Flomverdi, m <sup>3</sup> /s                                                            | 109                                                   | 145            | 170             | 193             | 225             | 248              | 272              | 304              | 329               | 326                    |
| Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s                                              | 123                                                   | 164            | 192             | 218             | 254             | 280              | 307              | 344              | 371               | -                      |
| Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s                                               | 96.4                                                  | 128            | 150             | 171             | 199             | 220              | 241              | 269              | 291               | -                      |
| NIFS (kulminasjon) (Lokal)                                                              | Ikke beregnet pga. areal større enn 60km <sup>2</sup> |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                        |
| Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )                                   |                                                       |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                        |
| Flomverdi, m <sup>3</sup> /s                                                            |                                                       |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                        |
| Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s                                              |                                                       |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                        |
| Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s                                               |                                                       |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                        |
| Resultater er basert på lokal informasjon om flommer og koblet med regionalt formelverk |                                                       |                |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                   |                        |

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med

Rapportdato: 10.10.2022

© nevina.nve.no



NVE

## Noregs vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNS GATE 29  
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN  
0301 OSLO  
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

[www.nve.no](http://www.nve.no)