



**KLIMA
2050**

RAPPORT

Nr. 36 – 2022

SNØLASTER I NORGE 1961–2020

Helga Therese Tilley Tajet og
Lars Grinde





KLIMA 2050

Klima 2050 Report No 36

Helga Therese Tilley Tajet (Klimatjenesteavdelingen Meteorologisk institutt) og Lars Grinde (Klimatjenesteavdelingen Meteorologisk institutt)

Snølast i Norge 1961–2020

Keywords: Klimatilpasning, klimaendring, snølast, bygninger, dimensjonering

ISBN: 978-82-536-1762-6 (pdf)

Illustration front cover and page 3: Foto: Tore Meek / NTB

Publisher: SINTEF Community, Høgskoleringen 7 b, PO Box 4760 Sluppen, N-7465 Trondheim

www.klima2050.no



Forord

Denne rapporten gir verdien for maksimal snølast med 50 års gjentaksintervall for norske kommunesentre basert på dagens normalperiode 1991-2020. Rapporten er utarbeidet som underlag for revisjon av nasjonalt tillegg til NS-EN 1991-1-3 *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-3: Allmenne laster - Snølaster*.

Klima 2050 – Reduksjon av samfunnsrisiko knyttet til klimaendringer på det bygde miljø er et senter for forskningsbasert innovasjon (SFI) finansiert av Norges forskningsråd og partnerne i konsortiet. SFI-statusen muliggjør langsiktig forskning i nært samarbeid med privat og offentlig sektor, samt med andre forskningspartnere som har som mål å styrke Norges innovasjons- og konkurransevne innen klimatilpasning. Sammensetningen av konsortiet er viktig for å kunne redusere samfunnsrisikoen forbundet med klimaendringer.

Senteret vil styrke bedriftenes innovasjonskapasitet gjennom fokus på langsiktig forskning. Det er også et klart mål å legge til rette for tett samarbeid mellom FoU-aktive bedrifter og fremtredende forskningsgrupper. Det blir lagt vekt på utvikling av fuktbestandige bygninger, overvannshåndtering, blågrønne løsninger, tiltak for forebygging av vannutløste skred, sosioøkonomiske insentiver og beslutningsprosesser. Både ekstremvær og gradvise endringer i klimaet blir omhandlet.

Vertsinstitusjonen for SFI Klima 2050 er SINTEF Community, og senteret ledes i samarbeid med NTNU. De andre forskningspartnere er Handelshøyskolen BI, Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Meteorologisk institutt (MET).

Industripartnerne representerer viktige deler av norsk byggenæring; rådgivere, entreprenører og produsenter av byggevarer og teknologi: Skanska Norge, Multiconsult AS, Mesterhus, Norgeshus AS, Leca Norge AS, Isola AS og Skjæveland Gruppen AS. Senteret inkluderer også viktige offentlige byggherrer og eiendomsutviklere: Statsbygg, Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet og Avinor AS. Sentrale aktører er også Trondheim kommune, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Finans Norge.

Trondheim, juni 2022

Berit Time
Senterleder
SINTEF Community

Sammendrag

Vinteren i Norge kan by på mye snø. For bygninger og hus som er utsatt for snø er det viktig å vite tyngden til snøen, for dimensjonering av bygningene. I denne rapporten er det studert snølaster i Norge historisk for perioden 1961-2020. Tre forskjellige metoder for beregning av 50 års returperiode av snølaster er sammenliknet. Gammel normalperiode, 1961-1990, er sammenliknet med dagens normalperiode 1991-2020.

Klimanormalene viser et endret klima med generelt høyere temperaturer i perioden 1991-2020 enn i perioden 1961-1990. Et varmere klima korter ned vinteren mange steder, med en sannsynlig reduksjon i maksimal snølast. Samtidig gjør høyere temperatur at atmosfæren kan holde på mer fuktighet og at nedbøren kan øke. Der det fortsatt er kaldt nok vil den økte nedbøren kunne komme som snø, og dermed øke snølasten.

Det vises typisk at verdien for maksimale snølaster minker i lavlandet og langs kysten.

I de høyereliggende områder, der det fortsatt er kalde vintre, har de maksimale snølastene økt. Det er også en økning i deler av Nord-Norge. Tre metoder, en diskret Gumbel, en numerisk Gumbel og en GEV Type II-metode, anvendes for å beregne verdien for maksimal snølast med 50 års gjentakintervall. Alle viser den samme tendensen.

I tillegg er maksimale snølaster hentet ut for kommunesentrene, der det typisk er mest bebyggelse. En tabell med snølaster for kommunesentrene for perioden 1991-2020 ligger i appendix

Innhold

FORORD	5
SAMMENDRAG	6
1 INTRODUKSJON	8
2 DATA OG METODE	9
2.1 DATA.....	9
2.1.1 Omgjøring fra mm til kN/m ²	9
2.1.2 Referanseperioder.....	9
2.1.3 Uthenting av årlig maksimal snølast.....	9
2.2 METODE.....	9
2.2.1 Ekstremverdianalyse.....	9
2.2.2 Gumbel med met_stat.R (Gumbel) (Alfnes, 2005).....	10
2.2.3 GEV med gevXgpd.R (fitGEV) (Frei, 2013).....	11
2.2.4 Gumbel med extRemes.R (fevd) (Gilleland, 2021).....	11
3 SNØLASTER I NORGE 1961-2022	13
3.1 SNØLASTER FOR 1961-1990 OG 1991-2020, NORGE.....	13
3.1.1 Gumbel, Snølaster for 1991-2020 og 1961-1990.....	13
3.1.2 GEV, snølaster for 1991-2020 og 1961-1990.....	16
3.2 SNØLASTER FOR 1961-1990 OG 1991-2020, KOMMUNER	18
3.2.1 Snølast for perioden 1961-1990.....	18
3.2.2 Snølast for perioden 1991-2020.....	20
3.2.3 Sammenlikning av snølaster mellom gammel og ny periode.....	22
3.3 SAMMENLIGNING AV FORSKJELLIGE METODER FOR EKSTREMVERDIBEREGNINGER	27
4 OPPSUMMERING	30
REFERANSER	31
APPENDIX A – FORSKJELLIGE METODER	33
A.1 SNØLAST MED FEVD, KART	33
A.2 SAMMENLIGNING MELLOM METODENE, KART	34
A.3 SNØLASTER FRA KOMMUNESENTER, FEVD.....	36
A.4 SAMMENLIGNING AV METODENE, KOMMUNER	36
APPENDIX B – ENHET FRA MM TIL KN/M² UTREGNING	38
APPENDIX C – SNØLAST TABELL	39

1 Introduksjon

Vinteren i Norge kan by på mye snø. For bygninger og hus som er utsatt for snø er det viktig å vite tyngden til snøen, for dimensjonering av bygningene. Snølaster har vært i fokus for dimensjonering av bygninger og Standard Norge siden 1949, og de har blitt revidert flere ganger. Fra januar 2021 brukes en ny standard normal periode (WMO, 2020), årene 1991-2020, og det er anbefalt å oppdatere snølaster til denne perioden.

I denne rapporten er det studert snølaster i Norge historisk for perioden 1961-2020. Forskjellige metoder for beregning av 50 års returperiode av snølaster er sammenliknet. Gammel normalperiode, 1961-1990, er sammenliknet med dagens normalperiode 1991-2020.

I årene som kommer forventes nedbøren i Norge å øke med økende temperatur. Dette gjelder også vinterstid. Selv om den økte nedbøren flere steder langs kysten kommer som regn, selv på vinteren, må man ta hensyn til en økning av snølast i indre og høyereliggende deler av landet. Meteorologisk institutt kjenner til at den metoden som hittil er brukt for å beregne snølast, ekstremverdianalyse med Gumbelfordeling, underestimerer spesielt de lange gjentaksintervallene. I denne rapporten ser vi også på ekstremverdianalyse med en Generalized Extreme Value-fordeling, GEV fordeling, som ikke underestimerer på samme måte.

2 Data og metode

2.1 Data

Meteorologisk institutt produserer daglig et interpolert datasett med 1*1 km oppløsning for nedbør og temperatur (Lussana m.fl., 2018). Basert på disse datasettene produserer Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) gridda kart for snøens vanninnhold, (SWE, snow water equivalent) ved å bruke en hydrologisk modell (Saloranta, 2016). SWE er oppgitt i mm og er mengden vann i snøen, og gir dermed et uttrykk for tyngden til snøen.

2.1.1 Omgjøring fra mm til kN/m²

Snølast angis her i kN/m², det vil si kraft per arealenhet. 1 mm vann som dekker et areal på 1 m² vil utgjøre et volum på 0.001 m³ eller en liter. Dette tilsvarer 1 kg vann dersom det antas at vannets tetthet er 1 kg/m³. Med andre ord vil et vanninnhold på 1 mm tilsvarer en last på 1 kg/m². For å regne om til kraft med Newton som enhet ganges denne lasten med tyngdens akselerasjon, som her er avrundet 10 m/s². Dermed vil 1 mm vannekvivalent utgjøre en last på 10 N/m² eller 0.01 kN/m².

Derfor er: $X \text{ mm} = \frac{X}{100} \text{ kN/m}^2$

dvs. 200 mm snøens vanninnhold (SWE) er det samme som 2 kN/m² snølast.

Hele utregningen fra mm til kN/m² ligger i appendix B.

2.1.2 Referanseperioder

I denne studien er det brukt to referanseperioder for å sammenligne snølaster med 50 års returperiode. Den tidligere referanseperioden 1961-1990, og den nyeste referanseperioden, 1991-2020.

2.1.3 Uthenting av årlig maksimal snølast

Snølast for alle dager i året er lagt inn i en stor matrise. Fra denne matrisen hentes årlig maks snølast for hvert gridpunkt, som legges i to nye matriser, en for hver referanseperiodene 1961-1990 og 1991-2020. De nye matrisene består til slutt av 30 lag, ett lag for hvert år, med årlig maksimal snølast. Det er matrisen, med 30 lag, som er grunnlaget for ekstremverdi-beregningene som blant annet gir oss verdiene for 50 års returperioder.

For å sikre at hele vintersesongen er med, starter året i august og går til juli året etter. Derfor er f.eks. maks snømengde for vinteren 1991 å finne i tidsrommet 01.08.1990-31.07.1991.

Vi har sammenliknet ekstremverdier beregnet med tre forskjellige metoder for for å se hvilket utslag det gir for snølaster i Norge. R (R project, 2020) er benyttet til alle beregninger.

2.2 Metode

2.2.1 Ekstremverdianalyse

Vi utfører ekstremverdianalysen i to trinn. Først anvendes samme metode som er benyttet ved tidligere utførte analyser, en diskret Gumbel-metode, eller GEV Type I, på begge referanseperiodene (kap. 2.2.2). Dette gir et godt grunnlag for å sammenligne de to referanseperiodene klimatologisk og kvantifisere eventuelle endringer i tid.

Gjennom Meteorologisk institutts (MET) arbeid med Intensitet-Varighet-Frekvens-kurver, IVF-kurver, for nedbør, (Lutz. J et al, 2020) vet vi nå at Gumbelfordelingen er kjent for å underestimere de lengre varighetene og gjentakintervallene (e.g. Papalexiou & Koutsoyiannis, 2013 og Koutsoyiannis, 2004).

MET gjennomfører derfor snølast-beregninger også med treparameter GEV-estimering, en GEV Type II estimering, for å sikre at vi ikke underestimerer de største snølastene (kap.2.2.3).

MET anbefaler at brukere legger resultatene fra beregninger med GEV Type II til grunn ved dimensjonering.

Vi utfører også snølast-beregninger med en moderne numerisk Gumbel-estimering, GEV Type I, for sammenligning mot den diskrete metoden (kap. 2.2.4). Resultater fra disse beregningene finnes i Appendix. Metodene som benyttes for å beregne maksimal snølast for 50 års gjentakintervall her, tilpasser alle en Generalized Extreme Value, GEV, fordeling, Type I eller Type II (e.g. Coles, 2001).

Teorien bak GEV fordelingen beskriver hvordan fordelingen av maksimumsverdier per tidsenhet, i dette tilfellet maksimal årlig døgnverdi av snølast, konvergerer mot en GEV fordeling $G(x)$ når lengden på tidsserien blir svært lang. Tre parametre bestemmer GEV Type II fordelingen, og disse må estimeres. GEV Type II fordelingen beskrives matematisk slik:

$$G(x) = \exp \left\{ - \left(1 + \xi \frac{x-\mu}{\sigma} \right)^{\frac{-1}{\xi}} \right\} \text{ for } 1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) > 0 \quad (1)$$

der μ er lokasjonsparameteren (location), σ er skalaparameteren (scale) og ξ er formparameteren (shape).

Vi vurderer først en GEV-fordeling der formparameteren ξ er satt lik null (e.g. Coles, 2001). Metoden er diskret (Alfnes 2005) og er den samme metoden som er benyttet ved tidligere beregning av snølast, se kapittel 2.2.2. Denne fordelingen kalles en Type I-fordeling eller en Gumbel-fordeling og fordelingen reduseres matematisk til:

$$G(x) = \exp \left\{ - \exp \left(- \frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right\} \text{ for } -\infty < x < \infty \quad (2)$$

R-pakkene `met_stat.R` (Alfnes, 2005) og `extRemes.R` (Gilleland, E., (2021), Gilleland, E. & Katz, R.W. (2016)) er benyttet til Gumbel-beregninger og R-pakken `gevXgpd.R` (Frei, 2013), er benyttet til GEV-beregning.

2.2.2 Gumbel med `met_stat.R` (Gumbel) (Alfnes, 2005)

Denne metoden blir kalt "Gumbel" i kapitler videre i rapporten.

Meteorologisk institutt har tidligere beregnet snølast med skriptet `met_stat.R` utviklet av Eli Alfnes internt på MET i 2005. Alfnes bruker en diskret versjon av Gumbel-likningen for å beregne ekstremverdier for gitte gjentakintervaller.

$$X(T) = X_{mean} - \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \right) \times \left\{ 0,577 + \ln \left(- \ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right) \right\} \times X_{stdev} \quad (3)$$

der X_{mean} og X_{stdev} er gjennomsnitt og standardavvik for de årlige maksimalverdiene og T er gjentakintervallet. 50 års gjentakintervall beregnes ved å sette inn $T = 50$ i $X(T)$.

Beregningen foretas i hvert gridpunkt og hvert gridpunkt tildeles en ekstremverdi for 50 års gjentakintervall.

Teorien ble utviklet av Emil Julius Gumbel og metoden ble presentert i en serie forelesninger ved National Bureau of Standards (USA) i 1954. (Gumbel, 1954). Det er en eldre metode og MET ønsker å oppdatere denne med nyere, mer moderne metoder.

2.2.3 GEV med `gevXgpd.R` (`fitGEV`) (Frei, 2013)

Denne metoden blir kalt “GEV” i kapitler videre i rapporten.

GEV Type II benytter tre-parameterestimering i tilpasningen til fordelingen. R-pakken `gevXgpd.R` (Frei, 2013) estimerer initielt lokasjonsparameteren μ (location), skalaparameteren σ (scale) og formparameteren ξ (shape) matematisk til hver av seriene av årlige maks-verdier med metoden Maximum Likelihood Estimation, MLE.

Likelihood-funksjonen for GEV Type II defineres som:

$$L(x|\mu, \sigma, \xi) = \prod_{i=1}^n f(x_i|\mu, \sigma, \xi) \quad (4)$$

der x_i er observasjonene som skal tilpasses og $f(x_i|\mu, \sigma, \xi)$ er GEV-funksjonen for sannsynlighetstetthet (probability density function). L er således sannsynligheten for at alle observasjoner x_i opptrer samtidig gitt parametrene (μ, σ, ξ) .

For å sikre konvergens innførte MET en beta prior som begrenser formparameteren ξ til intervallet $[-0.5, 0.5]$. Dette er nødvendig for å estimere realistiske ξ verdier fordi korte tidsserier gjør usikkerheten stor og snølastverdiene kan bli urealistisk høye. Prior som er brukt her er $B(p = 6, q = 9)$ definert på intervallet $[-0.5, 0.5]$. (Martins og Stedinger, 2000)

Når (μ, σ, ξ) er estimert for hver av observasjonsseriene, beregnes verdiene for gjentakintervallene med:

$$x_T = \mu - \frac{\sigma}{\xi} \left[1 - \{-\log(1 - 1/T)\}^{-\xi} \right] \quad \text{for } \xi \neq 0 \quad (5)$$

I kjøringen brukte vi funksjonen `fitGEV`, *Fit a GEV Distribution* fra `gevXgpd.R`

```
fit <- try(fitGEV(as.data.frame(data),ret=50,estim = "pmlk",dist = "GEV"), return(NA))
```

 Parameteret `estim = "pmlk"` viser at det her brukes en “penalized maximum likelihood estimation” som innebærer at beta prioren er aktiv i estimeringene.

Beregning av snølast med GEV Type II gir som forventet noe høyere resultater enn beregning av snølast med Gumbel, for enkelte deler av landet. Se kapittel 3.2 Sammenlikne forskjellige metoder for ekstremverdieregning lenger ned i rapporten.

2.2.4 Gumbel med `extRemes.R` (`fevd`) (Gilleland, 2021)

Denne metoden blir kalt “fevd” i kapitler videre i rapporten.

Gumbel-fordeling er en GEV Type I fordeling der formparameteren ξ er satt lik null (e.g. Coles, 2001). Gumbel-fordelingen uttrykkes matematisk som i ligning (2).

R-pakken `extRemes.R` (Gilleland, 2021) estimerer initielt lokasjonsparameteren μ (location) og skalaparameteren σ (scale) matematisk til hver av seriene av årlige maks-verdier med metoden Maximum Likelihood Estimation, MLE. Likelihood-funksjonen defineres som:

$$L(x|\mu, \sigma) = \prod_{i=1}^n f(x_i|\mu, \sigma) \quad (6)$$

der x_i er observasjonene som skal tilpasses og $f(x_i|\mu, \sigma)$ er GEV-funksjonen for sannsynlighetstetthet (probability density function). L er således sannsynligheten for at alle observasjoner x_i opptrer samtidig gitt parametrene (μ, σ) .

Når (μ, σ) er estimert for hver av observasjonsseriene, beregnes verdiene for gjentakintervallene med:

$$x_T = \mu - \sigma \log\{-\log(1 - 1/T)\} \quad \text{for } \xi = 0 \quad (7)$$

der x_T er beregnet snølast i hvert gridpunkt for gjentakintervallet T .

I kjøringen brukte vi funksjonen *fevd*, *Fit an Extreme Value Distribution* fra `extRemes.R`, `gumbel <- fevd(data,type="Gumbel")`. Når ingen metode er oppgitt bruker funksjonen MLE.

3 Snølaster i Norge 1961-2022

Snølaster med 50 års returperiode er beregnet for hele Norge ved å bruke et grid med 1*1 km oppløsning. I kapittel 3.1 viser snølast kartene store variasjoner i landet. Det er lavest laster langs kysten og i lavlandet, hvor lastene ligger på rundt 0-5 kN/m². Det er høyere snølaster i fjellområder og i Nordland. Høyest snølaster er i fjellområdene på Vestlandet. I kapittelet er det også sett på forskjell på snølaster i perioden 1961-1990 og 1991-2020 for å se på endringen fra forrige normalperiode til den som er standard nå.

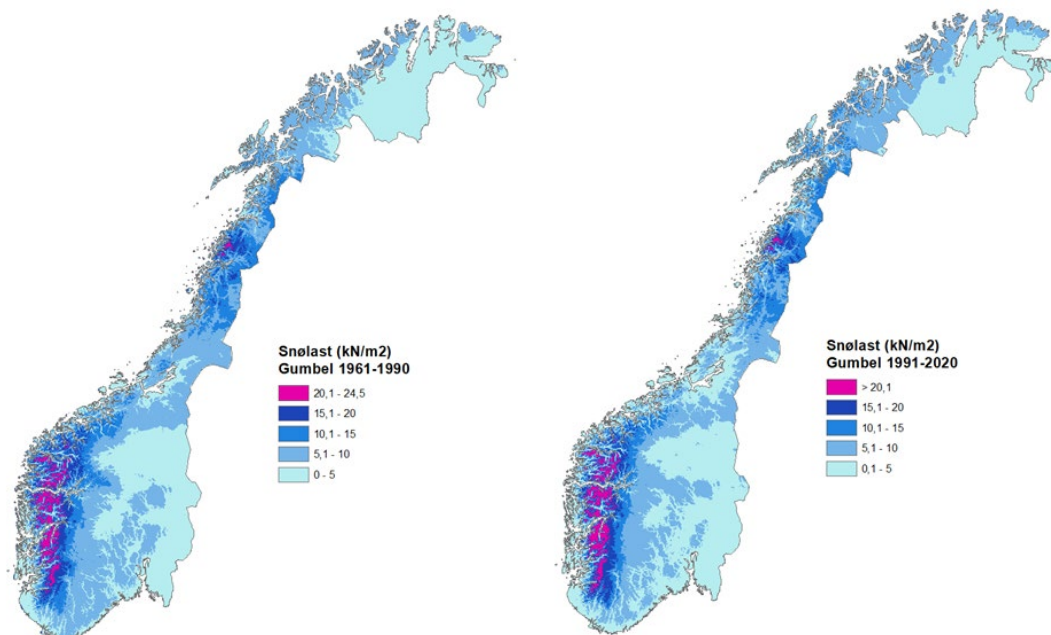
Videre er snølaster for kommunesentrene ekstrahert fra de gridda kartene. Dette for å ha snølaster for alle kommuner i Norge. For kommunesenterene er det sammenliknet med Standard Norge (Norsk Standard, 2018) sine laster og de forskjellige metodene. Resultater er i kapittel 3.2. Kapittel 3.3 viser sammenligning mellom metodene for ekstremverdiberegning.

3.1 Snølaster for 1961-1990 og 1991-2020, Norge

Her er snølaster for de to forskjellige normalperiodene 1961-1990 og 1991-2020 sammenliknet. Snølaster med 50 års returperiode er beregnet med de 3 forskjellige metodene forklart i 2.2 Metode. I dette kapitlet er metodene Gumbel og GEV vist. Den siste metoden, fevd, ligger i appendix A. Gumbel er valgt fordi det er den metoden som er brukt for snølast tidligere. GEV er valgt fordi metoden reduserer faren for at snølasten blir underestimert (kapittel 2.2.1).

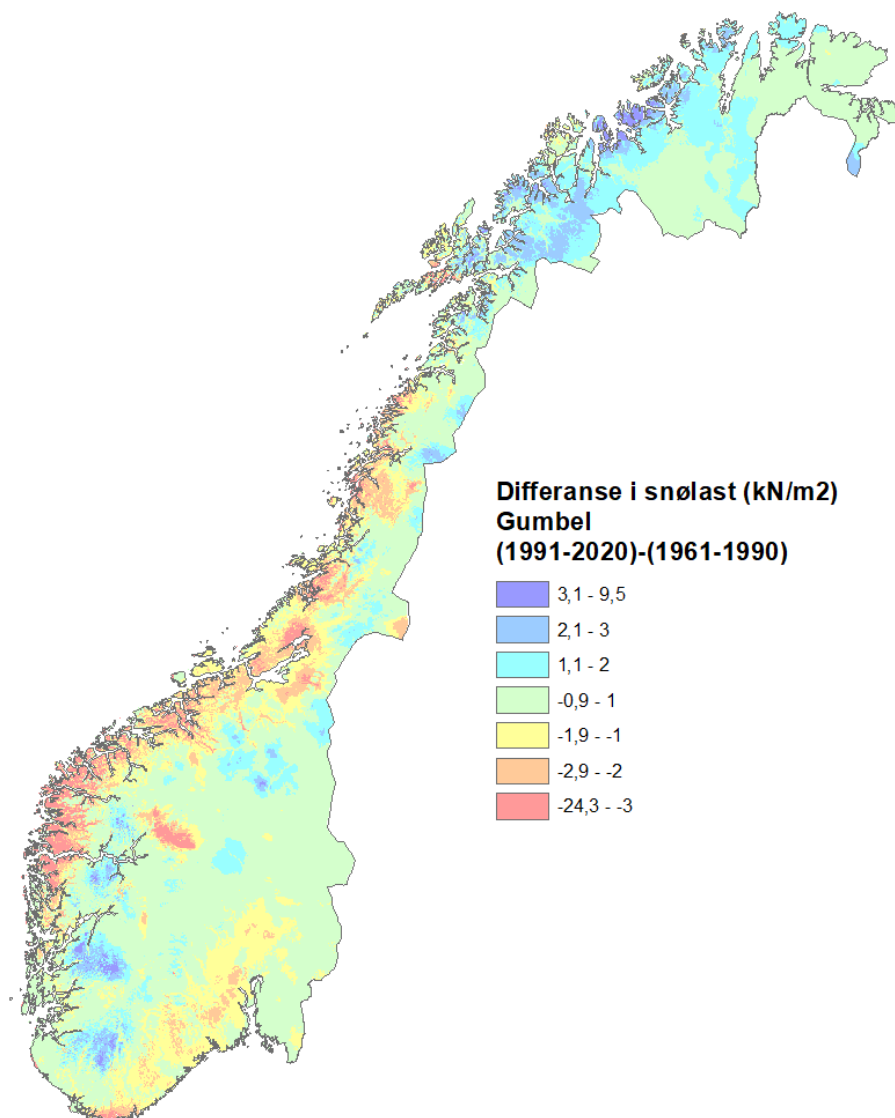
3.1.1 Gumbel, Snølaster for 1991-2020 og 1961-1990

Kartene under (figur 3.1.1) viser snølast i kN/m² med 50 års returperiode for Norge beregnet med Gumbel. Kartet til venstre er for normalperioden 1961-1990 og kartet til høyre er for den nye normalperioden 1991-2020. Områdene med aller høyest snølaster er i fjellområdene på Vestlandet. Det er også høye snølaster i Nordland. Lavest snølast er det i lavlandet i Sør-Norge og på Finnmarksvidda.



Figur 3.1.1: Snølaster (kN/m²) beregnet med Gumbel med 50 års returperiode for perioden 1961-1990 (venstre) og for 1991-2020 (høyre). Snølastene går fra 0-5 kN/m² i lavlandet, deler av Finnmark og langs kysten. De høyeste snølastene er i fjellområdene på Vestlandet med over 15 kN/m².

Endring i snølast mellom de to normalperiodene, beregnet med Gumbel, er vist i figur 3.1.2. Differansen vist i kN/m^2 . Store deler av Norge har $\pm 1 \text{ kN/m}^2$ endring i snølast, de grønne områdene i kartet. Mange områder langs kysten og i lavlandet viser reduksjon i snølasten med mer enn 1 kN/m^2 , det er de gule, oransje og røde områdene i kartet. Noen områder, spesielt høyereliggende områder i Sør-Norge, har fått høyere snølast enn tidligere, de turkise og blå områdene i kartet. Også mange steder i Troms og Finnmark har økning i snølasten.

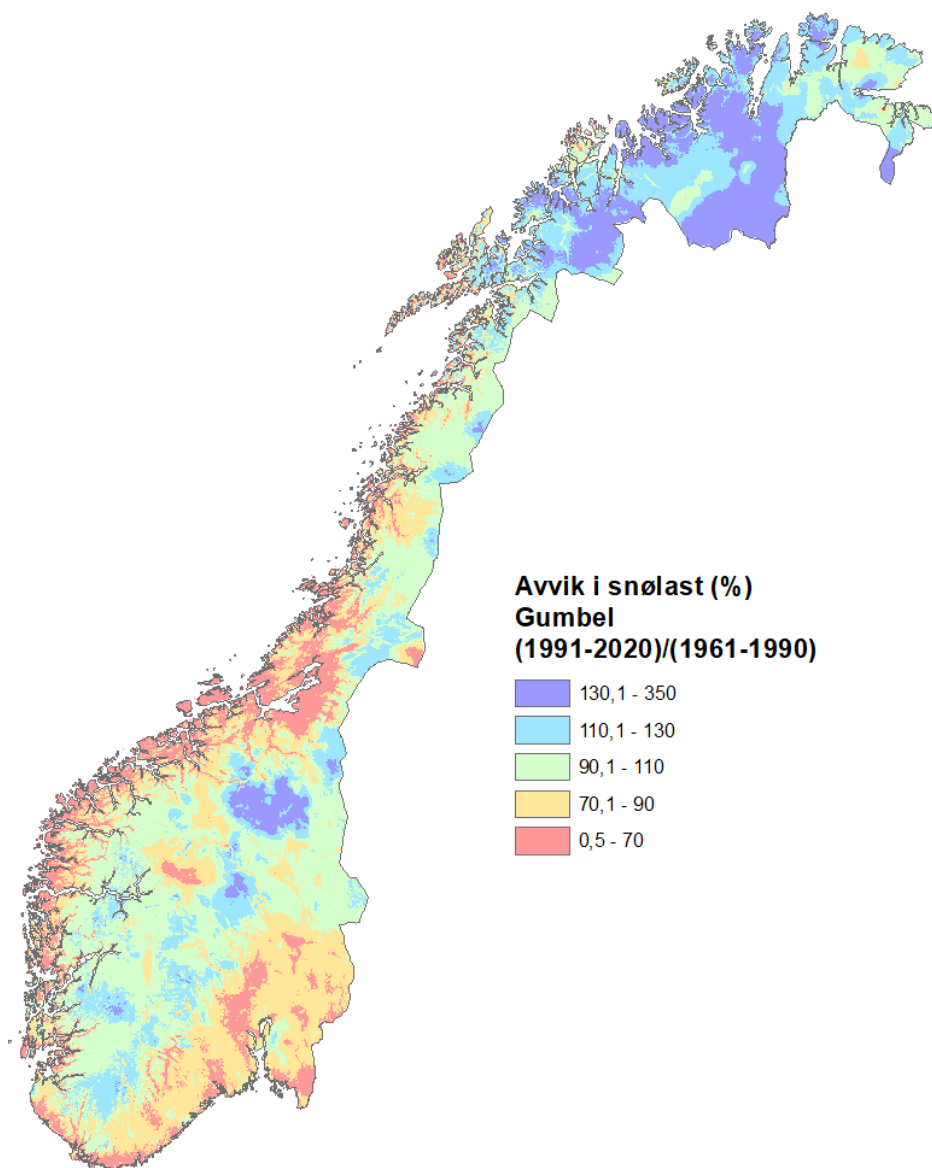


Figur 3.1.2: Differanse i snølast (kN/m^2) med 50 års returperiode mellom periodene (1991-2020)-(1961-1990) for Gumbel. Grønn, gul, oransje og rød viser områder med minking i snølasten. Turkise og blå farger viser økning i snølasten mellom periodene.

Figur 3.1.3 viser prosentvis avvik i snølast mellom den nye normalen (1991-2020) og den perioden (1961-1990) beregnet med Gumbel. I de grønne områdene i kartet er endringen i snølasten $\pm 10\%$. Oransje områder har 10-30 % reduksjon og i de røde områdene er snølasten redusert med 30 % eller mer. Størst prosentvis reduksjon er det i lavlandet på Østlandet, langs hele kysten av Sør-Norge opp til Lofoten og store deler av Trøndelag. Deler av Jotunheimen har også stor prosentvis reduksjon i snølast.

Lyseblå områder viser økning i snølast med 10-30 % og mørkeblå viser 30 % eller mer økning. Store deler av Troms og Finnmark har en økning i snølast. Det er også økning noen steder mot grensen til Sverige i Nordland, Trøndelag, nord i Innlandet fylke og sør i Trøndelag. En del

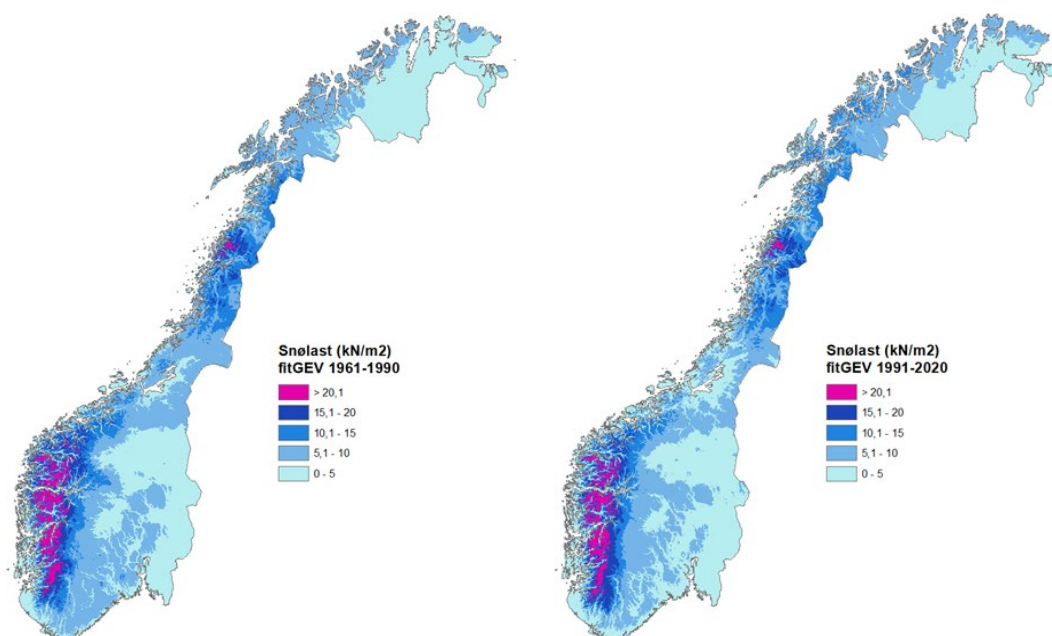
høyfjellsområder i Sør-Norge har også økning i snølast. Dette gjelder ved Jostedalbreen, områder mellom Voss og Flåm, ved Folgefonna og sør i Ullensvang kommune, vest i Vinje kommune, nord i Sauda kommune og områder nord i Agder.



Figur 3.1.3: Prosentvis avvik for snølaster med 50 års returperiode mellom perioden 1991-2020 og 1961-1990 med Gumbel. Grønn viser $\pm 10\%$ endring i snølast, oransje og rød reduksjon, blåfargene viser økning i snølast mellom periodene.

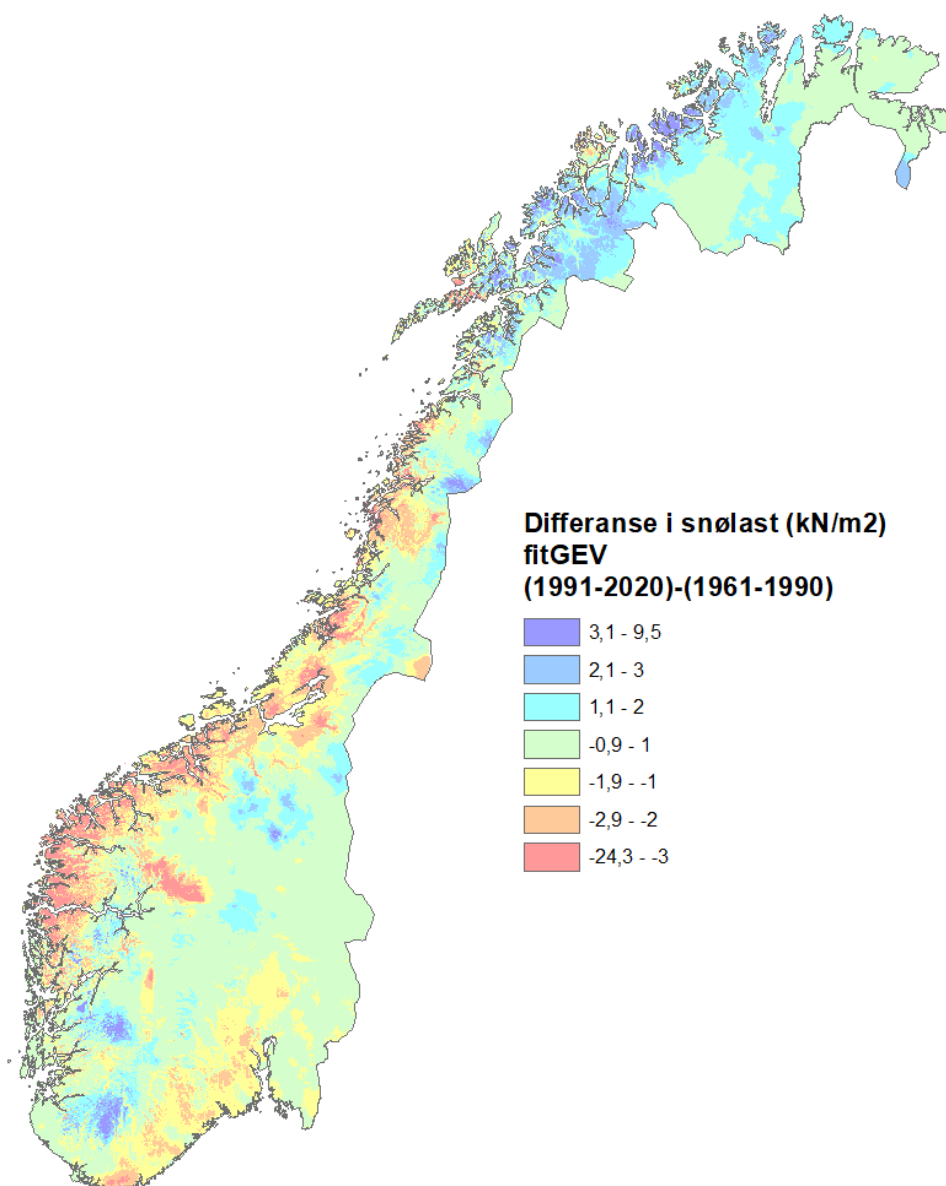
3.1.2 GEV, snølaster for 1991-2020 og 1961-1990

Her vises resultater for hele Norge ved bruk av GEV. Figur 3.1.4 viser snølaster med 50 års returperiode for perioden 1961-1990 til venstre og for 1991-2020 til høyre. Hovedtrekkene for GEV viser det samme som for Gumbel. Høyest snølaster i fjellområdene på Vestlandet og områder i Nordland. Lavest snølaster er det i lavlandet i Sør-Norge og på Finnmarksvidda.



Figur 3.1.4: Snølaster (kN/m²) med 50 års returperiode for perioden 1961-1990 (venstre) og for 1991-2020 (høyre) med GEV. Snølastene går fra 0-5 kN/m² i lavlandet og deler av Finnmark og langs kysten, De høyeste snølastene er i fjellområdene på Vestlandet med over 15 kN/m².

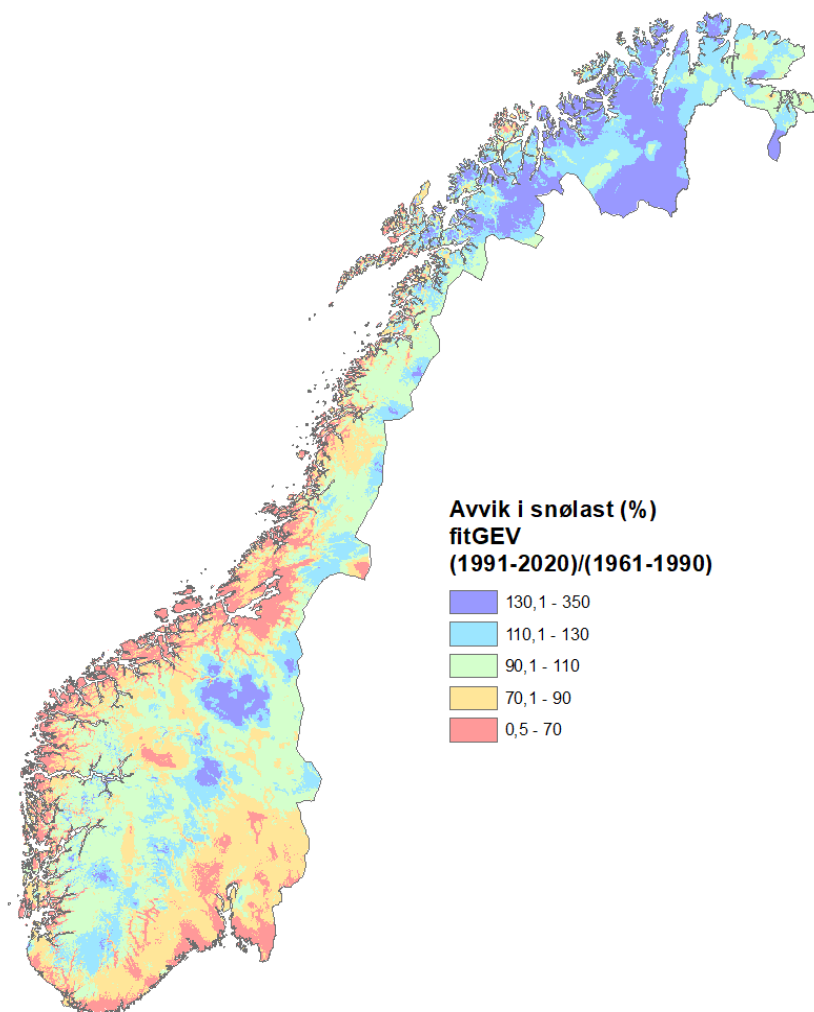
Differansen mellom de to periodene med GEV er vist i figur 3.1.5. Store deler av Norge har endring i snølasten på ± 1 kN/m², de grønne områdene i kartet. Gult, oransje og rødt viser områder med reduksjon. Det gjelder hovedsakelig langs kysten av Sør-Norge og Nordland, og i lavlandet. Noen områder har fått høyere snølaster (turkise og blå områder i kartet), det gjelder områder i Troms og Finnmark, og noen spredte områder i Sør-Norge og øst i Nordland.



Figur 3.1.5: Differanse i snølaster (kN/m²) med 50 års returperiode mellom periodene (1991-2020) og (1961-1990) for GEV. Grønn viser ±1 kN/m² endring i snølast. Gul, oransje og rød viser områder med reduksjon. Turkise og blå farger viser økning i snølast.

Prosentvis avvik for GEV mellom den nye normalen (1991-2020) og den gamle normalen (1961-1990) er vist i figur 3.1.6. Store deler av landet har ±10 % endring i snølasten, de grønne områdene i kartet. Oransje områder viser 10-30 % reduksjon i snølast og røde områder viser mer enn 30 % reduksjon. Reduksjon i snølast gjelder i hovedsak langs kysten i Sør-Norge og i lavlandet.

Størst prosentvis økning i snølasten for GEV er det nord i Innlandet på grensen mellom Innlandet og Trøndelag. Oppdal, Folldal, Tynset, Tolga og Alvdal kommune, hvor kartene i figur 3.1.4 viser at det er ganske lave snølaster, mellom 0-5 kN/m². Også i Gausdal og Sør-Fron kommune i Innlandet har mer enn 30 % økning i snølast, en økning på 1-2 kN/m² vises i differanse kartet (figur 3.1.5). Store deler av Troms og Finnmark har økning i snølasten for GEV mellom periodene. Finnmarksvidda har ganske lave laster og ligger på rundt 1 kN/m² økning mange steder. Mens ytre deler av Troms og Finnmark har litt større økning i lastene.



Figur 3.1.6: Prosentvis avvik for snølaster med 50 års returperiode mellom perioden 1991-2020 og 1961-1990 med GEV. Grønn viser $\pm 10\%$ endring i snølast, oransje og rød reduksjon, blåfargene viser økning i snølast mellom periodene.

Snølaster i kart med metoden fevd for perioden 1991-2020 er vist i appendix A.

3.2 Snølaster for 1961-1990 og 1991-2020, kommuner

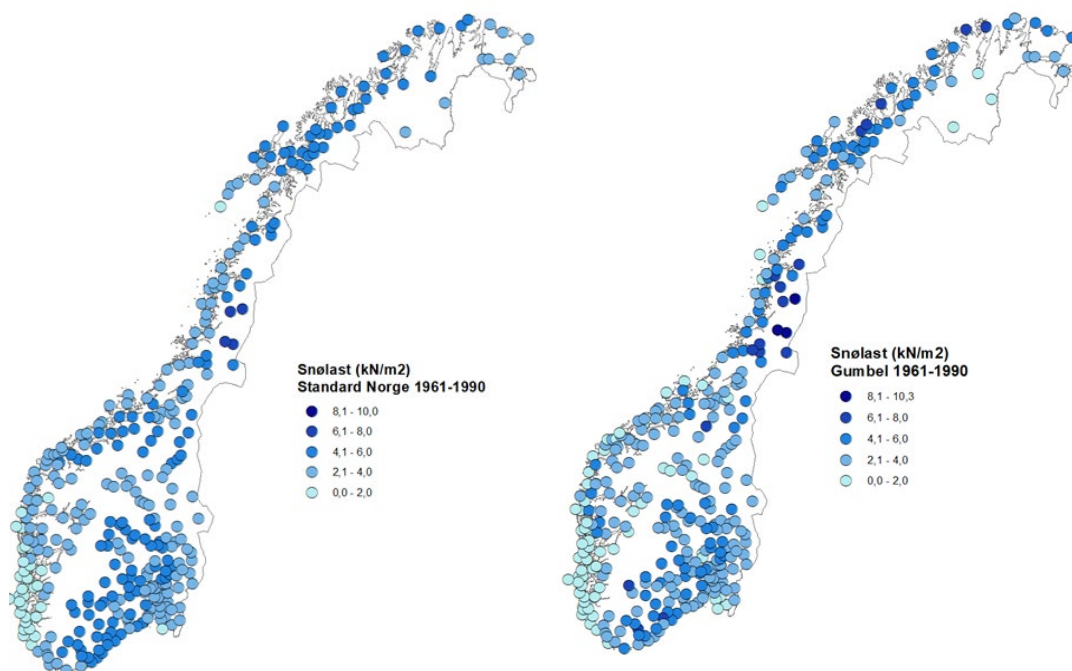
Norge har nå, pr. 2020, 356 kommuner. Her er det hentet ut snølaster for alle kommunene i Norge. For å få snølast verdier for kommunesenter er ArcMap (ESRI, 2020) benyttet med funksjonen *extract values to point*. Dette gjøres ved å ha kommunesenter fil og kartfil sammen, så trekker funksjonen ut snølastverdiene for alle kommunesentrene.

Her er det hentet ut snølaster for kommunesentrene for hver kommune. Flest bygninger er gjerne sentralisert rundt kommunesenteret. Likevel består flere kommuner av fjell og daler og kan trenge differensierte snølaster i kommunen, for lavereliggende områder og høyereliggende områder. Det er ikke gjort i denne rapporten.

3.2.1 Snølast for perioden 1961-1990

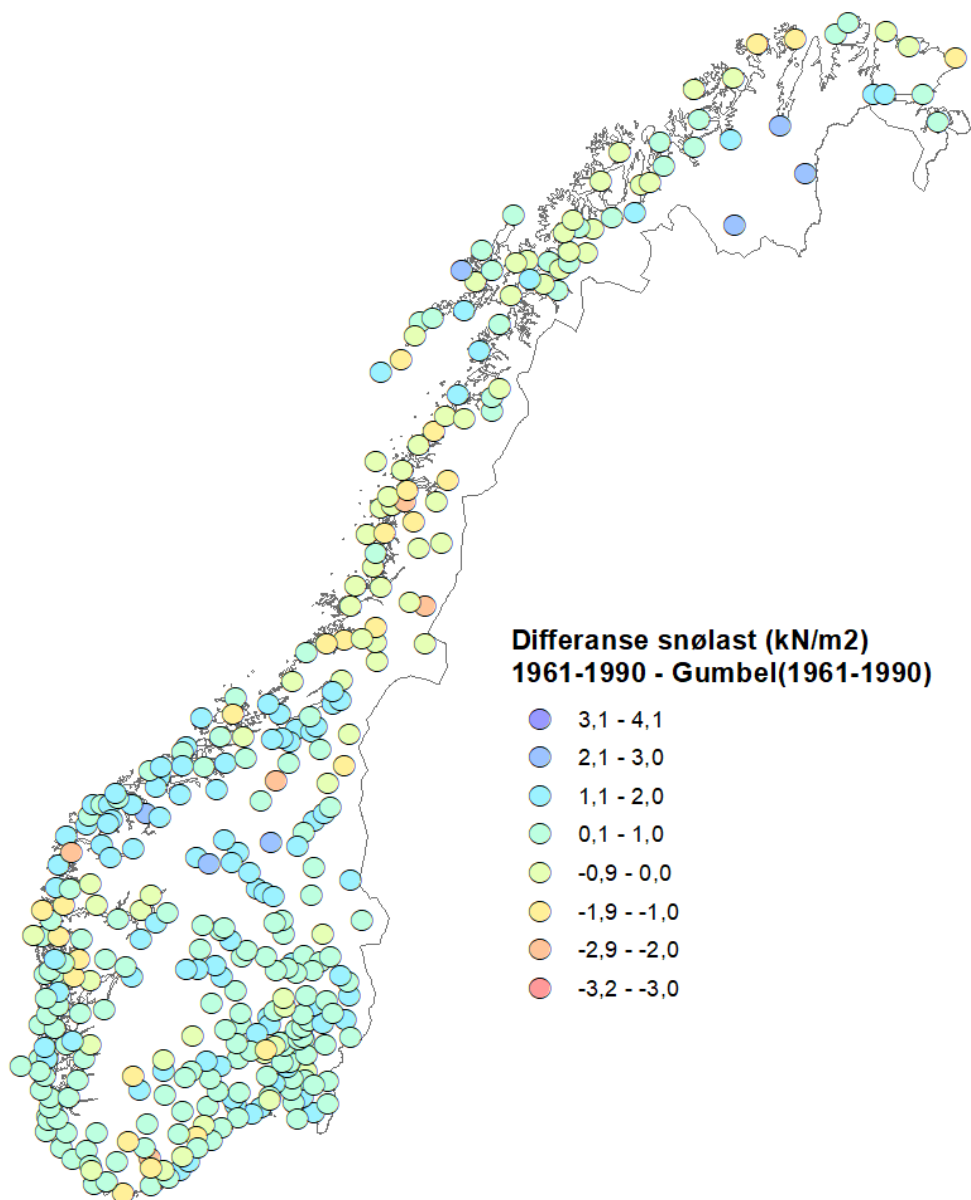
Her er det sammenliknet snølast verdier fra Standard Norge (Norsk Standard, 2018) med Gumbel beregning fra grid for 1961-1990. Figur 3.2.1 viser snølaster for kommunesentrene, kartet til venstre er verdier fra Standard Norge og kartet til høyre er hentet ut fra det griddede kartet med Gumbel beregning. Snølastverdiene går fra 1,5 - 8 kN/m² i Standard Norge sine

laster, og fra 0 - 10 kN/m² med verdier fra griddet. Høyeste verdier er Røyrvik, Namsskogan og Høylandet i Trøndelag, og Grane og Hattfjelldal i Nordland.



Figur 3.2.1: Snølaster (kN/m²) for kommunesenter for perioden 1961-1990, fra Standard Norge til venstre og med Gumbel beregning fra grid til høyre.

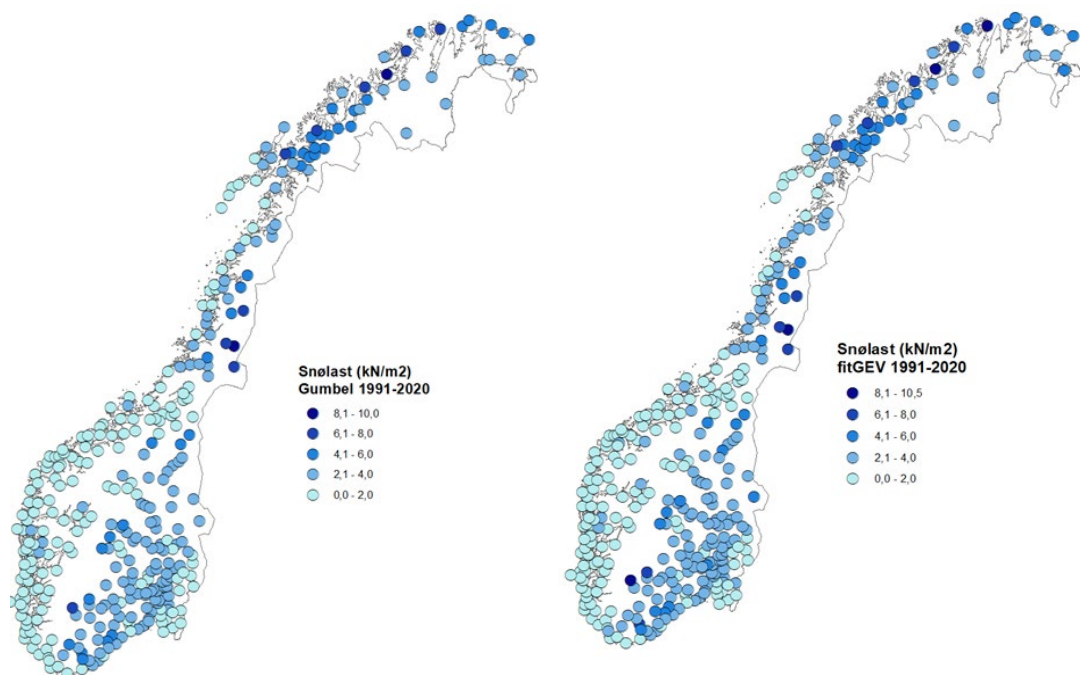
For å se forskjellene i snølastene er Standard Norge (Norsk Standard, 2018) sammenlignet med Gumbel beregning fra grid for samme periode, 1961-1990, for alle kommunesentrene, figur 3.2.2. De blå punktene viser høyere snølast i Standard Norge enn Gumbel beregningen fra grid, opptil 2,5 kN/m² høyere snølast, de blå punktene (ingen mørke blå punkter her, samme skala er brukt i flere kart). De aller fleste steder ligger på $\pm 0 - 1$ kN/m² forskjell på snølastene (lyse turkise og lyse grønne punkter). Noen steder har lavere snølast i Standard Norge enn Gumbel fra grid, de gule og oransje punktene med opptil 2,9 kN/m² lavere snølast (ingen røde punkter her).



Figur 3.2.2: Differanse i snølast (kN/m²) for kommunesenter mellom Standard Norge og Gumbel beregning fra grid for perioden 1961-1990. Inndelingen er i 1 kN/m². De blå-lilla representerer høyere snølast i standarden sammenliknet med Gumbel beregningen fra grid for samme periode. Grønne prikker viser 0-1 kN/m² lavere snølast, gul 1-2 kN/m², orange 2-3 kN/m² lavere snølast. Ingen ligger i den røde kategorien i dette kartet.

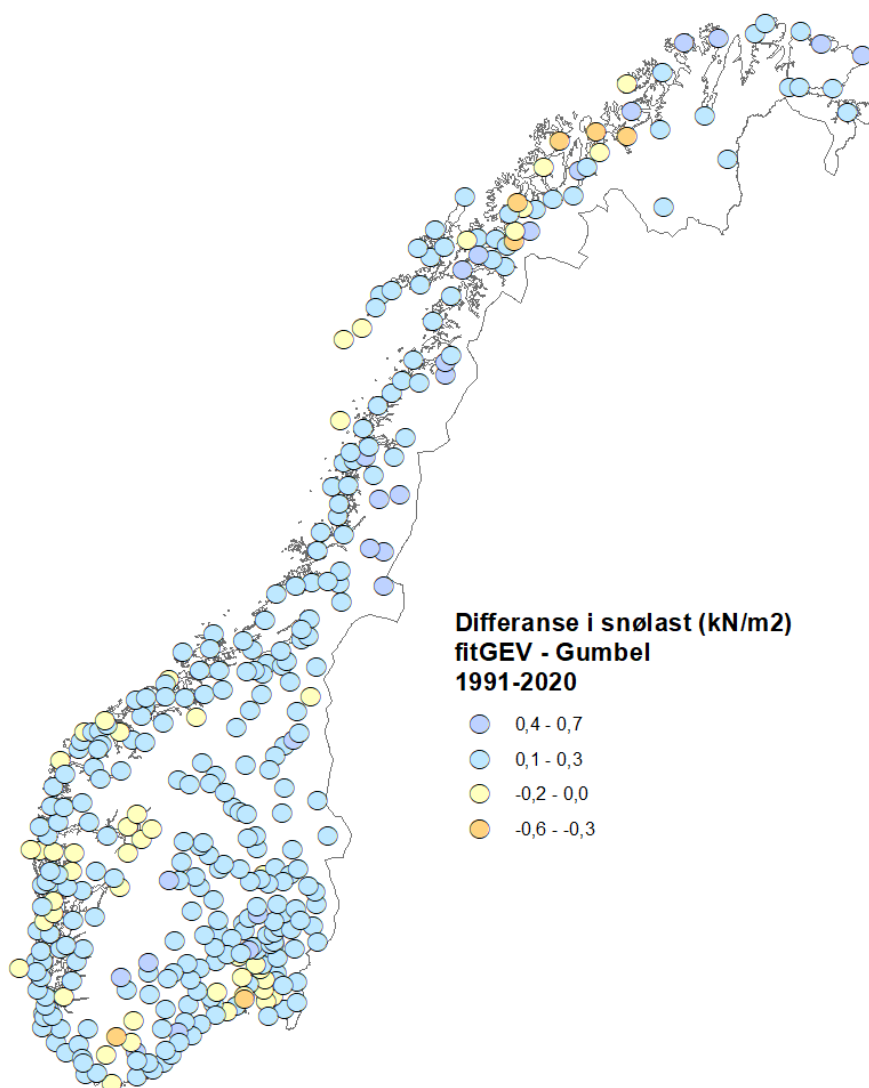
3.2.2 Snølast for perioden 1991-2020

I figur 3.2.3 vises snølast for kommunesenter for 1991-2020 med de to metodene Gumbel og GEV. Hovedtrekkene med metodene er de samme, men noen forskjeller viser seg også på kommunesenter nivå som for hele gridet. Lavest snølast er i lavlandet og langs kysten. Høyest snølast inn i landet og høyereliggende områder. GEV har høyest snølast på Røyrvik i Trøndelag med 10,5 kN/m², der har Gumbel 9,9 kN/m².



Figur 3.2.3: Snølaster (kN/m²) for kommunesenter i perioden 1991-2020 med metodene Gumbel (venstre) og GEV (høyre).

Figur 3.2.4 viser differansen mellom metodene GEV og Gumbel i perioden 1991-2020. Det er ikke veldig stor forskjell mellom resultatene fra metodene, men GEV gir litt høyere snølast enn Gumbel. GEV ligger på 0,1 - 0,7 kN/m² høyere snølast for de aller fleste kommunesentrene, de lyseblå og blå punktene. Noen få kommunesenter ligger inntil 0,6 kN/m² lavere med GEV enn Gumbel, de gule og oransje punktene.



Figur 3.2.4: Differanse i snølaster (kN/m²) for kommunesenter for 1991-2020 mellom GEV og Gumbel.

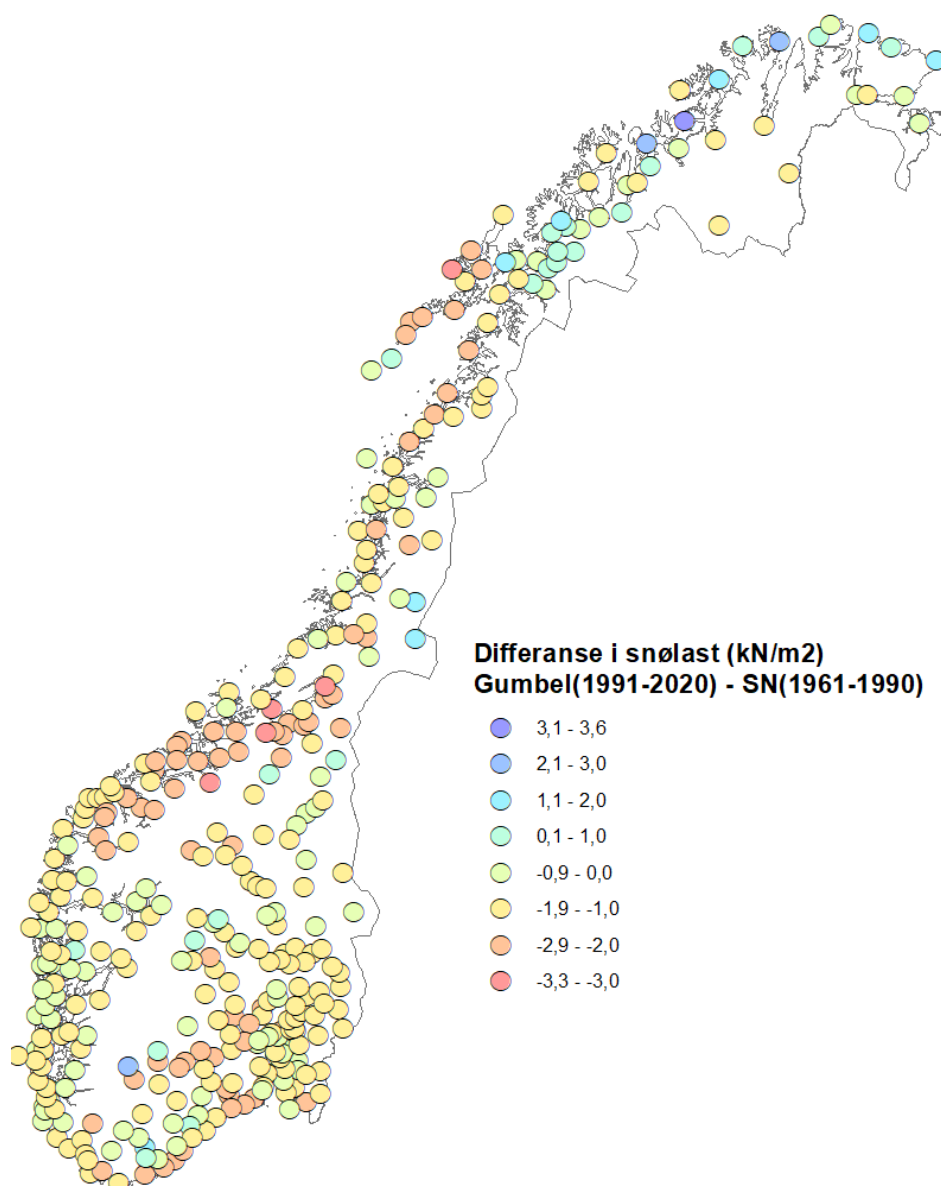
Sammenlikning mellom alle tre metodene (med samme fargeskala i kartet) ligger i Appendix A.4, figur A.5.

3.2.3 Sammenlikning av snølaster mellom gammel og ny periode

Snølaster for ny normalperiode (1991-2020) er sammenliknet med snølastene fra Standard Norge (Norsk Standard, 2018) for den gamle normalperioden 1961-1990. I de aller fleste kommunene har snølastene blitt redusert i den nye normalperioden. Alle kommunesenter er sammenliknet, Norge har 356 kommuner, pr. januar 2020.

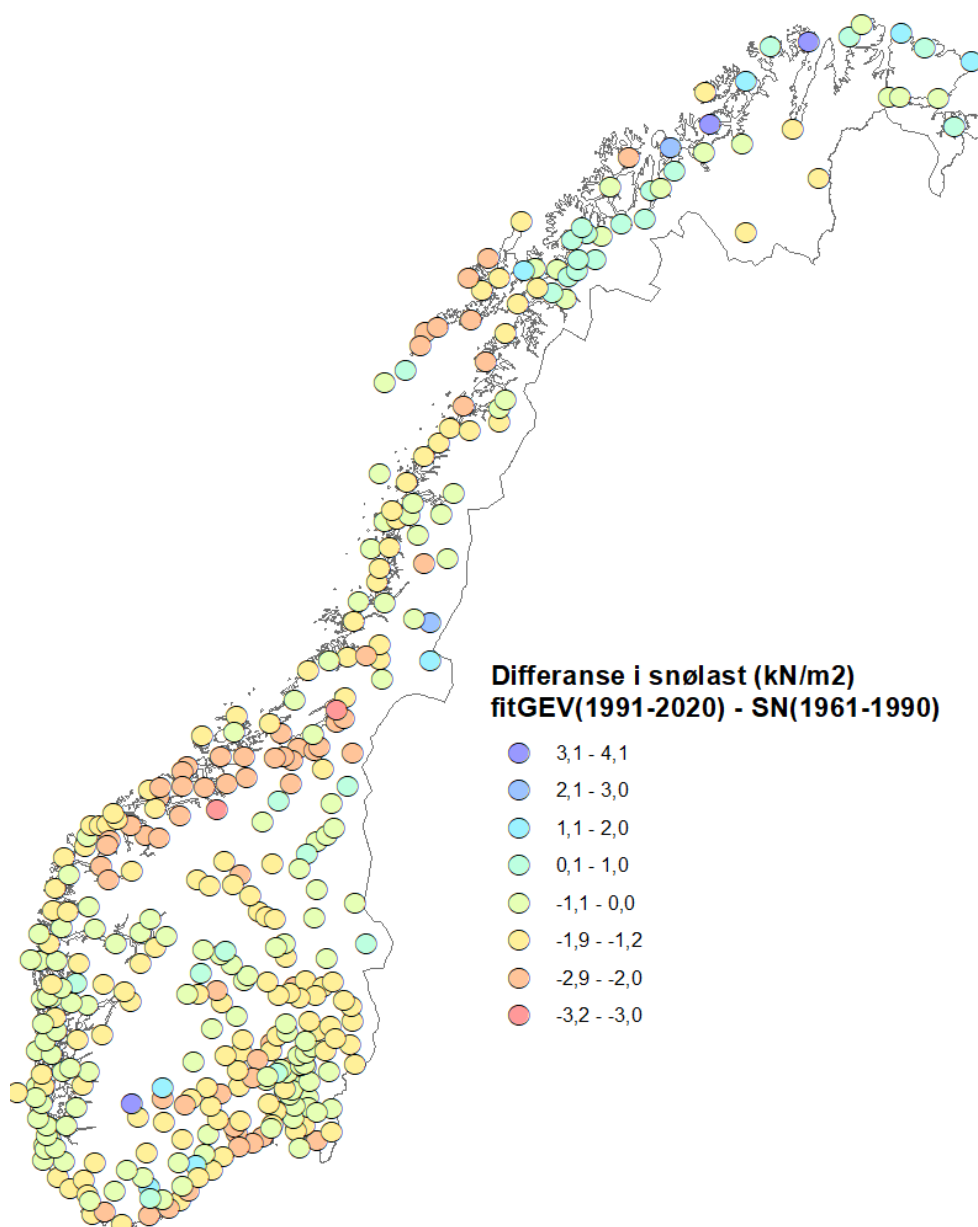
Figur 3.2.5 viser differansen mellom snølaster for perioden 1991-2020 med Gumbel fra grid og Standard Norge sine laster for 1961-1990 for alle kommunesenter. Hovedtrekkene er at snølastene blir lavere i den nye perioden. Det ser vi med mange grønne, gule, oransje og rød punkter, inntil 3,3 kN/m² lavere snølast enn forrige periode.

Noen få kommunesenter har en økning i snølasten, det er de turkise mot blå-lilla punktene. Der er det høyere snølast i den nyeste perioden 1991-2020 sammenliknet med standard Norge sin snølast for 1961-1990.



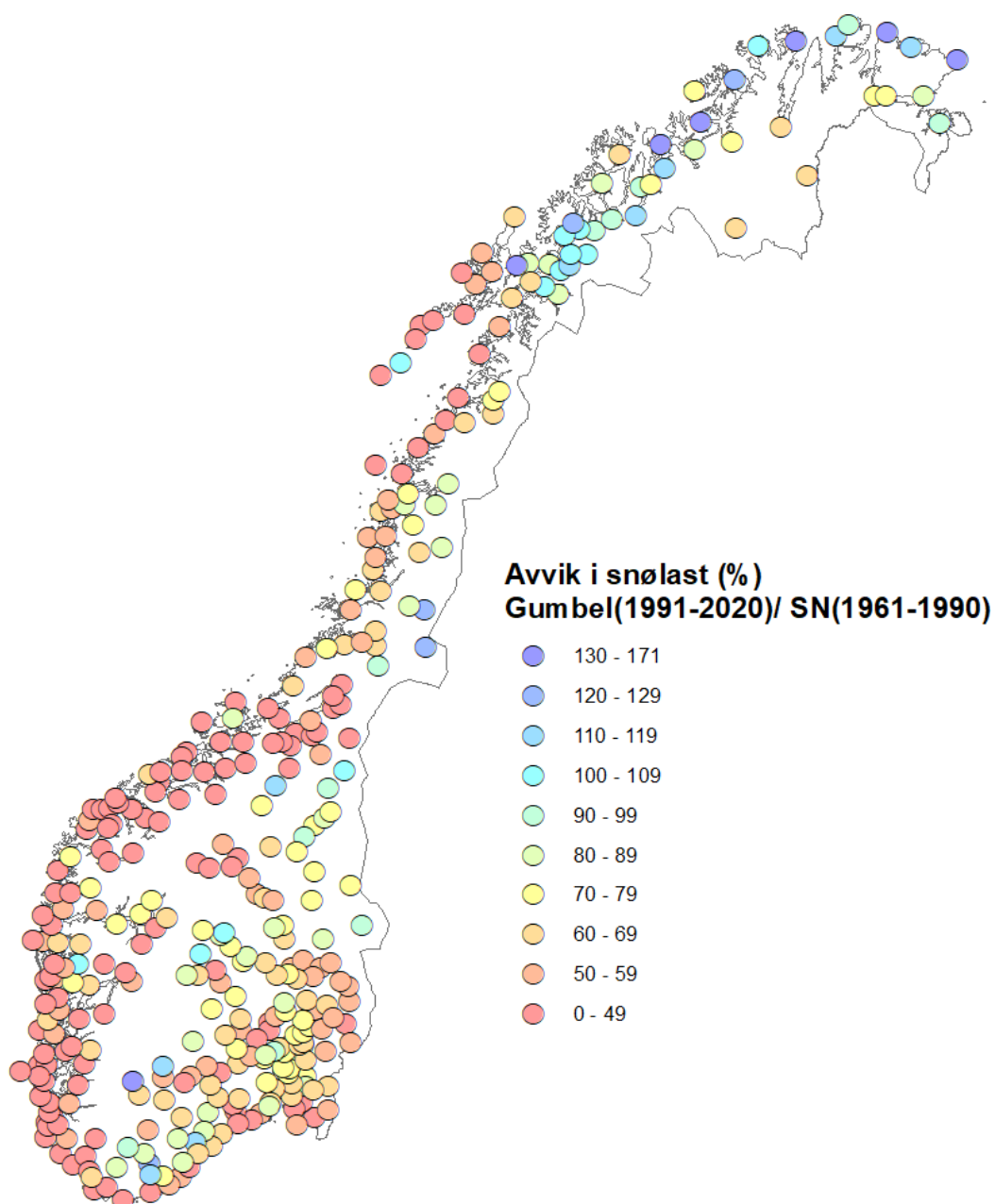
Figur 3.2.5: Differanse i snølast (kN/m²) for kommunesenter mellom Gumbel beregning for 1991-2020 og Standard Norge 1961-1990. Inndelingen er i 1 kN/m². De blå-lilla representerer høyere snølast i den nyeste perioden 1991-2020 sammenliknet med standard Norge sin last for 1961-1990. Grønne prikker viser 0-1 kN/m² lavere snølast, gul 1-2 kN/m², orange 2-3 kN/m² og rød 3-3,3 kN/m² lavere snølast.

Figur 3.2.6 viser differanse mellom GEV for 1991-2020 sammenliknet med Standard Norge sine laster for 1961-1990. De aller fleste kommunesenter får lavere snølast i den nyere perioden. Noen få kommunesenter, de turkise mot blå-lilla punktene, har fått høyere snølast for den nyeste perioden. Kommunesentrene med mer enn 2 kN/m² økning er Loppa, Nordkapp og Skjervøy i Troms og Finnmark, Røyrvik i Trøndelag og Bykle i Agder.



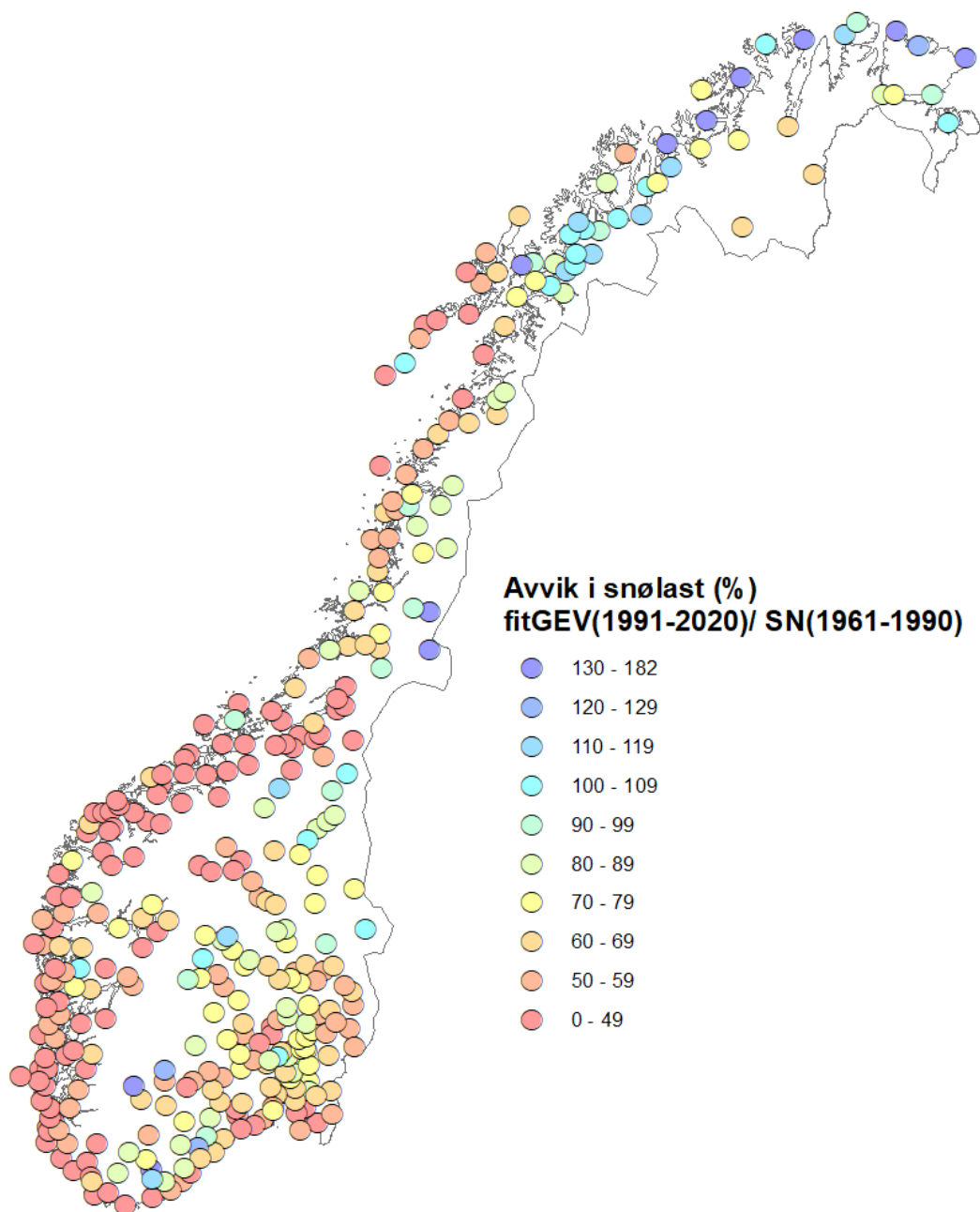
Figur 3.2.6: Differanse i snølast (kN/m²) for kommunesenter mellom GEV beregning for 1991-2020 og Standard Norge 1961-1990. Inndelingen er i 1 kN/m². De blå-lilla representerer høyere snølast i den nyeste perioden 1991-2020 sammenliknet med standard Norge sin last for 1961-1990. Grønne prikker viser 0-1 kN/m² lavere snølast, gul 1-2 kN/m², orange 2-3 kN/m² og rød 3-3,2 kN/m² lavere snølast.

Figur 3.2.7 viser avviket i prosent mellom Gumbel metode for perioden 1991-2020 og Standard Norge sine snølaster i perioden 1961-1990. Grønne, gule, oransje og røde punkter, 313 kommuner (~ 88 %) har redusert snølasten med 10 % eller mer. 21 kommuner (~ 6 %) har en økning i snølasten på 10 % eller mer, blå og lilla punkter. Resten av kommunene, 22 kommuner (~ 6 %), har mindre endringer med ± 10 % (lys blå og turkise punkter).



Figur 3.2.7: Prosentvis avvik mellom Gumbel i perioden 1991-2020 og Standard Norge for 1961-1990.

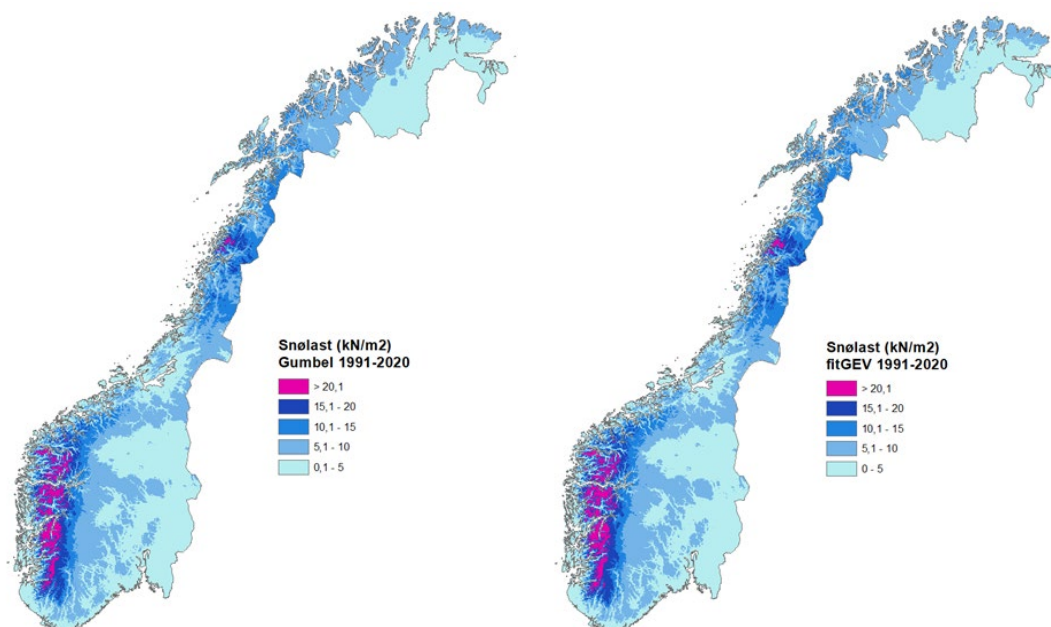
Figur 3.2.8 viser avviket i prosent mellom GEV metoden for perioden 1991-2020 og Standard Norge sine snølaster i perioden 1961-1990. Grønne, gule, oransje og røde punkter, 306 kommuner (~ 86 %) har redusert snølasten med 10 % eller mer. 23 kommuner (~ 6,5 %) har en økning i snølasten på 10 % eller mer, blå og lilla punkter. Dette gjelder i hovedsak i Troms og Finnmark. Ser vi på differanse kartet (figur 3.2.6) er det kommunesentrene Loppa og Nordkapp som har mer enn 3 kN/m² økning. Noen kommunesentre i Trøndelag, Vestfold og Telemark, Innlandet og Agder har 10 % økning eller mer. Resten av kommunene, 27 kommuner (~ 7,5 %), har mindre endringer med ± 10 % (lys blå og turkise punkter).



Figur 3.2.8: Prosentvis avvik mellom GEV i perioden 1991-2020 og Standard Norge for 1961-1990.

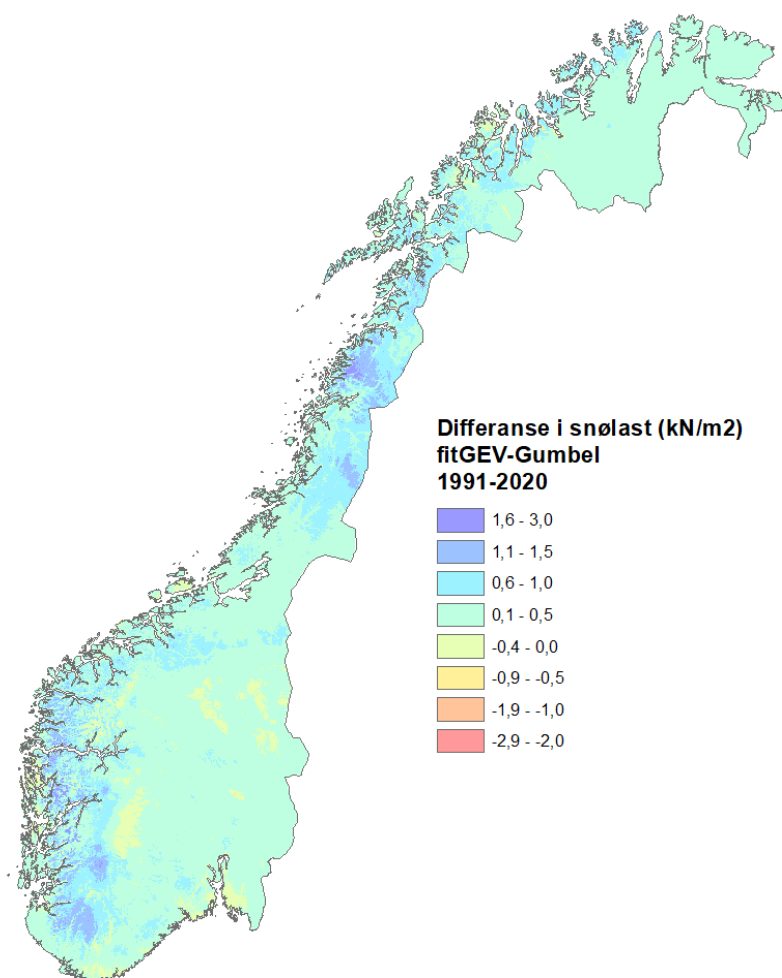
3.3 Sammenligning av forskjellige metoder for ekstremverdieregninger

Tre forskjellige metoder for ekstremverdi beregning er benyttet. Dette er Gumbel, GEV og fevd som er forklart i kapittel 2.2 Metode. I dette kapitlet er Gumbel og GEV sammenliknet. Sammenlikning med fevd ligger i appendix. Figur 3.3.1 viser snølast for begge metodene for perioden 1991-2020. Hovedtrekkene i kartene er veldig like. Derfor må vi se på differanse og avvikskartene for å se bedre hvordan metodene gir forskjellig utslag på snølasten i Norge.



Figur 3.3.1: Snølast (kN/m²) med 50 års returperiode for perioden 1991-2020. To forskjellige metoder, Gumbel (venstre) og GEV (høyre). Snølastene går fra 0-5 kN/m² i lavlandet og deler av Finnmark og langs kysten, De høyeste snølastene er i fjellområdene på Vestlandet med over 15 kN/m².

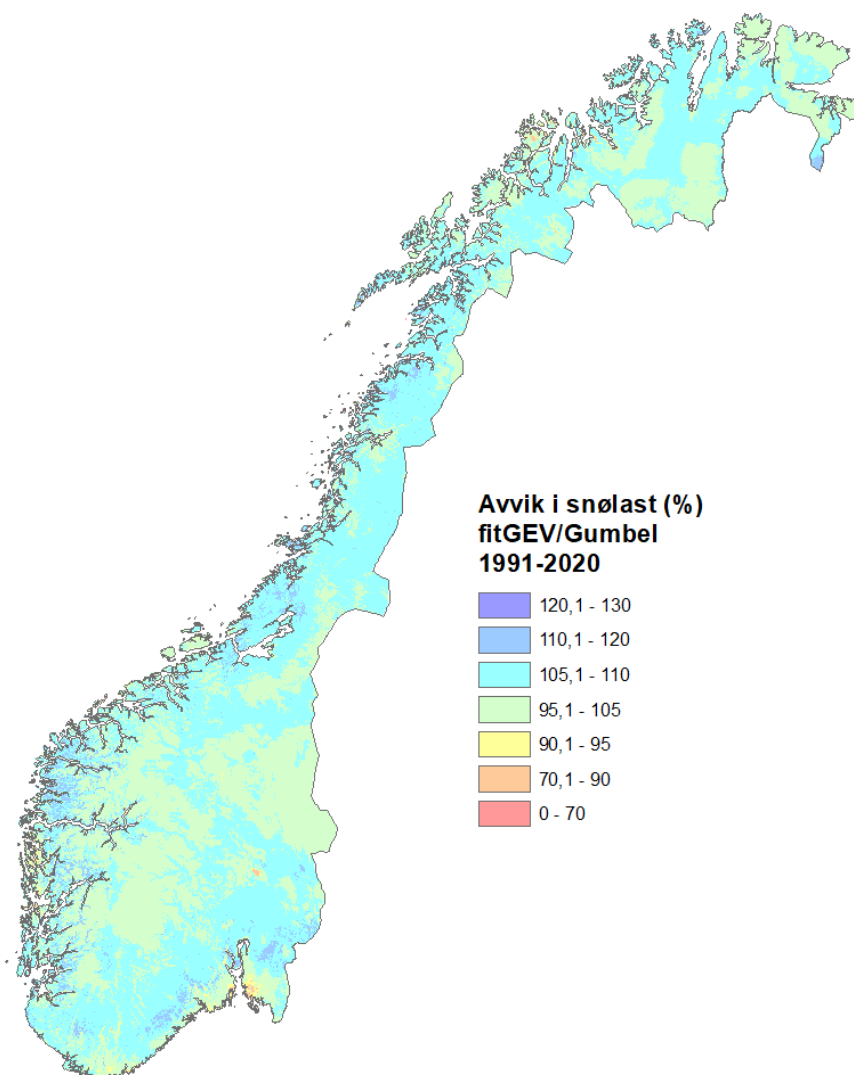
Differanse mellom metoden GEV og Gumbel er vist i figur 3.3.2. Størsteparten av områdene i Norge viser at GEV har litt høyere snølast enn Gumbel. Her ligger mest i området 0,1-0,5 kN/m² høyere snølast med GEV enn med Gumbel, det grønn-turkise området. Noen områder har litt høyere forskjell, de turkise mot blå fargene. Dette gjelder for fjellområdene på Vestlandet og i midtre deler av Nordland, der det er høye snølast. Noen få områder har litt mindre snølast med GEV enn med Gumbel, de gule-oransje områdene.



Figur 3.3.2: Differanse i snølast (kN/m²) mellom ekstremverdi beregningene GEV og Gumbel for referanseperioden 1991-2020. GEV ligger generelt litt høyere enn Gumbel for store deler av Norge. Grønn-turkis og mot blå viser høyere snølast i GEV enn i Gumbel, grønn-gul viser mindre snølast i GEV.

Generelt er forskjellen mellom beregning av snølast størst i fjellområdene med størst snølast og mindre ellers. Det er gjennomgående mellom alle tre metodene. GEV og Gumbel er likere enn fevd som viser større avvik i høyfjellet på Vestlandet (figur A.2 appendix)

Prosentvis forskjell mellom de to metodene GEV og Gumbel er vist i figur 3.3.4. GEV ligger litt høyere enn Gumbel for de aller fleste steder i Norge. Store deler av landet ligger innenfor $\pm 5\%$ forskjell på metodene, grønt i kartet. GEV ligger 5-10 % høyere enn Gumbel mange steder, turkis. Bare mindre områder ligger mellom 10-20 % høyere snølast, blå i kartet. Noen få områder på Østlandet har mer enn 5 % lavere snølast, gule og oransje områder i kartet, der er det lav snølast i utgangspunktet.



Figur 3.3.4: Avvik mellom ekstremverdi beregningene GEV og Gumbel i prosent for referanseperioden 1991-2020. De fleste steder i Norge ligger på $\pm 5\%$ (grønne områder) og 5-10% (turkis) høyere snølast ved bruk av GEV enn ved Gumbel.

4 Oppsummering

Meteorologisk institutt har hentet ut årlige maksimale snølaster med 1 døgns varighet for årene 1961-2020. Datagrunnlaget er delt i to, der 1961-1990 representerer den gamle referanseperioden og 1991-2020 representerer den nye referanseperioden.

For hver av referanseperiodene er verdier for maksimal snølast med 50 års gjentakintervall beregnet med 3 forskjellige metoder. Det er benyttet en diskret Gumbel-metode (Gumbel), tilsvarende den som er benyttet tidligere, en Generalized Extreme Value Type II, GEV-metode (GEV) og en numerisk Gumbel-metode (fevd).

Formålet med arbeidet har dels vært å kvantifisere endringer i maksimal snølast mellom de to referanseperiodene og dels å vurdere metoden for beregning av verdien for maksimal snølast med 50 års gjentakintervall.

Klimanormalene viser et endret klima med generelt høyere temperaturer i perioden 1991-2020 enn i perioden 1961-1990. Et varmere klima korter ned vinteren mange steder, med en sannsynlig reduksjon i maksimal snølast. Samtidig gjør høyere temperatur at atmosfæren kan holde på mer fuktighet og at nedbøren kan øke. Der det fortsatt er kaldt nok vil den økte nedbøren kunne komme som snø, og dermed øke snølasten.

Det vises typisk at tendensen er at verdien for maksimale snølaster minker i lavlandet og langs kysten. I de høyereliggende områder, der det fortsatt er kalde vintre, har de maksimale snølastene økt. Det er også en økning i deler av Nord-Norge. Alle 3 metoder for å beregne verdien for maksimal snølast med 50 års gjentakintervall viser denne samme tendensen.

Maksimale snølaster for kommunene er hentet ut fra kommunesentrene, der det typisk er mest bebyggelse. Beregnet maksimal snølast bør differensieres innad i kommunen, for eksempel ut fra grid, etter høyde over havet og lokalkunnskap.

MET vurderer at den numeriske Gumbel-metoden (fevd) underestimerer de lave verdiene for maksimal snølast med 50 års gjentakintervall. Resultater fra disse beregningene er derfor lagt til appendix. Gumbel (diskret) og GEV Type II ligger nærmere hverandre. Det er disse vi har undersøkt nærmere. GEV har noe høyere verdier enn Gumbel. Verdiene er likevel noe reduserte i forhold til Norsk Standard (2018).

MET har erfaring med og kunnskap om at Gumbel, også den diskrete metoden (2.2.2), generelt underestimerer lengre varigheter og gjentakintervaller. MET anbefaler å legge snølast beregnet med GEV Type II (GEV, kapittel 2.2.3) til grunn ved dimensjonering.

Referanser

- Alfnes, E. (2005), `met_stat.R`, *Calculate return values using the Gumbel equation*
- ArcMap 10.8.1 Environmental Systems Research Institute (ESRI) (2020). ArcGIS Release 10.8. Redlands, CA.
- Coles, S. (2001) *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer: London, UK
- Frei, C. (2013), *gevXgpd pakke*, <https://github.com/C2SM/gevXgpd>
fra artikkel: Frei, C. og Fukutome, S. (2014) *gevXgpd: Extreme Value Analysis; R package version 1.4.2*; GitHub: Zurich, Switzerland
- Gilleland, E. (2021), *extRemes pakke* <https://cran.r-project.org/web/packages/extRemes/extRemes.pdf>
- Gilleland, E. & Katz, R.W. (2016). *extRemes 2.0: An Extreme Value Analysis Package in R*. *Journal of Statistical Software*, 72(8), 1-39. doi:10.18637/jss.v072.i08
- Gumbel, E. & Lieblein, J. (1954) *Statistical Theory of Extreme Values and Some Practical Applications: A Series of Lectures*; U.S. Government Printing Office: Washington, DC, USA, Volume 33, p. 51
- Koutsoyiannis, D. (2004) Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: I. Theoretical investigation/Statistiques de valeurs extrêmes et estimation de précipitations extrêmes: I. Recherche théorique. *Hydrological Sciences Journal* Volume 49, page 590. DOI:[10.1623/hysj.49.4.575.54430](https://doi.org/10.1623/hysj.49.4.575.54430)
- Koutsoyiannis, D. (2004) Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records/Statistiques de valeurs extrêmes et estimation de précipitations extrêmes: II. Recherche empirique sur de longues séries de précipitations. *Hydrological Sciences Journal* Volume 49, page 610
<https://doi.org/10.1623/hysj.49.4.591.54424>
- Lussana, C., Salorana, T., Skaugen, T., Magnusson, J., Tveito, O.E. & Andersen, J. (2018) *SeNorge2 daily precipitation, an observational gridded dataset over Norway from 1957 to the present day* DOI:[10.5194/essd-10-235-2018](https://doi.org/10.5194/essd-10-235-2018)
- Lutz, J., Grinde, L. & Dyrddal, A.V. (2020) *Estimating Rainfall Design Values for the City of Oslo, Norway—Comparison of Methods and Quantification of Uncertainty*
<https://doi.org/10.3390/w12061735>
- Martins, E.S. & Stedinger, J.R. (2000) Generalized maximum-likelihood generalized extreme-value quantile estimators for hydrologic data. *Water Resources Research* Volume 36, 737–744 <https://doi.org/10.1029/1999WR900330>
- Norsk Standard (2018), NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2018, *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-3: Allmenne laster – Snølaster*
- Papalexiou, S.M. & Koutsoyiannis, D. (2013) Battle of extreme value distributions: A global survey on extreme daily rainfall. *Water Resources Research* Volume 49, 187–201.
<https://doi.org/10.1029/2012WR012557>

R Project (2020) *The R Project for Statistical Computing*, R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Saloranta, T.M. (2016) *Operational snow mapping with simplified data assimilation using the seNorge snow model* <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.061>

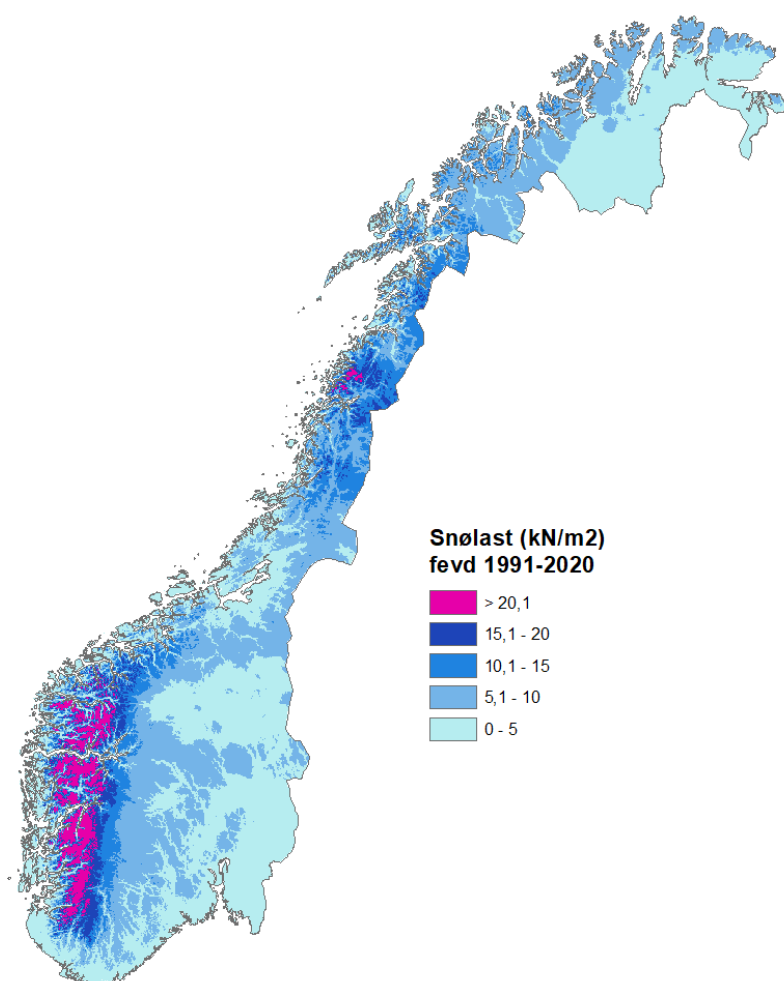
World Meteorological Organization, WMO (2020) <https://community.wmo.int/wmo-climatological-normals>

Appendix A – Forskjellige metoder

Snølaster beregnet med fevd og sammenlikning mellom alle tre metodene er vist i appendix A.

A.1 Snølast med fevd, kart

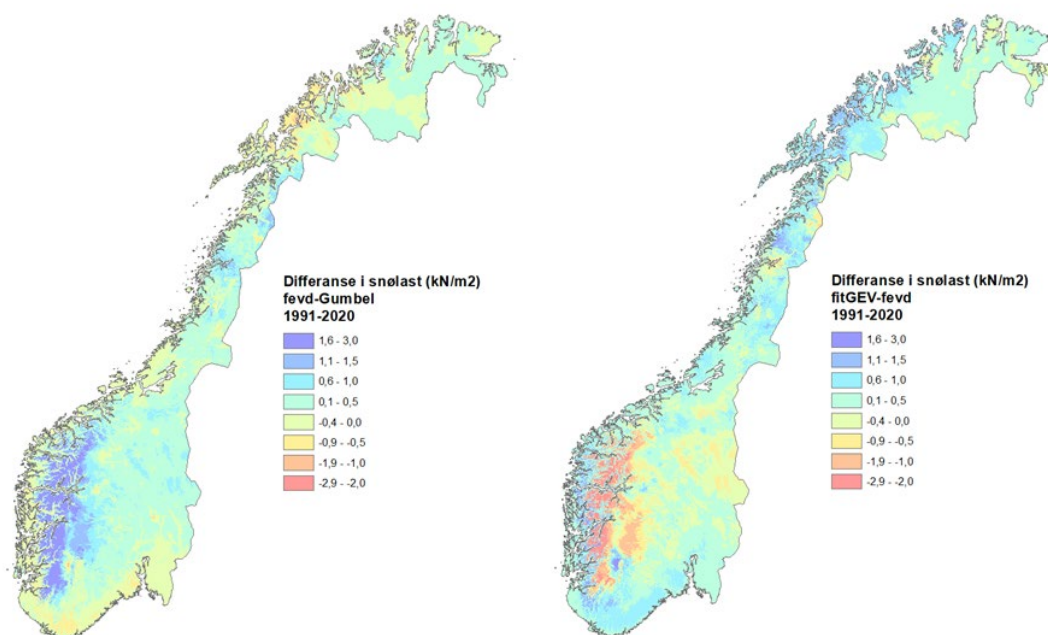
Figur A.1 viser snølaster med 50 års returperiode beregnet med fevd for perioden 1991-2020. Hovedtrekkene i snølaster er det samme som for de to andre metodene vist i rapporten. Områdene med aller høyest snølaster er i fjellområdene på Vestlandet. Det er også høye snølaster i Nordland. Lavest snølast er det i lavlandet i Sør-Norge og på Finnmarksvidda.



Figur A.1: Snølaster (kN/m²) med 50 års returperiode for perioden 1991-2020 med fevd. Snølastene går fra 0-5 kN/m² i lavlandet og deler av Finnmark og langs kysten, De høyeste snølastene er i fjellområdene på Vestlandet med over 15 kN/m².

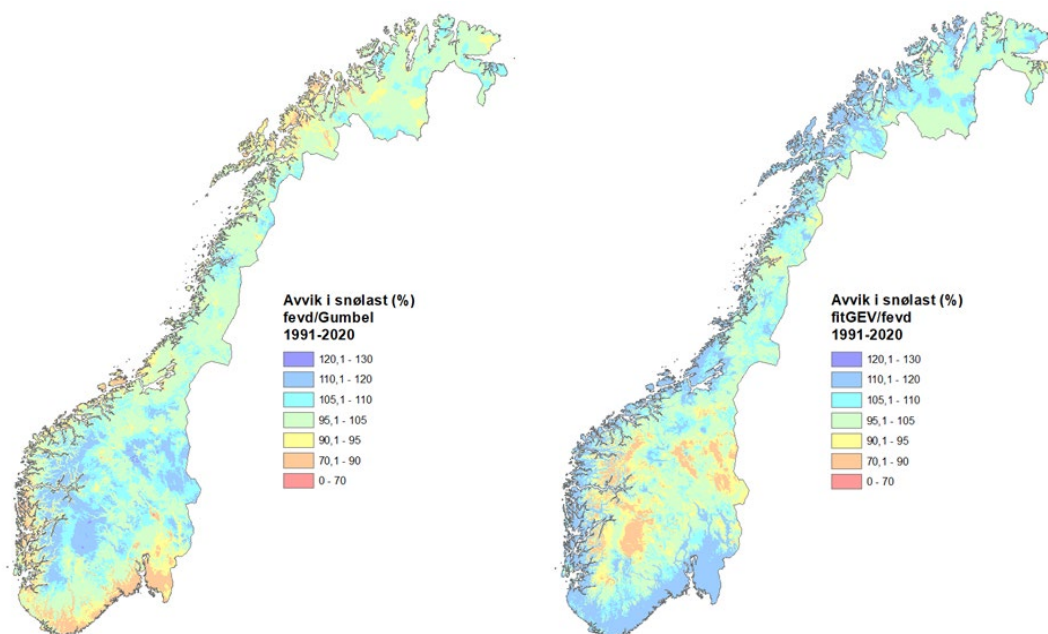
A.2 Sammenlikning mellom metodene, kart

Figur A.2 viser differanse i snølast (kN/m^2) mellom fevd og Gumbel, og GEV og fevd for perioden 1991-2020. Hovedtrekket er at fevd har litt høyere snølast i fjellområdene på Vestlandet enn både Gumbel og GEV. Og fevd har mindre snølast enn Gumbel og GEV langs kysten der snølasten er lavere.



Figur A.2: Differanse i kN/m^2 mellom ekstremverdi beregningene fevd og Gumbel til venstre og GEV og fevd til høyre. Grønn-turkis og mot blå viser høyere snølast enn den andre metoden, grønn-gul, oransje og rød viser mindre snølast.

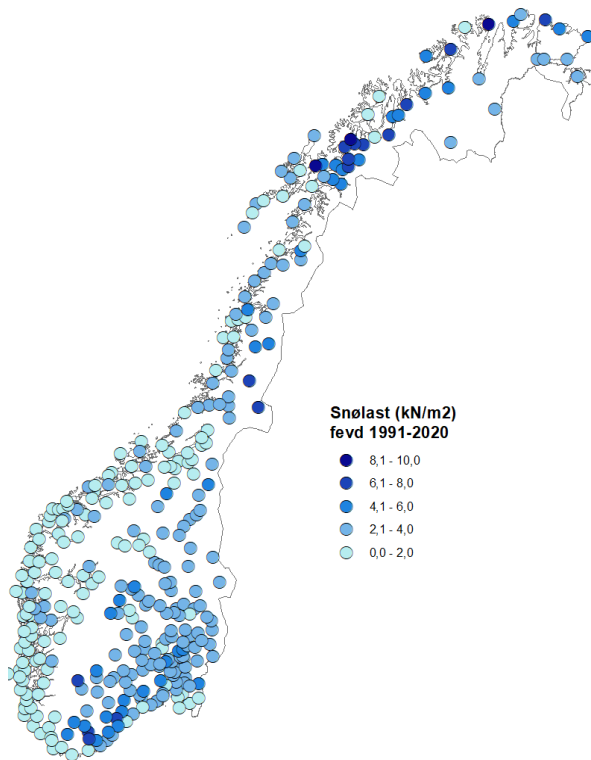
Figur A.3 viser avvik i prosent mellom metodene fevd og Gumbel, og GEV og fevd for perioden 1991-2020. Her ser vi det samme som i differanse kartet. fevd har høyere snølast enn Gumbel og GEV i fjellområdene, og lavere snølast langs kysten.



Figur A.3: Avvik mellom ekstremverdi beregningene i prosent. fevd og Gumbel til venstre, GEV og fevd til høyre. Grønne områder er $\pm 5\%$ avvik mellom metodene, turkis mot blå er høyere snølast. Gul, oransje og rød er lavere snølast.

A.3 Snølaster fra kommunesenter, fevd

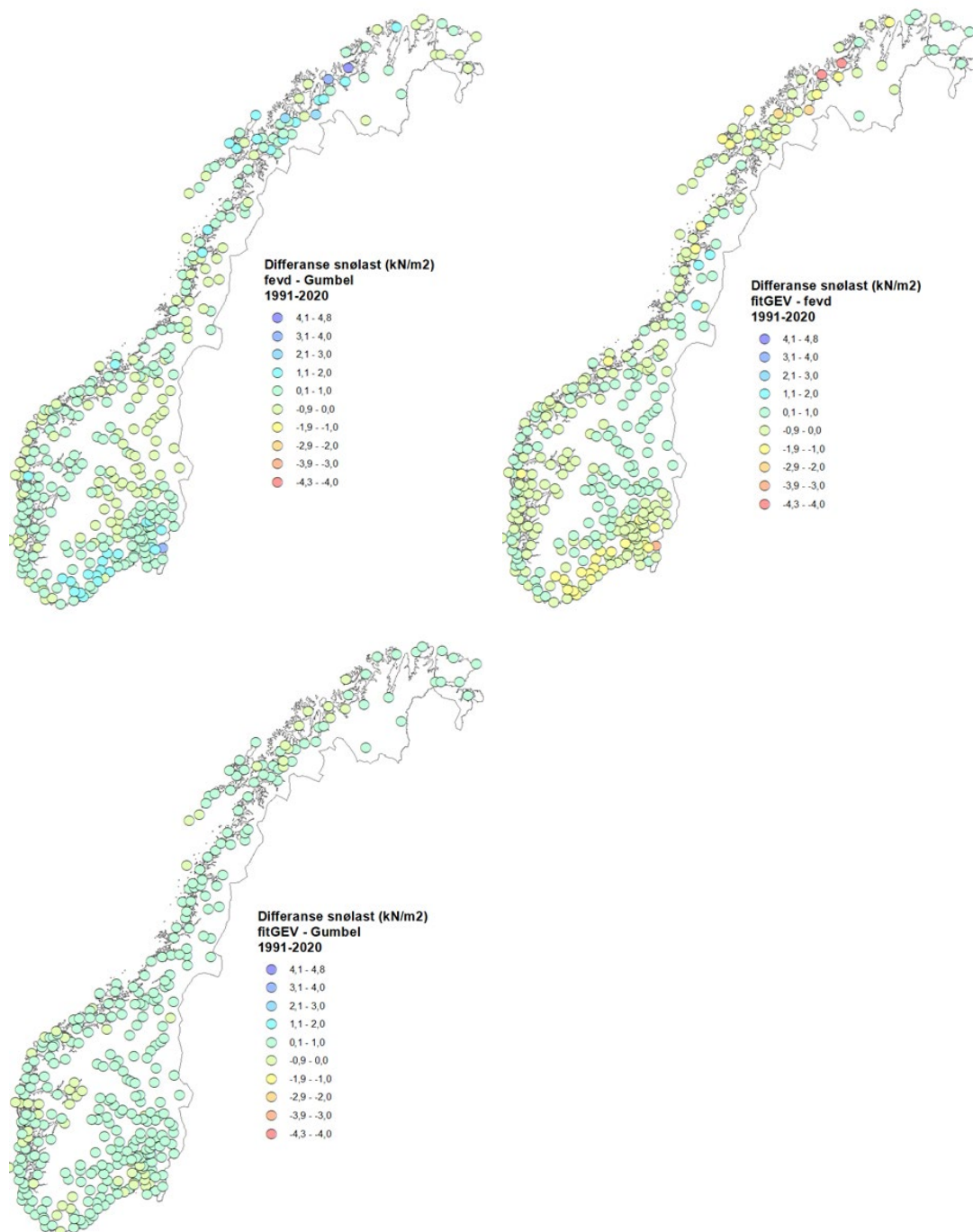
Snølaster fra kommunesenter med fevd for perioden 1991-2020 er vist i figur A.4.



Figur A.4: Snølaster i kN/m² for kommunesenter i perioden 1991-2020 med metoden fevd.

A.4 Sammenligning av metodene, kommuner

Sammenlikning mellom alle tre metodene for perioden 1991-2020 for kommunesenter vises i figur A.5. Forskjellen mellom fevd og Gumbel viser at fevd har litt høyere snølaster i Agder, Østlandet og i Troms og Finnmark. Ellers ± 0 -1 kN/m² for de aller fleste punkter. Forskjellen på GEV og fevd viser at GEV har litt lavere snølaster i Agder, Østlandet og i Troms og Finnmark. Ellers ± 0 -1 kN/m² for de fleste punkter. Forskjellen mellom GEV og Gumbel er minst, der ligger differansen mellom -0,6 - 0,7 kN/m² for kommunesentrene (samme som figur 3.2.4, men annen fargeskala).



Figur A.5: Differanse i snølaster (kN/m²) for kommunesenter for 1991-2020 mellom metodene. Øverst til venstre: fevd - Gumbel, øverst til høyre: GEV - fevd til venstre. Nederst til venstre: GEV - Gumbel (samme som figur 3.2.4, annen fargeskala).

Appendix B – Enhet fra mm til kN/m² utregning

Her vises hvordan snøens vanninnhold som er oppgitt i millimeter (mm) gjøres om til kN/m² som er brukt for snølast. (fra kapittel 2.1.1)

Fra mm til kg/m²:

$$mm = 100 \text{ mm}/100 = dm/100 = dm^3/100 dm^2 = dm^3/m^2 = l/m^2 = kg/m^2$$

For å ha det i tyngdens krefter vil vi ha i Newton (N) istedenfor kg. Newton er masse (m) gange akselerasjon (a), bruker tyngdens akselerasjon (g) og forenkler; $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$

$$N = m * a = m * g = kg * 10 \text{ m/s}^2$$

Fra kg/m² til krefter:

$$kg/m^2 * g \approx kg/m^2 * 10 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N/m}^2$$

og gjør til slutt om til kiloNewton:

$$\frac{10 * 1000 \text{ N/m}^2}{1000} = \frac{1}{100} kN/m^2$$

Derfor er: $X \text{ mm} = \frac{X}{100} kN/m^2$

dvs. 200 mm snøens vanninnhold (SWE) er det samme som 2 kN/m² snølast.

Appendix C – Snølast tabell

Snølaster i kN/m² for alle kommunesenter med GEV for perioden 1991-2020.

Kommune	Kommune- nummer	Fylke- nummer Fylke	Administrasjons- senter	GEV 1991- 2020 snølast (kN/m²)
Oslo	301	3 Oslo	Oslo	1,5
Eigersund	1101	11 Rogaland	Eigersund	0,8
Stavanger	1103	11 Rogaland	Stavanger	0,6
Haugesund	1106	11 Rogaland	Haugesund	0,6
Sandnes	1108	11 Rogaland	Sandnes	0,6
Sokndal	1111	11 Rogaland	Hauge	0,9
Lund	1112	11 Rogaland	Moi	1,4
Bjerkreim	1114	11 Rogaland	Vikeså	1,1
Hå	1119	11 Rogaland	Varhaug	0,6
Klepp	1120	11 Rogaland	Kleppe	0,7
Time	1121	11 Rogaland	Bryne	0,6
Gjesdal	1122	11 Rogaland	Ålgård	1
Sola	1124	11 Rogaland	Sola	0,5
Randaberg	1127	11 Rogaland	Randaberg	0,5
Strand	1130	11 Rogaland	Jørpeland	0,8
Hjelmeland	1133	11 Rogaland	Hjelmelandsvågen	0,8
Suldal	1134	11 Rogaland	Sand	1,2
Sauda	1135	11 Rogaland	Sauda	1,6
Kvitsøy	1144	11 Rogaland	Ystabøhamn	0,5
Bokn	1145	11 Rogaland	Bokn	0,5
Tysvær	1146	11 Rogaland	Aksdal	0,8
Karmøy	1149	11 Rogaland	Kopervik	0,5
Utsira	1151	11 Rogaland	Utsira	0,5
Vindafjord	1160	11 Rogaland	Ølen	1
Kristiansund	1505	15 Møre og Romsdal	Kristiansund	1,3
Molde	1506	15 Møre og Romsdal	Molde	1,4
Ålesund	1507	15 Møre og Romsdal	Ålesund	1,1
Vanylven	1511	15 Møre og Romsdal	Fiskå	1,4
Sande	1514	15 Møre og Romsdal	Larsnes	1,5
Herøy	1515	15 Møre og Romsdal	Fosnavåg	0,9
Ulstein	1516	15 Møre og Romsdal	Ulsteinvik	1,4
Hareid	1517	15 Møre og Romsdal	Hareid	1,3
Ørsta	1520	15 Møre og Romsdal	Ørsta	2
Stranda	1525	15 Møre og Romsdal	Stranda	1,8
Sykkylven	1528	15 Møre og Romsdal	Sykkylven	2
Sula	1531	15 Møre og Romsdal	Langevåg	1,3
Giske	1532	15 Møre og Romsdal	Valderøy	1,1
Vestnes	1535	15 Møre og Romsdal	Vestnes	1,6
Rauma	1539	15 Møre og Romsdal	Åndalsnes	1,9
Aukra	1547	15 Møre og Romsdal	Falkhytta	1,8
Averøy	1554	15 Møre og Romsdal	Bruhagen	1,5
Gjemnes	1557	15 Møre og Romsdal	Batnfjordsøra	1,9
Tingvoll	1560	15 Møre og Romsdal	Tingvoll	1,7
Sunndal	1563	15 Møre og Romsdal	Sunndalsøra	1,5
Surnadal	1566	15 Møre og Romsdal	Surnadal	1,8
Smøla	1573	15 Møre og Romsdal	Hopen	0,7

Aure	1576	15 Møre og Romsdal	Aure	1,8
Volda	1577	15 Møre og Romsdal	Volda	1,8
Fjord	1578	15 Møre og Romsdal	Valldal	2
Hustadvika	1579	15 Møre og Romsdal	Elnesvågen	1,4
Bodø	1804	18 Nordland	Bodø	1,7
Narvik	1806	18 Nordland	Narvik	3,9
Bindal	1811	18 Nordland	Terråk	2,8
Sømna	1812	18 Nordland	Vik	2,6
Brønnøy	1813	18 Nordland	Brønnøysund	2,2
Vega	1815	18 Nordland	Gladstad	1,4
Vevelstad	1816	18 Nordland	Vevelstad	2,2
Herøy	1818	18 Nordland	Silvalen	1,6
Alstahaug	1820	18 Nordland	Sandnessjøen	2
Leirfjord	1822	18 Nordland	Leland	3,7
Vefsn	1824	18 Nordland	Mosjøen	4,1
Grane	1825	18 Nordland	Trofors	5,4
Hattfjelldal	1826	18 Nordland	Hattfjelldal	6,7
Dønna	1827	18 Nordland	Solfjellsjyen	1,7
Nesna	1828	18 Nordland	Nesna	3
Hemnes	1832	18 Nordland	Korgen	4,4
Rana	1833	18 Nordland	Mo i Rana	4,2
Lurøy	1834	18 Nordland	Lurøy	1,6
Træna	1835	18 Nordland	Husøya	1,3
Rødøy	1836	18 Nordland	Vågaholmen	2,1
Meløy	1837	18 Nordland	Ørnes	2,4
Gildeskål	1838	18 Nordland	Inndyr	2,1
Beiarn	1839	18 Nordland	Moldjord	3,1
Saltdal	1840	18 Nordland	Rognan	3,1
Fauske	1841	18 Nordland	Fauske	3,8
Sørfold	1845	18 Nordland	Straumen	3,7
Steigen	1848	18 Nordland	Leinesfjorden	1,8
Lødingen	1851	18 Nordland	Lødingen	3,2
Evenes	1853	18 Nordland	Bogen	4,9
Røst	1856	18 Nordland	Røst	0,4
Værøy	1857	18 Nordland	Sørland	1,6
Flakstad	1859	18 Nordland	Ramberg	1,8
Vestvågøy	1860	18 Nordland	Leknes	2
Vågan	1865	18 Nordland	Svolvær	1,5
Hadsel	1866	18 Nordland	Stokmarknes	2,2
Bø	1867	18 Nordland	Straume	1,6
Øksnes	1868	18 Nordland	Myre	2,5
Sortland	1870	18 Nordland	Sortland	3,2
Andøy	1871	18 Nordland	Andenes	2,9
Moskenes	1874	18 Nordland	Reine	2
Hamarøy	1875	18 Nordland	Oppeide	2,6
Halden	3001	30 Viken	Halden	0,8
Moss	3002	30 Viken	Moss	1,9
Sarpsborg	3003	30 Viken	Sarpsborg	1,3
Fredrikstad	3004	30 Viken	Fredrikstad	1,1
Drammen	3005	30 Viken	Drammen	2,4

Kongsberg	3006	30 Viken	Kongsberg	3,7
Ringerike	3007	30 Viken	Hønefoss	1,4
Hvaler	3011	30 Viken	Skjærhalden	1,1
Aremark	3012	30 Viken	Fossby	1,6
Marker	3013	30 Viken	Ørje	2,1
Indre Østfold	3014	30 Viken	Askim	2,3
Skiptvet	3015	30 Viken	Meieribyen	2,6
Rakkestad	3016	30 Viken	Rakkestad	2
Råde	3017	30 Viken	Karlshus	1,5
Våler	3018	30 Viken	Kirkebygda	1,9
Vestby	3019	30 Viken	Vestby	2,5
Nordre Follo	3020	30 Viken	Ski	3
Ås	3021	30 Viken	Ås	2,9
Frogn	3022	30 Viken	Drøbak	2,7
Nesodden	3023	30 Viken	Nesoddtangen	2,9
Bærum	3024	30 Viken	Sandvika	2,3
Asker	3025	30 Viken	Asker	4,2
Aurskog-Høland	3026	30 Viken	Bjørkelangen	1,8
Rælingen	3027	30 Viken	Fjerdingsby	3,1
Enebakk	3028	30 Viken	Kirkebygda	3
Lørenskog	3029	30 Viken	Kjenn	2,9
Lillestrøm	3030	30 Viken	Lillestrøm	2,9
Nittedal	3031	30 Viken	Rotnes	3,5
Gjerdrum	3032	30 Viken	Ask	3,5
Ullensaker	3033	30 Viken	Jessheim	3,4
Nes	3034	30 Viken	Årnes	2
Eidsvoll	3035	30 Viken	Eidsvoll	2,7
Nannestad	3036	30 Viken	Teigebyen	3,6
Hurdal	3037	30 Viken	Hurdal	3,5
Hole	3038	30 Viken	Vik	1,3
Flå	3039	30 Viken	Flå	2,6
Nesbyen	3040	30 Viken	Nesbyen	1,8
Gol	3041	30 Viken	Gol	2
Hemsedal	3042	30 Viken	Trøim	4,8
Ål	3043	30 Viken	Ål	3,2
Hol	3044	30 Viken	Hol	4,6
Sigdal	3045	30 Viken	Prestfoss	2,6
Krødsherad	3046	30 Viken	Noresund	3
Modum	3047	30 Viken	Vikersund	2,1
Øvre Eiker	3048	30 Viken	Hokksund	2,4
Lier	3049	30 Viken	Lierbyen	2,8
Flesberg	3050	30 Viken	Lampeland	3,3
Rollag	3051	30 Viken	Rollag	3,2
Nore og Uvdal	3052	30 Viken	Rødberg	3,5
Jevnaker	3053	34 Innlandet	Jevnaker	2,4
Lunner	3054	34 Innlandet	Roa	3,9
Kongsvinger	3401	34 Innlandet	Kongsvinger	1,9
Hamar	3403	34 Innlandet	Hamar	1,6
Lillehammer	3405	34 Innlandet	Lillehammer	3,2
Gjøvik	3407	34 Innlandet	Gjøvik	2,5

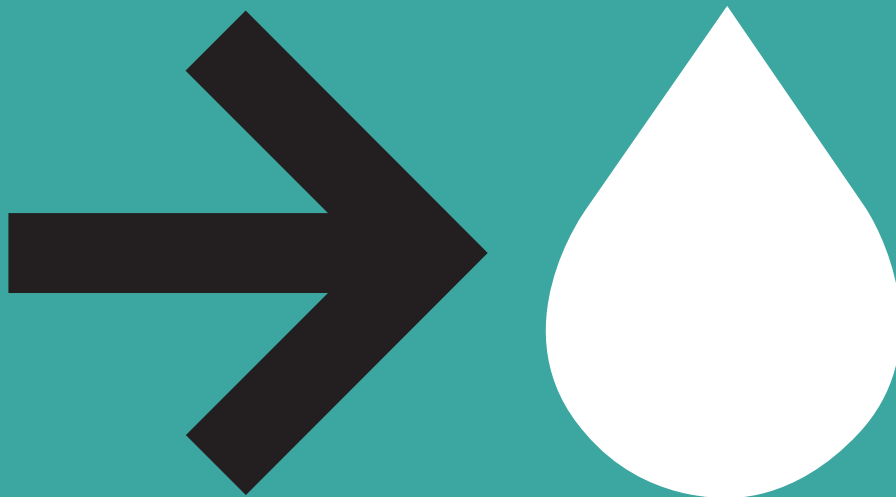
Ringsaker	3411	34 Innlandet	Brumunddal	2,2
Løten	3412	34 Innlandet	Løten	2,3
Stange	3413	34 Innlandet	Stange	2,1
Nord-Odal	3414	34 Innlandet	Sand	2,2
Sør-Odal	3415	34 Innlandet	Skarnes	1,8
Eidskog	3416	34 Innlandet	Skotterud	2
Grue	3417	34 Innlandet	Kirkenær	1,9
Åsnes	3418	34 Innlandet	Flisa	2,1
Våler	3419	34 Innlandet	Våler	2,3
Elverum	3420	34 Innlandet	Elverum	2,5
Trysil	3421	34 Innlandet	Innbygda	4,1
Åmot	3422	34 Innlandet	Rena	3,7
Stor-Elvdal	3423	34 Innlandet	Koppang	3
Rendalen	3424	34 Innlandet	Bergset	3,2
Engerdal	3425	34 Innlandet	Engerdal	3
Tolga	3426	34 Innlandet	Tolga	3,8
Tynset	3427	34 Innlandet	Tynset	4,1
Alvdal	3428	34 Innlandet	Alvdal	2,9
Folldal	3429	34 Innlandet	Folldal	2,7
Os	3430	34 Innlandet	Os	3,9
Dovre	3431	34 Innlandet	Dovre	1,8
Lesja	3432	34 Innlandet	Lesja	2,2
Skjåk	3433	34 Innlandet	Bismo	1,5
Lom	3434	34 Innlandet	Fossbergom	1,7
Vågå	3435	34 Innlandet	Vågåmo	1,7
Nord-Fron	3436	34 Innlandet	Vinstra	2,2
Sel	3437	34 Innlandet	Otta	2
Sør-Fron	3438	34 Innlandet	Hundorp	2,6
Ringebu	3439	34 Innlandet	Vålebrua	2,4
Øyer	3440	34 Innlandet	Tretten	3,3
Gausdal	3441	34 Innlandet	Segalstad bru	3,8
Østre Toten	3442	34 Innlandet	Lena	3,2
Vestre Toten	3443	34 Innlandet	Raufoss	3,3
Gran	3446	34 Innlandet	Jaren	3,5
Søndre Land	3447	34 Innlandet	Hov	3,1
Nordre Land	3448	34 Innlandet	Dokka	3
Sør-Aurdal	3449	34 Innlandet	Bagn	3,4
Etnedal	3450	34 Innlandet	Bruflat	3,8
Nord-Aurdal	3451	34 Innlandet	Fagernes	3,5
Vestre Slidre	3452	34 Innlandet	Slidre	3,9
Øystre Slidre	3453	34 Innlandet	Heggenes	5
Vang	3454	34 Innlandet	Vang	3,4
Horten	3801	38 Vestfold og Telemark	Horten	2,5
Holmestrand	3802	38 Vestfold og Telemark	Holmestrand	3,1
Tønsberg	3803	38 Vestfold og Telemark	Tønsberg	2,3
Sandefjord	3804	38 Vestfold og Telemark	Sandefjord	2,4
Larvik	3805	38 Vestfold og Telemark	Larvik	2,1
Porsgrunn	3806	38 Vestfold og Telemark	Porsgrunn	1,8
Skien	3807	38 Vestfold og Telemark	Skien	1,8
Notodden	3808	38 Vestfold og Telemark	Notodden	2

Færder	3811	38 Vestfold og Telemark	Borgheim	2,2
Siljan	3812	38 Vestfold og Telemark	Siljan	3
Bamble	3813	38 Vestfold og Telemark	Langesund	1,7
Kragerø	3814	38 Vestfold og Telemark	Kragerø	2,9
Drangedal	3815	38 Vestfold og Telemark	Prestestranda	3,7
Nome	3816	38 Vestfold og Telemark	Ulefoss	2,7
Midt-Telemark	3817	38 Vestfold og Telemark	Bø	2,7
Tinn	3818	38 Vestfold og Telemark	Rjukan	4
Hjartdal	3819	38 Vestfold og Telemark	Sauland	2,6
Seljord	3820	38 Vestfold og Telemark	Seljord	2,5
Kviteseid	3821	38 Vestfold og Telemark	Kviteseid	2,1
Nissedal	3822	38 Vestfold og Telemark	Treungen	3,2
Fyresdal	3823	38 Vestfold og Telemark	Moland	3
Tokke	3824	38 Vestfold og Telemark	Dalen	2,5
Vinje	3825	38 Vestfold og Telemark	Åmot	6
Risør	4201	42 Agder	Risør	3,1
Grimstad	4202	42 Agder	Grimstad	2,6
Arendal	4203	42 Agder	Arendal	1,9
Kristiansand	4204	42 Agder	Kristiansand	1,4
Lindesnes	4205	42 Agder	Mandal	1,2
Farsund	4206	42 Agder	Farsund	0,8
Flekkefjord	4207	42 Agder	Flekkefjord	1,2
Gjerstad	4211	42 Agder	Gjerstad	4,1
Vegårshei	4212	42 Agder	Myra	5,7
Tvedestrand	4213	42 Agder	Tvedestrand	3,1
Froland	4214	42 Agder	Blakstad	3,9
Lillesand	4215	42 Agder	Lillesand	2,3
Birkenes	4216	42 Agder	Birkeland	3,6
Åmli	4217	42 Agder	Åmli	4
Iveland	4218	42 Agder	Birketveit	6,1
Evje og Hornnes	4219	42 Agder	Evje	3,5
Bygland	4220	42 Agder	Bygland	2,6
Valle	4221	42 Agder	Valle	3,1
Bykle	4222	42 Agder	Hovden	8,4
Vennesla	4223	42 Agder	Vennesla	5,2
Åseral	4224	42 Agder	Kyrkjebygda	3,7
Lyngdal	4225	42 Agder	Lyngdal	0,9
Hægebostad	4226	42 Agder	Tingvatn	3,6
Kvinesdal	4227	42 Agder	Liknes	2,1
Sirdal	4228	42 Agder	Tonstad	1,1
Bergen	4601	46 Vestland	Bergen	1,1
Kinn	4602	46 Vestland	Florø	0,8
Etne	4611	46 Vestland	Etne	0,9
Sveio	4612	46 Vestland	Sveio	0,7
Bømlo	4613	46 Vestland	Svortland	0,7
Stord	4614	46 Vestland	Leirvik	1,1
Fitjar	4615	46 Vestland	Fitjar	0,9
Tysnes	4616	46 Vestland	Uggdal	1,1
Kvinnherad	4617	46 Vestland	Rosendal	0,8
Ullensvang	4618	46 Vestland	Odda	1,2

Eidfjord	4619	46 Vestland	Eidfjord	1,5
Ulvik	4620	46 Vestland	Ulvik	1,5
Voss	4621	46 Vestland	Vossavangen	1,4
Kvam	4622	46 Vestland	Norheimsund	1,7
Samnanger	4623	46 Vestland	Tysse	2,3
Bjørnafjorden	4624	46 Vestland	Osøyro	1
Austevoll	4625	46 Vestland	Storebø	0,6
Øygarden	4626	46 Vestland	Straume	0,6
Askøy	4627	46 Vestland	Kleppestø	0,8
Vaksdal	4628	46 Vestland	Dale	3,1
Modalen	4629	46 Vestland	Mo	1,8
Osterøy	4630	46 Vestland	Lonevåg	1,4
Alver	4631	46 Vestland	Knarvik	0,9
Austrheim	4632	46 Vestland	Austrheim	0,8
Fedje	4633	46 Vestland	Fedje	0,6
Masfjorden	4634	46 Vestland	Masfjordnes	1,9
Gulen	4635	46 Vestland	Eivindvik	1
Solund	4636	46 Vestland	Hardbakke	1,1
Hyllestad	4637	46 Vestland	Hyllestad	1,5
Høyanger	4638	46 Vestland	Høyanger	1,4
Vik	4639	46 Vestland	Vikøyri	1,9
Sogndal	4640	46 Vestland	Sogndalsfjøra	1,6
Aurland	4641	46 Vestland	Aurlandsvangen	0,9
Lærdal	4642	46 Vestland	Lærdalsøyri	0,9
Årdal	4643	46 Vestland	Årdalstangen	1,6
Luster	4644	46 Vestland	Gaupne	2,1
Askvoll	4645	46 Vestland	Askvoll	1
Fjaler	4646	46 Vestland	Dale	1,4
Sunnfjord	4647	46 Vestland	Førde	1,2
Bremanger	4648	46 Vestland	Svelgen	1,9
Stad	4649	46 Vestland	Nordfjordeid	1,8
Gloppen	4650	46 Vestland	Sandane	1,2
Stryn	4651	46 Vestland	Stryn	1,7
Trondheim	5001	50 Trøndelag	Trondheim	1,2
Steinkjer	5006	50 Trøndelag	Steinkjer	1,7
Namsos	5007	50 Trøndelag	Namsos	2,7
Frøya	5014	50 Trøndelag	Sistranda	1
Osen	5020	50 Trøndelag	Steinsdalen	1,7
Oppdal	5021	50 Trøndelag	Oppdal	3,6
Rennebu	5022	50 Trøndelag	Berkåk	5,2
Røros	5025	50 Trøndelag	Røros	3,7
Holtålen	5026	50 Trøndelag	Ålen	4,2
Midtre Gauldal	5027	50 Trøndelag	Støren	1,7
Melhus	5028	50 Trøndelag	Melhus	1,6
Skaun	5029	50 Trøndelag	Børsa	1,2
Malvik	5031	50 Trøndelag	Hommelvik	1,2
Selbu	5032	50 Trøndelag	Mebonden	1,9
Tydal	5033	50 Trøndelag	Stugudalen	4,7
Meråker	5034	50 Trøndelag	Meråker	1,9
Stjørdal	5035	50 Trøndelag	Stjørdal	1,1

Frosta	5036	50 Trøndelag	Frosta	1,5
Levanger	5037	50 Trøndelag	Levanger	1
Verdal	5038	50 Trøndelag	Verdal	0,9
Snåsa	5041	50 Trøndelag	Snåsa	3,8
Lierne	5042	50 Trøndelag	Sandvika	7,3
Røyrvik	5043	50 Trøndelag	Røyrvik	10,5
Namsskogan	5044	50 Trøndelag	Namsskogan	7,1
Grong	5045	50 Trøndelag	Grong	3,6
Høylandet	5046	50 Trøndelag	Høylandet	4,4
Overhalla	5047	50 Trøndelag	Ranemsletta	3,3
Flatanger	5049	50 Trøndelag	Lauvsnes	2,5
Leka	5052	50 Trøndelag	Leka	2,2
Inderøy	5053	50 Trøndelag	Straumen	1,3
Indre Fosen	5054	50 Trøndelag	Årnset	1,5
Heim	5055	50 Trøndelag	Kyrksæterøra	1,9
Hitra	5056	50 Trøndelag	Fillan	2,3
Ørland	5057	50 Trøndelag	Brekstad	1,1
Åfjord	5058	50 Trøndelag	Årnes	2
Orkland	5059	50 Trøndelag	Orkanger	1,6
Nærøysund	5060	50 Trøndelag	Kolvereid	2,5
Rindal	5061	50 Trøndelag	Rindal	2
<hr/>				
Tromsø	5401	54 Troms og Finnmark	Tromsø	4,9
Harstad	5402	54 Troms og Finnmark	Harstad	4,5
Alta	5403	54 Troms og Finnmark	Alta	3,5
Vardø	5404	54 Troms og Finnmark	Vardø	5,7
Vadsø	5405	54 Troms og Finnmark	Vadsø	3,7
Hammerfest	5406	54 Troms og Finnmark	Hammerfest	6,5
Kvæfjord	5411	54 Troms og Finnmark	Borkenes	6,5
Tjeldsund	5412	54 Troms og Finnmark	Evenskjer	3,7
Ibestad	5413	54 Troms og Finnmark	Hamnvik	4,4
Gratangen	5414	54 Troms og Finnmark	Årstein	5,5
Lavangen	5415	54 Troms og Finnmark	Tennevoll	5,3
Bardu	5416	54 Troms og Finnmark	Setermoen	5,8
Salangen	5417	54 Troms og Finnmark	Sjøvegan	5,3
Målselv	5418	54 Troms og Finnmark	Moen	4,9
Sørreisa	5419	54 Troms og Finnmark	Sørreisa	5,7
Dyrøy	5420	54 Troms og Finnmark	Brøstadbotn	5,7
Senja	5421	54 Troms og Finnmark	Finnsnes	6,9
Balsfjord	5422	54 Troms og Finnmark	Storsteinnes	5,7
Karlsøy	5423	54 Troms og Finnmark	Hansnes	2,7
Lyngen	5424	54 Troms og Finnmark	Lyngseidet	5,2
Storfjord	5425	54 Troms og Finnmark	Hatteng	5,6
Gáivuotna	5426	54 Troms og Finnmark	Olderdalen	3,9
Skjervøy	5427	54 Troms og Finnmark	Skjervøy	6,7
Nordreisa	5428	54 Troms og Finnmark	Storslett	5,6
Kvænangen	5429	54 Troms og Finnmark	Burfjord	3,5
Kautokeino	5430	54 Troms og Finnmark	Kautokeino	2,6
Loppa	5432	54 Troms og Finnmark	Øksfjord	9,1
Hasvik	5433	54 Troms og Finnmark	Breivikbotn	3,5
Måsøy	5434	54 Troms og Finnmark	Havøysund	5,4

Nordkapp	5435	54 Troms og Finnmark	Honningsvåg	8,5
Porsanger	5436	54 Troms og Finnmark	Lakselv	2,8
Karasjok	5437	54 Troms og Finnmark	Karasjok	2,8
Lebesby	5438	54 Troms og Finnmark	Kjøllefjord	5,4
Gamvik	5439	54 Troms og Finnmark	Mehamn	4,2
Berlevåg	5440	54 Troms og Finnmark	Berlevåg	5,9
Tana	5441	54 Troms og Finnmark	Tana bru	3,3
Nesseby	5442	54 Troms og Finnmark	Varangerbotn	3,1
Båtsfjord	5443	54 Troms og Finnmark	Båtsfjord	5
Sør-Varanger	5444	54 Troms og Finnmark	Kirkenes	4,1



CONSORTIUM

Private sector

SKANSKA

MESTERHUS

Multiconsult

Finans Norge

SKJÆVELAND
GRUPPEN

NORGESHUS

Leca

isola

Public sector


Statens vegvesen


Noregs
vassdrags- og
energidirektorat

AVINOR


Jernbane-
direktoratet


STATSBYGG


TRONDHEIM KOMMUNE

Research & education

 SINTEF

 BI

 NTNU

 Meteorologisk
institutt

 NGI