



Temakart Klimapåslag for flomberegninger

Metodebeskrivelse og veiledning

Innhold

Innledning.....	3
Regionalisering av klimapåslag.....	3
Datakilder	3
Statistiske metoder	3
Valg av nedbørfeltegenskaper og klimavariabler.....	3
Klassifiseringsalgoritmer	4
Parametrisering av regionaliserte modeller i GIS.....	6
Nedbørfeltareal	7
Breddegrad/Lengdegrad	7
Elvelengde	7
Helning	7
Medianhøyde	8
Årlig nedbør i dagens klima	8
Endring i vinterdager med $T > 0^{\circ}\text{C}$ i framtiden.....	9
Validering av GIS temakart.....	9
Veiledning for bruk av Temakart Klimapåslag for flomberegninger	9
Om hensikt og bruk i praksis	10
Små nedbørfelt.....	10
Oppdatering av temakart	11
Referanser	11



NVE
Side 2

Innledning

Temakart Klimapåslag gir anbefalinger på klimapåslag (dvs. 0, 20 eller 40 %) for hver elvestrekning i elvenettet for bruk i flomberegninger for, f.eks. flomsonekartlegging og damsikkerhet. Et klimapåslag brukes når man beregner flomestimer for å ta høyde for den forventede økningen i flomvannføring i framtiden som følge av klimaendring. Det anbefalte klimapåslaget som vises i temakartet er beregnet automatisk med utgangspunkt i nedbørfeltgenskaper og klimavariabler i nedbørfeltet oppstrøms elvestrekningen. Avvik fra tidligere anbefalinger kan forekomme.

Regionalisering av klimapåslag

Datakilder

Temakartet Klimapåslag er en regionalisering av anbefalinger på klimapåslag som finnes i NVE Rapport 81/2016 og som også er omtalt i fylkesvise Klimaprofiler (KSS Rapport 2/2021). Regionaliseringen tar dermed utgangspunkt i de beregnede endringene i flomvannføring under et høyt utslippsscenario, RCP 8.5, i samsvar med anbefalinger fra Miljødirektoratet. Tallene på dette er tilgjengelige for 115 nedbørfelt (dvs. Tabell 1 i NVE Rapport 81/2016) og kommer fra hydrologiske simuleringer med inngangsdata fra 10 ulike klimamodeller. I tillegg ble 526 nedbørfelt tildelt et klimapåslag etter anbefalingene i NVE Rapport 81/2016 for å øke datamengde og gi en tilstrekkelig regional dekning for en kvantitativ analyse. Disse to datakildene utgjorde målet for en regionalisering i forhold til nedbørfeltgenskaper og klimavariabler for hver elvestrekning. Et tredje datasett med anbefalinger for klimapåslag for bruk i flomsonekartlegging (dvs. Tabell 2 i NVE Rapport 81/2016) ble brukt for å validere regionaliseringen i forhold til bruk av klimapåslag i praksis.

Statistiske metoder

Regionaliseringen ble utført med to statistiske algoritmer: 1) en Random Forest Boruta algoritme (Kursa og Rudnicki, 2010) for å velge nedbørfeltgenskaper og klimavariabler som muligens kan brukes som forklaringsvariabler for videre regionalisering; og 2) en SVM (Support Vector Machine) algoritme (Wu, m.fl., 2004) for å regionalisere klimapåslaget til hver elvestrekning basert på de utvalgte variablene. Den Boruta algoritmen er et eksempel på en funksjonsutvelgelse algoritme som vurderer den såkalte 'relevans' av en gitt variabel for å forklare en responsvariabel, i dette tilfellet klassen på klimapåslaget (0, 20 eller 40%). Målet er å utvikle en statistisk modell for en automatisk beregning av klimapåslag som bare tar med minst mulige variabler for å gi robuste estimater.

Valg av nedbørfeltgenskaper og klimavariabler

En funksjonsutvelgelse analyse ble utført med en Random Forest Boruta algoritme for å velge nedbørfeltgenskaper og klimavariabler som egner seg for bruk i en klassifiseringsmodell for klimapåslag. Analysen ble utført bare for nedbørfelt med areal > 100 km² på grunn av tidsoppløsning på framskrivninger (24-timer), og en deterministisk løsning ble implementert for mindre nedbørfelt (detaljene nedenfor). De variablene som ble vurdert finnes i listen nedenfor, og de med høyeste verdi som forklarende variabler er vist i fet skrift.

Nedbørfelttegenskaper:

Areal

Breddegrad

Effektiv sjøprosent

Elvelengde

Flomsesong (i dagens klima)

Flomprosess (i dagens klima) – Regn eller snøsmelting eller blandet

Feltlengde

Helning (mellom H10 og H85 på hypsografisk kurv for nedbørfelt)

Hydrologisk region

Lengdegrad

Medianhøyde (H50)

Nedbørregion

Qm/Qd (forholdstall mellom momentan- og døgnmiddelflom)

Årlig avrenning (i dagens klima)

Klimavariabler

Årlig nedbør (i dagens klima)

Årlig temperatur (i dagens klima)

Vintertemperatur (i dagens klima)

Vinternedbør (i dagens klima)

Vinternedbør (i framtidens klima, 2071-2100)

Antall vinterdager med $T > 0^{\circ}\text{C}$ (i dagens klima)

Antall vinterdager med $T > 0^{\circ}\text{C}$ (i framtidens klima, 2071-2100)

Endring i vinteredbør (mellom 1971-2000 og 2071-2100)

Endring i vinterdager med $T > 0^{\circ}\text{C}$ (mellom 1971-2000 og 2071-2100)

Da ble det 7 nedbørfelttegenskaper (areal, breddegrad, elvelengde, flomprosess, helning, lengdegrad, og medianhøyde) og to klimavariabler (årlig nedbør og endring i vinterdager med $T > 0^{\circ}\text{C}$) valgt for videre bruk i en klassifiseringsanalyse. Disse variablene, med unntak av flomprosessen (FGP) ble brukt til å regionalisere klimapåslaget til alle elvestrekninger i landet. Grunnen for at FGP ikke er tatt med videre er fordi variabelen ikke kan fastsettes direkte fra etablerte databaser (dvs. fra GIS data, seNorge data eller fra klimaframskrivninger), og det kan de andre variablene.

Klassifiseringsalgoritmer

En «Support Vector Machine (SVM)» klassifikasjonsalgoritme (Wu, m.fl., 2004) ble iverksatt for å bygge en modell som regionaliserer klassen på klimapåslag (0, 20 og 40 %) med utgangspunkt i de valgte nedbørfelttegenskapene og klimavariablene. «Stratified 10-fold» kryssvalidering (se Allgaier og Pryss, 2024 for detaljer) ble brukt for å finne modellparametere som gir den beste tilpasningen i forhold til uavhengige data. Ulike kombinasjoner av variabler og landsdeler ble testet for å finne den mest robuste løsningen, og to modeller ble valgt til slutt: 1) en 'Østlandet/Sørlandet og Troms/Finnmark' modell for vassdragsnummer < 30 eller ≥ 195 ; og 2) en 'Vest' modeller for vassdragsnummer ≤ 30 og < 195 . De to SVM modellene gjelder for nedbørfelt med areal $> 100 \text{ km}^2$.

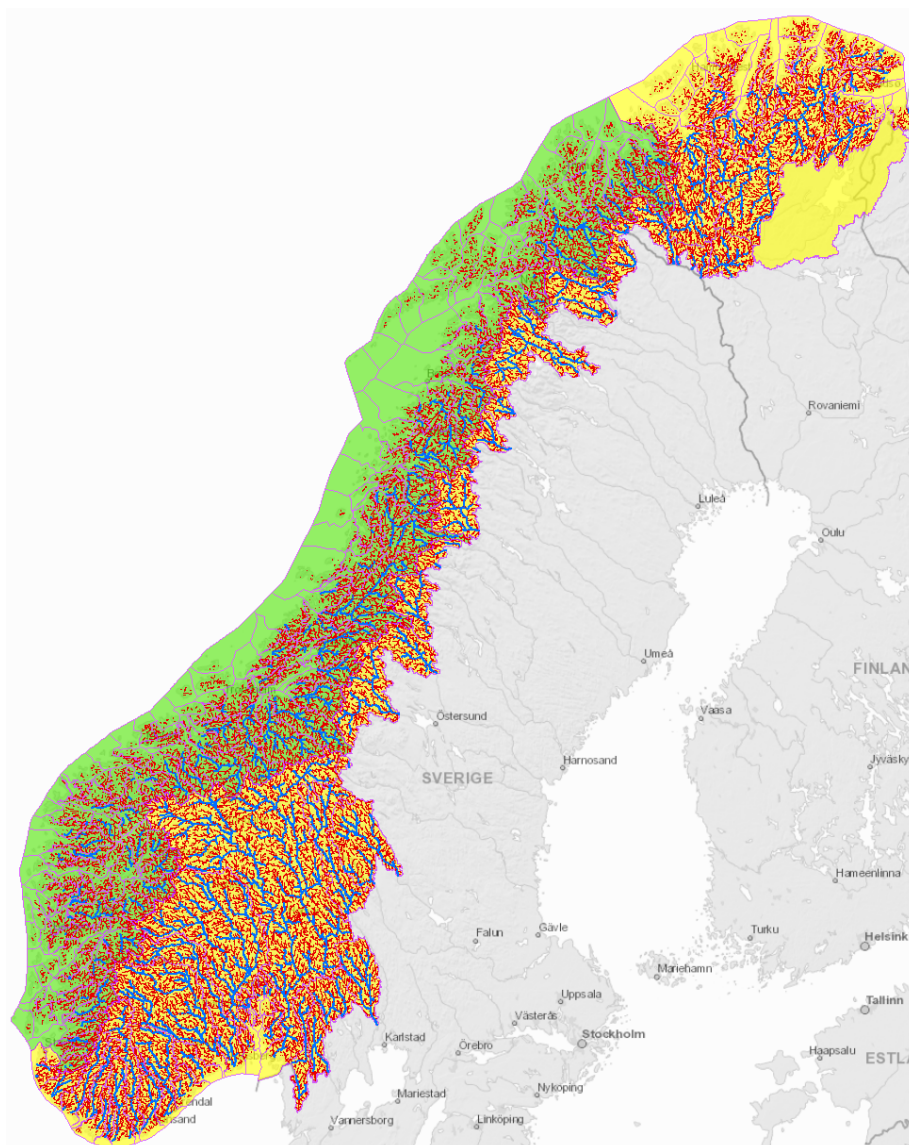
For nedbørfelt med areal $\leq 100 \text{ km}^2$ ble en deterministisk løsning tatt i bruk. Løsningen tar utgangspunkt i forholdstall mellom momentanflom (Qm) og døgnmiddelflom (Qd). Dette er fordi de hydrologiske framskrivningene er kjørt med tidskritt på 24-timer (på grunn av tidsoppløsning og

romlig oppløsning på klimaframskrivninger), og dette kan føre til at endringer i flomtopper kan bli underestimert i nedbørfelt som reagerer raskt på korttidsnedbør. For å beregne forholdstallet Q_m/Q_d har vi brukt en enkel ligning som bygger på variablene som kan beregnes direkte fra NVE sine GIS-databaser uten behov for videre utvikling, dvs.

$$\frac{Q_m}{Q_d} = 2.29 - 0.29(\log_{10}(\text{areal})) - 0.27(\text{Effektiv sjøprosent})^{0.5}$$

For å bestemme om et nedbørfelt får 20 eller 40% klimapåslag er en terskel for Q_m/Q_d satt på 1.25 for å skille mellom nedbørfelt som reagerer raskt på nedbør (dvs. 40% klimapåslag) og de som har en tregere respons (20% klimapåslag). Tallet på 1.25 ble brukt som terskelverdi fordi det gjenspeiler det som ofte brukes i praksis. Likevel må man være oppmerksom på at dette bare er en midlertidig løsning for små nedbørfelt i påvente av nyere klimaframskrivninger med finere tidsoppløsning som kan beskrive endringen i momentanflom i små nedbørfelt på en mer presis måte.

Den romlige fordelingen av de 3 modellene er vist i figur 1.



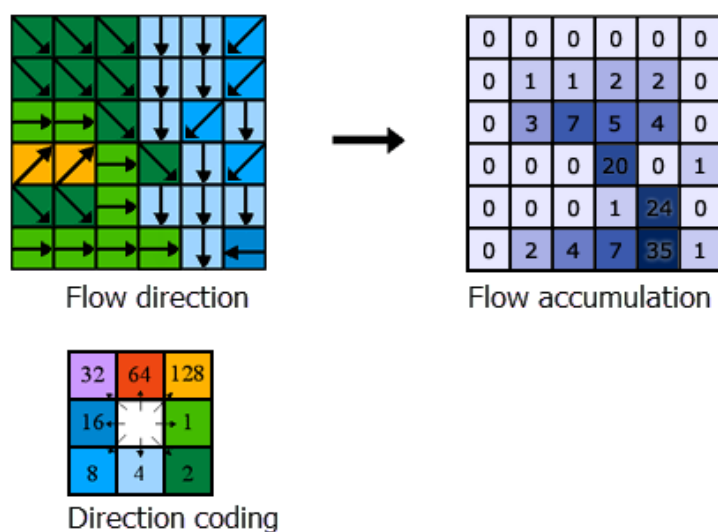
Figur 1 Romlig fordeling av 3 modeller for regionalisering av klimapåslag:
 Gull bakgrunn: Vassdragsnummer < 30 eller ≥ 195 og areal > 100 km²,
 Grønn bakgrunn: Vassdragsnummer ≥ 30 og < 195 og areal > 100 km²,
 Røde elvestrekninger: Nedbørfelt med areal ≤ 100 km² i alle vassdrag

Parametrisering av regionaliserte modeller i GIS

For å kunne beregne klimapåslag for hele landet trenger vi parametere som beskriver nedbørfeltetegenskaper og klimavariabler for alle elvestrekninger. Det finnes ulike verktøy per i dag (for eksempel, NEVINA) for å beregne noen nedbørfeltetegenskaper, men en del av dem basert på beregninger i oppstrøms arealet for et gitt punkt. Å kjøre NEVINA-baserte eller lignende beregninger for tusenvis av punkter er per nå ikke mulig på grunn av beregningstid. Derfor har vi tatt i bruk og, i noen tilfeller, utviklet alternative metoder som beregner de ønskede parametere for hver celle i et 20*20 m raster som representerer elvenettet. Metodene som ble brukt beskrives kort i de neste avsnittene.

Nedbørfeltareal

En landsdekkende digital terrengmodell (dtm 20 * 20m) er benyttet og modifisert ved å senke cellene som er sammenfallende med dagens elvenett og innsjøer. Dette sikrer at de benyttede standard GIS verktøy for å beregne både såkalte «flowdirection» og «flowaccumulation» (Figur 2) følger elvene. Celleverdier i et «flowaccumulation» raster er antallet celler som ligger oppstrøms. Ved å gange «flow accumulation» verdiene med cellstørrelsen (0,0004 km²) får vi nedbørfeltarealet for summen av alle celler som leverer vann til en gitt celle i elvenettet. Nedbørfelt med areal < 5 km² er ikke tatt med i temakartet.



Figur 2 Skisse over sammenheng mellom raster-basert «flow direction» og «flow accumulation». Se teksten for videre detaljer.

Breddegrad/Lengdegrad

Breddegrad og lengdegrad i desimalgrader for utløpspunkt, som er punktet lengst nedstrøms i en elvestrekning, er brukt i klassifiseringsalgoritmene.

Elvelengde

Elvelengde brukt i klassifiseringsalgoritmene er total oppstrøms elvelengde i km, beregnet i «flowaccumulation» der toppen av elven er satt der hvor oppstrøms arealet er 0,5 km².

Helning

I NVE's verktøy for å parameterisere nedbørfeltet (NEVINA) brukes det en såkalt 10-85 helning. Den er ikke basert på helningen i hele nedbørfeltet, men er snitt helningen i hovedelva der man har korrigert for de flateste og bratteste deler, ved å fjerne verdier for de 10 % nærmeste deler og de 15 % som er lengst borte. Helningen er en viktig parameter siden den er avgjørende for hvor fort vannet renner ned i et nedbørfelt og dermed hvor fort nedbørfelt reagerer på ekstremnedbør. Vi har dessverre ikke funnet en metode for å forhånds beregne 10-85 helning for alle rasterceller. Metoden som brukes i NEVINA er ikke aktuell på grunn av beregningstid om dette skal gjøres for alle rastercellene. Vi har derfor valgt å bruke snitt helning for hele nedbørfeltet. Helningen kan beregnes basert på dtm, med standard GIS verktøy «Slope» og «weighted flowaccumulation» for å summere verdier nedstrøms. «Weighted flowaccumulation» bruker samme algoritmen som

«flowaccumulation» for å summere verdier nedstrøms, men istedenfor at det summeres antallet celler, så summeres det cellenes verdier.

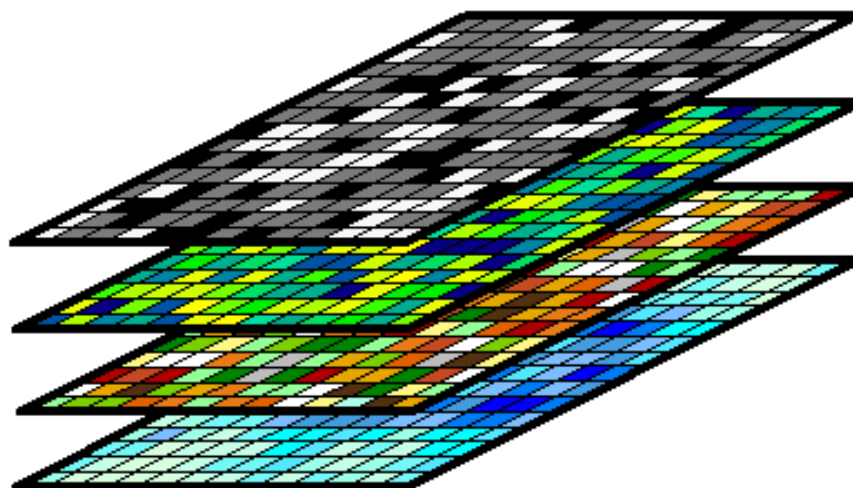
Helningen for nedbørfeltet oppstrøms en elvestrekning er da beregnet:

$$\text{Snitt Helning} = \text{Sum Helning} / \text{«weighted flowaccumulation»}$$

SVM modellene for klassifisering av klimapåslag ble oppdatert for å ta med den nye variabelen for helning.

Medianhøyde

For å kunne beregne medianhøyde i oppstrøms nedbørfelt for alle celler i elvenett, må man vite høydefordelingen i oppstrøms areal. Vi har derfor delt opp terrengmodellen i høydesoner med 25m intervall, og da brukte «flowaccumulation» for hver høydesone til å summere opp hvor mange celler i et gitt høydeintervall ligger oppstrøms. Dette gir et raster per høydesone som vi kan legge opp på hverandre (med bruk av Python numpy dstack) for å lage en slags tredimensjonal matrise av oppstrøms celler i hvert høydeintervall (Figur 3).



Figur 3

Da kan vi, for hver celle, summere opp antallet celler i høydesoner til summen er likt antallet celler som er halvparten av antall oppstrøms celler. Dette gir høydesonen som tilsvare medianhøyden. Den middelveiden i høydesonen er brukt. For eksempel, hvis medianhøyden ligger i sonen fra 100 til 125 m er medianhøyden 112,5 m. Siden vi har satt en begrensning på nedbørfeltstørrelsen på minst 5 km², er medianhøyden beregnet på denne måten en passende tilnærming.

Årlig nedbør i dagens klima

For å beregne gjennomsnittlig årlig nedbør for hvert nedbørfelt bruker vi nedbørdata fra seNorge grid v. 2018 (Lussana, m.fl., 2019) for perioden 1985-2015 med varighet på ett døgn. Gjennomsnittlig årlig nedbør ble beregnet for hver seNorge gridcelle for perioden, og for implementering i GIS brukte vi en gjennomsnittsverdi beregnet fra raster cellene som ligger oppstrøms utløpet til elvestrekningen.

Endring i vinterdager med $T > 0^{\circ}\text{C}$ i framtiden

For å beregne endringer i vinterdager for et punkt i elvenettverket har vi sett på snittet av endringer i nedbørfeltet. Som input har vi brukt et 1×1 km raster som viser endring i antall vinterdager med døgntemperatur $> 0^{\circ}\text{C}$ mellom referanseperioden 1971-2000 og slutten av århundret 2071-2100. Dette er beregnet fra 10 nedskalerte klimaframskrivninger for temperatur (Wong, m.fl. 2016) for hver 1×1 raster gridcelle. Den er nedskalert til å være likt med «flowdirection», og «weighted flowaccumulation» er så brukt for å summere alle verdier i nedstrøms retning. Snittet er beregnet med å dele med antallet oppstrøms liggende celler (dvs. «flowaccumulation») som

$$\text{Snitt dAntallVinterDagerT0} = \text{Sum dAntallVinterDagerT0} / \text{«flowaccumulation»}$$

Validering av GIS temakart

For å vurdere hvor godt temakartet treffer klimapåslag i forhold til det som anvendes i praksis har vi sammenlignet anbefalinger på klimapåslag fra temakartet med klimapåslaget som tidligere ble anbefalt for 154 elvestrekninger med flomsonekart. Dette er en sammenligning som tester kartet mot såkalte «uavhengige data», dvs. dette datasettet ikke ble brukt i utvikling av temakartet og derfor er velegnet som valideringsdata.

Av 154 elvestrekninger er det 137 der anbefalingen som vises i temakartet stemmer med det som tidligere er blitt anbefalt i praksis, dvs. en ca. 89 % treff. Likevel er det 3 tilfeller der klimapåslag som ble brukt var høyere enn den daværende anbefalingen fordi andre faktorer ble tatt hensyn til i tillegg til den hydrologiske vurderingen. Det er også 9 nedbørfelt som er mindre enn 100 km^2 der 20 % ble brukt og temakartet anbefaler 40 %. Dette skjer av 2 grunner: 1) anbefalinger for små nedbørfelt har endret seg over tid, dvs. mellom 2011 rapport, 2015 rapport og per i dag og er blitt høyere i gjennomsnitt over tid etter at forutsatt økning i ekstremnedbør ble høyere, og 2) den automatiske beregningen av klimapåslag for nedbørfelt $< 100 \text{ km}^2$ tar utgangspunkt i en ligning for forholdstall mellom momentan- og døgnmiddelflom, $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$, som gir et litt høyere tall enn det som ofte er observert i praksis.

Om vi ser bort fra de 12 tilfellene der det forventes at tallene på temakart ikke stemmer med tidligere anbefalinger, er det en 97 % treff mellom anbefalinger fra temakartet og tidligere anbefalinger. Det er særlig den SVM-baserte beregningen for nedbørfelt $> 100 \text{ km}^2$ som fungerer som det skal, men den likevel gir ikke 100 % nøyaktighet i forhold til tidligere ekspertvurderinger. Det er mulig å tvinge den SVM algoritmen til å treffe alle datapunktene, dvs. også de fra valideringsdata, men vi har valgt å ikke gjøre dette. Om man tar med datapunkt som avviker vil det også påvirke anbefalinger andre steder. Man må også bli oppmerksom på at tidligere vurderinger er delvis subjektive, så det kan hende at noen ikke er konsekvent med anbefalinger andre steder.

Veiledning for bruk av Temakart Klimapåslag for flomberegninger

Temakartet finnes på lenken:

<https://temakart.nve.no/tema/klimapaslag>

Om hensikt og bruk i praksis

Temakartet gir anbefalinger på 0, 20 eller 40 % klimapåslag for hver elvestrekning i elvenettet med oppstrøms areal $\geq 5 \text{ km}^2$. Elvestrekningene på kartet har fargekode grønt, blått eller rødt som henholdsvis tilsvarer 0, 20 og 40 % klimapåslag. Anbefalingene gjelder forventede endringer i flomvannføring, og de egner seg for bruk i flomberegninger for flomsonekartlegging, damsikkerhet og lignende formål. På grunn av den store usikkerheten i klimaframskrivninger for flom (Lawrence, 2016; 2020) er 3 inndelinger brukt istedenfor presise tall. Den faktiske endringen i flomvannføring i framtiden kan bli en del høyere eller lavere enn det anbefalte klimapåslaget. Klimapåslaget vil derfor ta høyde for forventede framtidige endringer i flomvannføring i flomberegninger som er beregnet fra observerte data i dagens klima. Det vil si at man kan tolke et anbefalt klimapåslag som et estimat på endringer i flomstørrelse (m^3/s). Videre analyser med bruk av for eksempel, hydrauliske modeller og andre beregninger må utføres for å si noe om framtidige endringer i flomrisiko.

Klimapåslaget som vises i temakartet, bør tas som anbefaling og veies opp mot andre vurderinger. For elvestrekninger med oppstrøms areal $> 100 \text{ km}^2$ er usikkerhet i klassifiseringen også vist sammen med nedbørfeltegenskaper og klimavariabler for det oppstrøms nedbørfeltet. Usikkerheten er gitt som en sannsynlighet for at elvestrekningen faller i 0 % eller 20 % eller 40 % klassen. Dermed kan man også ta hensyn til hvor sikkert det anbefalte klimapåslaget er i forhold til alternativer. For eksempel, om en elvestrekning viser 2 %, 71 % og 27 % sannsynlighet for forholdsvis 0, 20 eller 40 % klimapåslag er anbefalingen på et 20 % klimapåslag (istedenfor 0 eller 40 %) ganske sikker. I motsetning om elvestrekningen viser 0 %, 52 % og 48 % sannsynlighet for henholdsvis 0, 20 og 40% klimapåslag er sannsynligheten for et 20 % og et 40 % klimapåslag ganske lik, selv om temakartet da vil anbefale et 20 % klimapåslag som den mest sannsynlig. Det er ikke mulig å estimere denne sannsynligheten for elvestrekninger med oppstrøm areal $< 100 \text{ km}^2$, fordi klimapåslaget for disse elvestrekningene er beregnet med en deterministisk ligning istedenfor en statistisk modell.

Små nedbørfelt

Anbefalinger for klimapåslag for elvestrekninger med oppstrøms areal $\leq 100 \text{ km}^2$ bør kontrolleres i forhold til andre datakilder og anbefalinger. Ligningen som ligger bak beregningen i temakart har en tendens til å gi litt høyere tall for $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ enn det som ofte er beregnet fra observerte data. Dette fører videre til et anbefalt klimapåslag på 40 % for de fleste elvestrekningene med oppstrøms areal $\leq 100 \text{ km}^2$ i temakartet. Samtidig finnes det anbefalinger på 40 % klimapåslag for alle nedbørfelt med areal mindre enn 10 km^2 (NVE, 2022), fordi det forventes at ekstrem korttidsnedbør kommer til å øke med 40-50 % (Dyrrdal og Førland, 2019). Temakartet gir anbefalinger på klimapåslag for vannføring i elvestrekninger, dvs. det ikke gjelder for overflater utenom vassdrag. For overvannsberegninger, for eksempel i urbane strøk, bør klimapåslag for nedbør brukes

I forbindelse med flomberegninger er forholdstallet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ vanligvis estimert for oppstrøms nedbørfelt, og dette kan sammenlignes med tallet på $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ som vises i kartet for en gitt elvestrekning. I praksis er en terskelverdi for forholdstallet på 1.25 ofte brukt for å skille mellom nedbørfelt som reagerer raskt på korttidsnedbør og nedbørfelt som har en tregere respons. Denne terskelen er tatt med i beregninger som ligger bak temakartet. Likevel bør det legges mer vekt på en lokal beregning på $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ fra observerte data enn det som vises i kartet for å skille mellom 20 og 40% klimapåslag. Dette gjelder særlig for nedbørfelt mellom $10 - 100 \text{ km}^2$, fordi anbefalinger for nedbørfelt $\leq 10 \text{ km}^2$ er 40% uansett (NVE, 2022).

Oppdatering av temakart

Temakartet er utviklet med grunnlag i framskrivninger for framtidige flomforhold som ble publisert i 2016 og som er blitt tatt med videre i, bl.a. fylkesvises klimaprofiler (KSS, 2021). Etter hvert vil det komme en oppdatering av klimaframskrivninger som tar utgangspunkt i en ny generasjon av klimamodeller. Når de foreligger vil anbefalingene som vises på kartet oppdateres med det nye datagrunnlaget. Det kommer også klimaframskrivninger med høyere tidsoppløsning som egner seg for beregning av endringer av flommer i små nedbørfelt (Lawrence, 2018; Carr, m.fl., 2023). Når framskrivninger som egner seg for små nedbørfelt er tilgjengelige kan den SVM-basert regionaliseringen kjøres også for elvestrekninger med oppstrøms areal $\leq 100 \text{ km}^2$. Dette vil forhåpentligvis skje før slutten av 2026.

Referanser

- Allgaier, J. og Pryss, R. 2024. Cross-validation visualised: A narrative guide to advanced methods. *Machine Learning and Knowledge Extraction* 6, 1387-1388. <https://doi.org/10.3390/make6020065>
- Carr, S., Lawrence, D., Skaugen, T., Wong, W.K. 2023. Projected future changes in peak flows and implications for climate change allowances. NVE Rapport nr. 26/2023.
- Dyrddal, A.V. og Førland, E. 2019. Klimapåslag for korttidsnedbør. NCCS Report 5/2019.
- KSS (Norsk klimaservicesenter), 2021. Klimaprofiler for fylke: Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning. (Red: Hisdal, H., Vikhamar-Schuler, D., Førland, E.J., Brox Nilsen, I.). NCCS Report 2/21.
- Kursa, M. og Rudnicki, W.R. 2010. Feature selection with the Boruta Package. *Journal of Statistical Software* 36, 1-13. Lawrence, D. og Hisdal, H. 2011. Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. NVE Report 5/2011.
- Lawrence, D. 2016. Klimaendring og framtidige flommer I Norge. NVE Rapport 81/2016.
- Lawrence, D. 2018. Modelling the effects of projected changes in sub-daily precipitation intensities on flooding in small catchments. I *Climatic changes in short duration extreme precipitation and rapid flooding – implications for design values*. NCCS Report no. 1/2018, s. 109-120.
- Lawrence, D. 2020. Uncertainty introduced by flood frequency analysis in projections for changes in flood magnitudes under a future climate in Norway. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 28, 100675. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100675>.
- Lussana, C., Tveito, O.E., Dobler, A., Tunheim, K. 2019. seNorge_2018, daily precipitation and temperature datasets over Norway. *Earth System Science Data* 11, 1531-1551.
- NVE, 2022. Veileder for flomberegninger. NVE veileder 2022/1.
- Wong, W.K., Haddeland, I., Lawrence, D., Beldring, S. 2016. Gridded 1 x 1 km climate and hydrological projections for Norway. NVE Rapport 59/2016.
- Wu, T.F., Lin, C.J., Weng, R.C., 2004. Probability estimates for multi-class classification by pairwise coupling. *Journal of Machine Learning Research* 5:975-1005.

