

Robert Bjørnestøl

# Flomutsatte jordbruksarealer i norske kommuner

En GIS-studie

Masteroppgave i geografi

Trondheim, november 2016

Veileder: Jan Ketil Rød

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for samfunnsvitenskap og teknologiledelse  
Geografisk institutt





## **Abstract**

We are expected to experience a change in the earth's future climate. Among the expected effects of climate change, the increase in precipitation raises the most concern in Norway. An increase in precipitation can result in floods, and lead to agricultural land at risk of being damaged. This study has highlighted to what degree the agricultural land in Norwegian municipalities are exposed to floods. This is done by using zonal statistics to calculate how much of the agricultural land in each municipality that is situated in flood risk areas. Each municipality is rated and then ranked in an index with the relative degree of flood exposure. The index is based on a national flood risk map. It is the municipalities with the largest share of the agricultural land, situated in the flood risk areas, who gets the highest degree of exposure. The results show that the most exposed municipalities are situated around the country, and the municipalities who are most exposed are typically situated around the biggest rivers. Since the index is based on a national flood risk map, the information can be used to put attention on and lead to further discussion about where the most exposed agricultural land might be in the future. This can be done by doing more research on the identified exposed municipalities on a more local level.



## Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på studietiden ved NTNU. Arbeidet med oppgaven har vært en lang og utfordrende prosess, men det har også vært meget lærerikt å arbeide med en større oppgave over lengre tid.

Jeg vil først og fremst takke professor Jan Ketil Rød for konstruktive tilbakemeldinger og veiledning. Jeg vil også takke pappa, Gerhard Bjørnestøl, for korrekturlesing av oppgaven og resten av familie for støtte underveis. Ellers vil jeg takke alle som har gjort studietiden i Trondheim til en fin tid. Det rettes også en takk til Ole-Martin Axelsen og Magnus Eggum Vestli, for faglige diskusjoner og generell støtte underveis i skriveprosessen av masteroppgaven.

Robert Bjørnestøl

Trondheim, 18. november 2016



# Innholdsfortegnelse

<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>FORORD</b> .....	<b>V</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>IX</b>
<b>TABELLISTE</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 INTRODUKSJON</b> .....	<b>1</b>
1.1 INNLEDNING .....	1
1.2 PROBLEMSTILLINGER .....	3
1.3 TIDLIGERE FORSKNING .....	3
1.4 STRUKTUR.....	4
<b>2 BAKGRUNN</b> .....	<b>5</b>
2.1 BEGREPER .....	5
2.1.1 <i>Jordbruksarealer</i> .....	5
2.1.2 <i>Naturskadeordningene i Norge</i> .....	6
2.1.3 <i>Naturskade</i> .....	6
2.2 TEORETISK RAMMEVERK.....	7
2.2.1 <i>Ekstremværhendelse (Flom)</i> .....	7
2.2.2 <i>Sårbarhet</i> .....	8
2.2.3 <i>Utsatthet</i> .....	9
2.2.4 <i>Risiko for skade (naturskade)</i> .....	10
2.2.5 <i>Resiliens</i> .....	11
2.2.6 <i>Hvorfor måle utsatthet?</i> .....	11
2.2.7 <i>Hvordan måle utsatthet?</i> .....	13
2.2.8 <i>Utfordringer med indekser</i> .....	15
2.2.9 <i>Om å presentere indeks på kart</i> .....	17
<b>3 METODE</b> .....	<b>19</b>
3.1 INNSAMLING AV DATA.....	19
3.2 DATASETT .....	20
3.2.1 <i>Flomsone og flomaktsomhet</i> .....	20
3.2.2 <i>Jordbruksarealer</i> .....	22
3.2.3 <i>Kommunegrenser</i> .....	23
3.2.4 <i>Vassdrag</i> .....	24
3.2.5 <i>Naturskadedata</i> .....	24
3.3 GEOGRAFISK INFORMASJONSSYSTEM (GIS) .....	24
3.3.1 <i>Digital kartografisk data</i> .....	24
3.4 DATAPROESSERING .....	26

3.4.1	Vektorprosessering.....	27
3.4.2	Rasterprosessering.....	30
3.5	KARTALGEBRA.....	37
3.5.1	Sonale kartalgebrafunksjoner .....	37
3.6	FLOMUTSATTHETSINDEKS .....	38
3.7	FREMSTILLING AV KART.....	41
3.8	VALIDERING.....	45
3.9	SAMMENLIGNING AV AR50 OG AR5 .....	46
<b>4</b>	<b>RESULTATER.....</b>	<b>51</b>
4.1	ANDEL JORDBRUKSAREAL.....	51
4.2	ANDEL FLOMAKTSOMHETSSONEAREAL.....	52
4.3	FLOMUTSATTHETSINDEKS (1).....	53
4.3.1	Utvalgte kommuner .....	55
4.3.2	Båtsfjord og Tana kommune.....	56
4.3.3	Karasjok og Kautokeino kommune.....	57
4.3.4	Herøy kommune.....	57
4.3.5	Modalen og Lindås kommune.....	57
4.3.6	Sund kommune .....	57
4.3.7	Lørenskog kommune.....	58
4.3.8	Seks kommuner i nordlige Hedmark og østre del av Oppland .....	58
4.4	FLOMUTSATTHETSINDEKS (2).....	66
4.5	SAMMENLIGNING AV FLOMUTSATTHETSINDEKS (1) OG (3) .....	68
4.6	VALIDERING AV FLOMUTSATTHETSINDEKS (1).....	71
<b>5</b>	<b>DISKUSJON .....</b>	<b>73</b>
5.1	FORSØK PÅ OG UTFORDRINGER MED Å GENERERE EN FLOMUTSATTHETSINDEKS.....	73
5.2	HVILKE KOMMUNER ER DE MEST UTSATTE? HVORFOR ER NOEN KOMMUNER UTSATTE?.....	75
5.3	KAN FORSIKRINGSDATA BRUKES FOR Å VALIDERE FLOMUTSATTHETSINDEKSEN OVER HVOR UTSATTE JORDBRUKSAREALER I NORSKE KOMMUNER ER? .....	77
<b>6</b>	<b>AVSLUTNING .....</b>	<b>79</b>
	<b>LITTERATURLISTE .....</b>	<b>81</b>
	<b>VEDLEGG A: FAKTORVERDI.....</b>	<b>89</b>



## Figurliste

Figur 2.1: Oversikt og sammenheng mellom sentrale begreper (IPCC, 2012).....	7
Figur 3.1: 200-års flomsonekartlegging i Norge.....	21
Figur 3.2: Flomaktsomhetskartlegging i Norge.....	22
Figur 3.3: Utbredelse av Jordbruksarealene i AR50.....	23
Figur 3.4: Digital representasjon av vektor- og rastermetoden.....	26
Figur 3.5: Arbeidsflytdiagram over vektoroperasjonene i oppgaven.....	27
Figur 3.6: Steg én av vektoroperasjonene.....	28
Figur 3.7: Steg to av vektoroperasjonene.....	28
Figur 3.8: Steg tre av vektoroperasjonene.....	29
Figur 3.9: Steg fire av vektoroperasjonene.....	30
Figur 3.10: Arbeidsflytdiagram over rasteroperasjonene i oppgaven.....	30
Figur 3.11: Steg én av rasteroperasjonene.....	31
Figur 3.12: Valgene som er gjort ved polygon-til-raster konvertering.....	31
Figur 3.13: Prinsippskisse over celleinndelingsmetodene celsesenter og arealdominans.....	32
Figur 3.14: Steg to av rasteroperasjonene.....	33
Figur 3.15: Prinsippskisse over reklassifisering av flomaktsomhetsrasteret.....	34
Figur 3.16: Del én av det tredje og siste steget av rasteroperasjonene.....	35
Figur 3.17: Del to av det tredje og siste steget av rasteroperasjonene.....	35
Figur 3.18: Prinsippskisse ved bruk av verktøyet "times".....	36
Figur 3.19: De fire kartalgebrafamiliene lokale, fokale sonale og globale.....	37
Figur 3.20: Prinsippskisse over sonale kartalgebrafunksjoner.....	38
Figur 3.21: Situasjonen som studeres i VulClim, og i denne oppgaven.....	39
Figur 3.22: Prinsippskisse over hvordan flomutsatthetsindeks (1) er fremstilt.....	40
Figur 3.23: Klasseinndelingsmetoden som er valgt til flomutsatthetsindeks (1).....	42
Figur 3.24: Klasseinndelingsmetoden som er valgt til flomutsatthetsindeks (3).....	43
Figur 3.25: Klasseinndelingsmetoden som er valgt til flomutsatthetsindeks (2).....	43
Figur 3.26: Forholdet mellom jordbruksarealer i AR50 og AR5 i Ringsaker kommune.....	47
Figur 3.27: Forholdet mellom jordbruksarealer i AR50 og AR5 i Grimstad kommune.....	48
Figur 3.28: Forholdet mellom jordbruksarealer i AR50 og AR5 i Båtsfjord kommune.....	49
Figur 4.1: Prosentandel jordbruksareal i forhold til totalt landareal i kommunene.....	51
Figur 4.2: Prosentandel flomaktsomhetskoneareal i forhold til totalt landareal i kommunene.....	52
Figur 4.3: Flomutsatthetsindeks (1).....	54

Figur 4.4: De 15 utvalgte kommunene.....	55
Figur 4.5: Spredningen av kommunene i flomutsatthetsindeks (1).....	56
Figur 4.6: Båtsfjord og Tana kommune .....	59
Figur 4.7: Karasjok og Kautokeino kommune .....	60
Figur 4.8: Herøy kommune. ....	61
Figur 4.9: Modalen og Lindås kommune .....	62
Figur 4.10: Sund kommune .....	63
Figur 4.11: Lørenskog kommune .....	64
Figur 4.12: Seks kommuner i nordlige Hedmark og østre deler av Oppland.....	65
Figur 4.13: Flomutsatthetsindeks (2). ....	66
Figur 4.14: Spredningen av kommunene i flomutsatthetsindeks (2). ....	67
Figur 4.15: Flomutsatthetsindeks (3) .....	69
Figur 4.16: Spredningen av kommunene i flomutsatthetsindeks (3) .....	70
Figur 4.17: Hvordan flomutsatthetsindeks (1) og flomutsatthetsindeks (3) korrelerer.....	70
Figur 4.18: Hvordan flomutsatthetsindeks (1) og erstatning per innbygger korrelerer. ....	71

## **Tabelliste**

Tabell 3.1: Oversikt over datasett brukt i oppgaven. ....	19
---	----



# 1 Introduksjon

## 1.1 Innledning

De menneskeskapte klimautslippene vil føre til en endring av jordens klima. Dette vil også påvirke oss i Norge. Selv om det er usikkerhet ved klimafremskrivningene, hevdes det av forskere, at klimaendringene i Norge i fremtiden, blant annet vil medføre høyere gjennomsnittstemperatur, mer nedbør og mer ekstremvær. Disse endringene kan føre til et «varmere, våtere og villere klima» (Johannessen, 2005). Blant de forventende klimaendringene er det vannet som tilegnes mest bekymring (Hanssen-Bauer m. fl., 2015). I Norge har nedbøren økt de siste hundre årene, hvor økningen har vært størst de siste tjue årene. Nedbøren er i hovedsak med på å bestemme hvor vidt det oppstår flom i ett vassdrag (snøsmeltning har også betydning). Dette kan føre til skader på blant annet bygninger og infrastruktur. (Fergus m. fl., 2010).

Jordbrukssektoren forventes å bli berørt av klimaendringene. Hvilken konsekvens vil en økende mengde nedbør og resulterende flom ha for jordbruket i Norge? På den ene siden beskrives en fremtid hvor økt flomfare kan føre til utfordringer for jordbruket. Det er fare for erosjon av matjordlaget og avlinger kan bli påvirket av vannmengdene. Dette kan igjen føre til at bøndene mister inntekter som følge av at arealene blir uegnet til dyrkning (Hanssen-Bauer m. fl., 2015; Sæterbakk, 2015). På den andre siden vil det ikke bare være negative konsekvenser for jordbrukssektoren som følge av et endret klima. For Norge sin del trekkes det fram at et varmere klima blant annet vil ha en positiv effekt på avlinger, og resultere i at vekstsesongen blir lengre (O'Brien m. fl., 2006). Vannet i seg selv kan også være positivt for jordbruksarealene, da dette kan bringe med seg næring til jorda. For jordbruket tegnes det altså positive og negative følger av et endret klima i fremtiden. Denne oppgaven vil fokusere på de negative aspektene med klimaendringene, gjennom å belyse flomutsatte jordbruksarealer.

Norge er et langstrakt land med en varierende topografi hvor effektene av klimaendringer varierer geografisk. Dette gjelder også flommer, da disse er forskjellige i ulike deler av landet (Skarbøvik m. fl., 2015). En kartlegging av flomutsatte jordbruksområder på det nasjonale nivået er relevant, siden tap og skade på jordbruksarealer er en aktuell problemstilling, og kan bli enda mer aktuell i fremtiden på grunn av de forventende klimaendringene. Hvis prognosene

om mer nedbør slår til kan dette være med på å øke skadene, og tap av jordbruksarealer. I Norge er det ofte fokus på den fysiske strukturen og hvilke økonomiske konsekvenser nedbør og flom har på bygninger og infrastruktur, men det er fra politisk hold et økt fokus på jordbruket (Skarbøvik m. fl., 2015). Et av de uttalte landbrukspolitiske målene handler om økt matsikkert (Meld. St. nr. 9 (2011-2012), 2011). Norge har lite jordbruksareal totalt sett. Av Norges totale landareal er det omkring 3 % som er dyrket mark, inkludert overflatedyrket jord og innmarksbeite. I absolutte tall representerer disse 3 % ca. 10 millioner dekar (Regjeringen, 2016). I henhold til matsikkerheten kan en økende mengde nedbør og flom i fremtiden påvirke de politiske målene om økt matsikkerhet. I stortingsmeldingen «velkommen til bords» legges det fram:

*«Matproduksjon fra land og sjø basert på bærekraftig bruk av våre nasjonale ressurser er et fundament for matsikkerheten. Statistisk sentralbyrå anslår at det vil bli 20 pst. flere innbyggere i Norge de neste 20 årene. Det skal legges til rette for at den landbaserte matproduksjonen kan øke i takt med etterspørselen til en økende befolkning i Norge. De tre viktigste forutsetningene for nasjonal matsikkerhet er kontinuerlig produksjon av mat, ivaretagelse av produksjonsgrunnlaget og et velfungerende handelssystem» (Meld. St. nr. 9 (2011-2012), 2011:11).*

På bakgrunn av forutsetningen om å ta vare på produksjonsgrunnlaget, kan man argumentere for at de knappe arealene med jordbruksressurser i Norge må bevares. Derfor er fokuset på hvor de mest utsatte jordbruksarealene befinner seg av samfunnsmessig interesse. I tillegg til målet om å bevare de knappe jordbruksarealene, finnes det også økonomiske interesser. I 2015 ble det utbetalt i overkant av 111 millioner kroner i erstatning på skader fra naturskadefondet (Landbruksdirektoratet, udatert). En reduksjon av utbetalinger kan sies å være av samfunnsmessig interesse.

En studie på det lokale nivået er relevant da effektene av klimaendringene ikke nødvendigvis trenger å ha en dramatisk betydning nasjonalt. På den andre siden kan effektene ha større betydning på det lokale nivået. Informasjon rundt effektene er nyttig da det kan redusere risikoen rundt hendelser. Siden kommunene kan bli ulikt berørt, er det nyttig å identifisere de

geografiske forskjellene (Birkmann, 2007; O'Brien m. fl., 2003). Kommunene har en viktig rolle når det kommer til å sikre og forebygge naturskader, da kommunene er ansvarlig for at naturfarer blir tatt hensyn til i arealplanleggingen (Meld. St. nr. 33 (2012-2013), 2013). Det er lovfestet at kommunene, sammen med fylkesmannen, har ansvaret for tilrettelegging av jordbruket (Jordloven, 1995). Hvis en flomhendelse ender med skader på jordbruksarealer kan dette få økonomiske følger. Økt oppmerksomhet rundt dette temaet kan være med å styrke klimatilpasningen i kommunene og identifisere hvilke kommuner som kan være utsatt. På bakgrunn av dette kan det hevdes at det er viktig å vite hvor utsatte jordbruksarealer i norske kommuner er for flom, og hvilke kommuner som er mest utsatte.

## **1.2 Problemstillinger**

Temaet for denne oppgaven er flomutsatte norske jordbruksarealer. Målsetningene til denne oppgaven er å identifisere i hvilken grad norske kommuners jordbruksarealer er flomutsatte. Studien har også som mål å validere funn ved bruk av forsikringsdata. Oppgaven søker etter å belyse følgende:

- Forsøk på og utfordringer med å generere en flomutsatthetsindeks.
- Hvilke kommuner er de mest utsatte? Hvorfor er noen kommuner utsatte?
- Kan forsikringsdata brukes for å validere flomutsatthetsindeksen over hvor utsatte jordbruksarealer i norske kommuner er?

## **1.3 Tidligere forskning**

Det er tidligere gjennomført undersøkelser for å kartlegge hvor sårbare norske steder er for ekstremhendelser, som kan relateres til klimaendringer. Forskningsprosjektet «The geography of social vulnerability, environmental hazards and climate change» (VulClim), ved NTNU, ble avsluttet i 2012, og hadde som målsetning å beskrive metoder og kartlegge norske steders sårbarhet ovenfor klimarelaterte ekstremhendelser. Det ble konstruert indekser for sosial sårbarhet i norske kommuner og grunnkretser i Trøndelag. Indeksen for sosial sårbarhet ble integrert med indekser for hvor utsatte de samme stedene er for flom, ras og storm. Forsikringsdata ble brukt for å validere de integrerte indeksene (Bye m. fl., 2013). NORD-STAR-senteret (NORDic Strategic Adaptation Research) har også forsket på lokalsamfunn og stedenes utsatthet og sårbarhet, for klimarelaterte hendelser. Dette er en videreføring av VulClim (Bye m. fl., 2013). Community adaptation and vulnerability in Norway

(NORDADAPT) er et annet forskningsprosjekt som også studerer sårbarhetskartlegging av steder i Norge. Denne studien har fokus på tilpasning og sårbarhet i norske kommuner, samt hva slags kunnskap kommunene har, og trenger, for å tilpasse seg effekter av klimaendringer (Bye m. fl., 2013). Det som blant annet kjennetegner disse studiene er at de tar for seg en integrert sårbarhetskartlegging, blant annet ved først å måle den sosiale sårbarheten, for så å integrere den med farer som flom, ras og storm.

En annen relevant undersøkelse er en sårbarhetskartlegging utført av O'Brien m. fl. (2003), Denne tar for seg klimatiske forhold som har særlig betydning for skiturismen og jordbrukssektoren i Norge. Konklusjonen er blant annet at denne informasjonen kan være nyttig som et utgangspunkt i en klimadiskusjon.

Min oppgave bygger videre på metodikken utarbeidet i nevnte VulClim, og er tilknyttet forskningsprosjektet ClimRes (Climate change and natural hazards: the geography of community resilience in Norway). Prosjektet har som mål å undersøke hvordan «community resilience» viser seg i norske lokalsamfunn, i relasjon til klimarelaterte naturhendelser. Norge som nasjon regnes å kunne håndtere de fremtidige klimaendringene mer robust enn andre nasjoner. Derimot viser forskning at effektene av klimaendringer vil variere mellom regioner og kommuner innad i Norge (ClimRes, udatert). Et av delprosjektene tar for seg hvordan man kan visualisere «community resilience». Det er dette delprosjektet denne masteroppgaven vil være tilknyttet.

#### **1.4 Struktur**

Oppgaven er strukturert slik at det i kapittel én presenteres en innledning, avgrensning av tema, problemstillingene som skal belyses i oppgaven og tidligere forskning. I kapittel to vil bakgrunn og det teoretiske rammeverket bli presentert. I kapittel tre presenteres innsamling av data, hvilke datasett som er brukt, prosesseringen av datasettene og den metodiske tilnærmingen. I kapittel fire blir resultatene lagt frem. I Kapittel fem diskuteres og belyses problemstillingene i oppgaven, før avslutning av oppgaven blir presentert i kapittel seks.



## 2 Bakgrunn

I dette kapittelet vil det først bli redegjort for hva som menes med jordbruksarealer, naturskadeordningene i Norge og hva begrepet naturskade er. Deretter vil begrepene som behøves for å forstå risiko for naturskade og hvordan disse henger sammen bli presentert. I tillegg til en kort presentasjon av begrepet resiliens. Videre legges det fram hvorfor og hvordan utsatthet kan undersøkes. Avslutningsvis legges det fram om utfordringer med å plassere undersøkelser av utsatthet på et kart.

### 2.1 Begreper

I delen under presenteres hva som menes med jordbruksarealer, naturskadeordningene i Norge og naturskade.

#### 2.1.1 Jordbruksarealer

Definisjon av jordbruksarealer tar utgangspunkt i NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi) sin beskrivelse av jordbruksarealer. NIBIO ble opprettet 1. juli 2015. Det er en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning og Norsk institutt for skog og landskap (NIBIO, 2015).

Jordbruksarealer blir av NIBIO beskrevet som areal som er «sterkt kulturpåvirkta mark, med permanent vegetasjonsdekke (eng/beite) eller periodisk vegetasjonsdekke (åker)» (Ahlstrøm m. fl., 2014:7). Jordbruksarealene blir klassifisert avhengig av hvilken tilstand arealet har og blir deretter gruppert inn i klassene fulldyrka jord, overflatedyrka jord og innmarksbeite. De ulike tilstandene handler om i hvilken grad jordbruksarealet er opparbeidet. Fulldyrka jord er arealer som er «dyrka til vanlig pløyedybde, og kan benyttes til åkervekster eller til eng, og som kan fornyes ved pløying» (Ahlstrøm m. fl., 2014:7). Overflatedyrka jord er «jordbruksarealer som for det meste er rydda og jevna i overflata, slik at maskinell høstning er mulig» (Ahlstrøm m. fl., 2014:7). Innmarksbeite blir beskrevet som «jordbruksareal som kan benyttes som beite, men som ikke kan høstes maskinelt. Minst 50 % av arealet skal være dekt av godkjente grasarter eller beitetålende urter» (Ahlstrøm m. fl., 2014:7). Klassifiseringen av arealene blir for det første bestemt gjennom bildetolkning, hvor det er tilstanden arealene har på fotograferingstidspunktet som avgjør hvilken klasse arealene blir tildelt. For det andre, hvis det

gjøres befaringer i felt, er det den observerte arealtilstanden som skal registreres. Det påpekes av Ahlstrøm m. fl., (2014), at det sees bort ifra hva arealene brukes til når klasseinndelingen skjer. Et eksempel som trekkes fram, er hvis et areal med fulldyrka jord brukes til innmarksbeite, blir det av NIBIO fremdeles klassifisert som fulldyrka jord, siden tilstanden er den samme, selv om bruksområdet er forandret (Ahlstrøm m. fl., 2014).

### **2.1.2 Naturskadeordningene i Norge**

Ordningen som administrerer naturskadeerstatningene i Norge er Norsk Naturskadepool. I Norge er bygninger og løsøre automatisk forsikret mot naturskade, hvis det tegnes forsikring mot brann. Dette står skrevet i naturskadeforsikringsloven. Alle forsikringsselskaper som tilbyr brannforsikring skal være medlem av Norsk Naturskadepool. Ordningen sørger for at det settes av en liten andel av brannforsikringspenger til naturskade. Det er kun erstatning på bygg og løsøre som dekkes av Norsk Naturskadepool (Norsk Naturskadepool & Statens naturskadefond, 2016; Norsk Naturskadepool, 2016a).

Hvis det skjer skade på objekter som ikke kan forsikres på vanlig måte, er det mulig å søke erstatning gjennom Statens Naturskadefond. Rød (2013) hevder at ifølge Prytz (2010) har Norge en av de beste naturskadeforsikringsordningene, på bakgrunn av Norsk Naturskadepool og Statens naturskadefond. Jordbruksarealer faller utenfor ordningen Norsk Naturskadepool, men hvis det skjer en skade på disse arealene, er det mulig å søke erstatning gjennom Statens naturskadefond (Norsk Naturskadepool & Statens naturskadefond, 2016; Norsk Naturskadepool, 2016a).

Ved en skade på jordbruksarealene som fører til tapt avling, er det også mulig å søke erstatning for avlingssvikt gjennom avlingssviktordninga. Denne ordningen blir også forvaltet av Landbruksdirektoratet, i likhet med Statens naturskadefond (Landbruksdirektoratet, 2016).

### **2.1.3 Naturskade**

En naturskade er en skade som følge av enten «skred, storm, flom, stormflo, jordskjelv eller vulkanutbrudd» (Norsk Naturskadepool, 2016a). I denne oppgaven er det kun skade som følge av flom som omtales. For at en skade som følge av flom skal kunne omtales som en naturskade,

og kunne erstattes av Norsk Naturskadepool, må vannføringen i elven være uvanlig stor. Norsk Naturskadepool omtaler at det grunnleggende kriteriet for at en skade kan kalles en naturskade som følge av flom, er «når et vassdrag oversvømmer sitt naturlige tverrsnitt og flommer utover» (Norsk Naturskadepool, 2016b). Det kan også betegnes som en naturskade som følge av flom, hvis skaden skjer på bakgrunn av en uvanlig naturlig avrenning, som igjen fører til at det dannes villbekker i terrenget. Derimot, hvis det er mye nedbør, og det skjer en vanninntrenging hvor vannet ikke stammer fra et vassdrag, blir ikke dette sett på som en naturskade (Norsk Naturskadepool & Statens naturskadefond 2016).

## 2.2 Teoretisk rammeverk

Det teoretiske rammeverket i oppgaven tar utgangspunkt i FNs klimapanelers rapport: *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change*, som ble utgitt i 2012 (IPCC, 2012). I rapporten legges det frem en forståelse av at sammenhengen mellom ekstremværhendelser



(engelsk: weather and climate events), sårbarhet (engelsk: vulnerability) og utsatthet (engelsk: exposure) påvirker risiko for skade (engelsk: disaster risk). Sammenhengen mellom disse begrepene er visualisert i figur 2.1. I delen under vil de ulike begrepene og sammenhengen mellom disse bli redegjort for.

### 2.2.1 Ekstremværhendelse (Flom)

Det første begrepet som er med på å påvirke risiko for skade blir i rapporten av IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) beskrevet som, «weather and

Figur 2.1: Oversikt og sammenheng mellom sentrale begreper (IPCC, 2012).

climate events», og blir beskrevet som ekstreme hendelser (se figur 2.1) (IPCC, 2012). I den norske oversettelsen av rapporten står det at en ekstremværhendelse er, «forekomsten av en vær- eller en klimavariabel over (eller under) en grenseverdi som ligger nær de øvre (eller nedre) grensene for de historiske observerte variablene» (Klima- og forurensingsdirektoratet, 2012:7).

Sagt på en annen måte er dette en ekstremværhendelse som oppstår sjeldent. Et eksempel på en slik hendelse kan være flom.

En flom er en situasjon som oppstår når vannstanden i en elv går over det som er normalt. En generell definisjon av flom kan beskrives som en relativ høy vannføring som overstiger, eller går utover, de naturlige breddene på en elvestrekning. En slik definisjon er nyttig da den er med på å bestemme hvilken vannstand som er faretruende, og som kan utløse tiltak for bedre sikring av elvene, og dermed forhindre mulige skader (NOU, 1996:16, s.38-39). Dette er den generelle beskrivelsen av hva en flom er. Siden forsikringsdata fra Norsk Naturskadepool skal brukes i oppgaven, må flomdefinisjonen til Norsk Naturskadepool belyses. Flom blir av Norsk Naturskadepool definert som vann som stammer «fra elver, bekker eller andre typer vassdrag som går utover sine bredder» (Norsk Naturskadepool & Statens naturskadefond, 2016:4).

I denne oppgaven handler det i hovedsak om oversvømmelser som oppstår i vassdrag, og i sjø og innsjø. I denne forbindelse er det naturlig å nevne at jordbruksarealer potensielt sett kan bli oversvømmet som følge av andre årsaker. Eksempelvis kan jordbruksarealer bli oversvømmet som følge av styrtregn (Johannessen, 2015).

I tillegg til disse definisjonene blir flommer også beskrevet statistisk ved bruk av begrepet gjentaksintervall. Gjentaksintervall beskriver antall år som det i gjennomsnitt går mellom hver gang en bestemt flomstørrelse inntreffer. Dette målet identifiseres ved å summere alle år hvor vannstanden har vært høyere enn et gitt nivå, for deretter å dele denne summen på det totale antallet år som er med i beregningen (Fergus m. fl., 2010). Gjentaksintervallene deles inn i 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500-, og 1000-årsflommer (NOU, 1996:16, s.62). For eksempel forekommer i gjennomsnitt en 200-årsflom hvert tohundrede år, men det kan samtidig oppstå flere 200-årsflommer i det samme året, selv om sannsynligheten for at dette skjer ikke er stor (Fergus m. fl., 2010).

### **2.2.2 Sårbarhet**

Det neste begrepet i figur 2.1, som har en sammenheng med risiko for skade, er sårbarhet. Begrepet sårbarhet har mange ulike definisjoner og betydninger (Tate m. fl., 2010). Av Cutter

m. fl. (2000) er sårbarhet beskrevet som potensialet for tap av liv og eiendom, som følge av en naturhendelse. I den tredje hovedrapporten til FNs klimapanel blir sårbarhet generelt beskrevet som tilbøyeligheten, eller den forhåndsbestemte mottakeligheten, til å bli negativt berørt (Lavell m. fl., 2012). Hvis begrepet settes i kontekst med håndtering av naturskade (engelsk: disaster risk management), handler begrepet om karakteristikken til en person eller til en gruppe mennesker som er med på å påvirke kapasiteten personen eller gruppen har til å forutse, håndtere, stå imot og hente seg inn etter uønskede resultater som følge av naturhendelser (Lavell m. fl., 2012). I FN klimapanelers rapporter som ble gitt ut før den tredje hovedrapporten ble sårbarhet definert på følgende måte:

*«the degree to which a system is susceptible to and unable to cope with adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate change and variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity» (Lavell m. fl., 2012:33).*

Denne definisjonen av sårbarhet inkluderer utsatthet som en direkte del av sårbarhetsbegrepet, mens de sosiale årsakene består av ømfintlighet og tilpasningskapasitet (Lavell m. fl., 2012). Det var først i og etter den tredje hovedrapporten at definisjonen av sårbarhet ble utvidet til å også omhandle sosial sårbarhet (Carter m. fl., 2007). Her blir altså sårbarhet definert slik at den sosiale konteksten blir fremhevet direkte og sårbarheten er uavhengig av de fysiske hendelsene (Lein, 2013). Den sosiale sårbarheten er beskrevet av Cutter m. fl. (2000) som en sosial gruppes mottakelighet, motstandsevne og innhentingsevne etter en naturhendelse. De sosiale prosessene er med på å øke eller minske sårbarheten, og det er de strukturene vi er del av, som i stor grad bestemmer i hvilken grad noen mennesker eller grupper er mindre eller mer sårbar (Lein, 2013).

### **2.2.3 Utsatthet**

Det tredje og siste begrepet som er med på å påvirke risiko for skade er utsatthet (se figur 2.1). Utsatthet blir også betegnet som eksponering, men i denne oppgaven er det utsatthet som blir brukt som beskrivelse. I FN klimapanelers tredje hovedrapport blir utsatthet sett på som tilstedeværelsen av ulike elementer i et område som kan bli negativt berørt av en naturhendelse, og derfor oppleve fremtidige skade eller økonomiske tap (IPCC, 2012). I den norske

oversettelsen av rapporten blir utsatthet beskrevet som: «nærværet av mennesker, livsgrunnlag, miljømessige tjenester og ressurser, infrastruktur, eller økonomiske, sosiale eller kulturelle aktiva på steder som kan bli negativt berørt» (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2012:7). Ifølge Cardona m. fl., (2012) blir ofte bruken av begrepet utsatthet slått sammen med begrepet sårbarhet, men dette er feil. Det påpekes at disse to begrepene må sees på som to separate begreper. Eksempelvis er det er mulig å være utsatt, men samtidig ikke være sårbar. På den annen side, hvis noe er sårbart, krever det at dette er utsatt. Et eksempel på å være utsatt, er hvis mennesker er bosatt på en elveslette. Selve lokaliseringen på elvesletten gjør at menneskene er utsatt for å bli rammet av en flomhendelse, men dette betyr ikke det samme som at menneskene er sårbare. Hvis det er en tilstrekkelig grad av ressurser til stede er det mulig å håndtere de negative effektene av en flomhendelse (Cardona m. fl., 2012).

#### **2.2.4 Risiko for skade (naturskade)**

De tre nevnte begrepene, ekstremværhendelse, sårbarhet og utsatthet er alle påvirket av flere faktorer «deriblant menneskeskapte klimaendringer, klimaets naturlige variabilitet og sosioøkonomisk utvikling» (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2012:5). De er alle med på å påvirke risiko for skade (se figur 2.1). Hva som menes med risiko for skade er basert på forståelsen hvor risiko for skade må sees på som «potensialet for skade fra en hendelse som en kombinasjon av naturfare, eksponering og sårbarhet» (Lein, 2013:26). Sannsynligheten for at det skal skje en skade må altså sees i sammenheng med ekstremværhendelsen, sårbarheten og utsattheten. Hvis det for eksempel skjer en flomhendelse vil størrelsen på flommen i sammenheng med hvor utsatte de rammede arealene er, være med på å bestemme risikoen for at utfallet skal bli en skade. Samtidig vil sårbarheten til befolkningen, som for eksempel i hvilken grad befolkningen klarer å lede vannet vekk fra arealene, også spille inn på den totale risikoen for skade. Tobin & Montz (2009) fremhever at selv om historiske data brukes til å forutse hva som vil skje i fremtiden, som data over fremtidige flommer, gir ikke dette noe svar på konsekvensene av slike hendelser. For å kunne representere naturfarer fullstendig er det derfor nødvendig å ha med informasjon om sårbarhet og håndteringsstrategier i analysen. De fysiske og sosiale prosessene må inkluderes i analysen for å få et fullstendig bilde av risiko.

Risiko for skade handler i denne oppgaven mer spesifikt om risiko for naturskade. Dette er fordi oppgaven fokuserer på å identifisere oversvømte jordbruksarealer, og disse kan føre til

naturskade på jordbruksarealene. I IPCC sin rapport brukes begrepet katastrofe fremfor naturskade, men ifølge Askheim (2013) har det ikke forekommet katastrofer i Norge i nyere tid, og Lein (2013) påpeker også at det er vanlig at begrepet naturskade fremfor katastrofe brukes i norsk sammenheng. Dette er fordi en katastrofe er «en alvorlig hendelse som følge av en fysisk hendelse som i samspill med sosial sårbarhet gir store sosiale, økonomiske og/eller miljømessige konsekvenser» (Lein, 2013:25). Dette forekommer sjeldent i Norge. På bakgrunn av dette brukes naturskade fremfor katastrofe i denne oppgaven. I andre samfunn er det mer korrekt å omtale det som katastrofer, da samfunnene har større utfordringer med å håndtere, og hente seg inn igjen etter naturhendelser. Denne evnen blir omtalt som resiliens.

### **2.2.5 Resiliens**

Det har i senere tid vært et skifte fra å konsentrere seg om sårbarhet, til å konsentrere seg om resiliens (Cutter m. fl., 2008) Resiliens kan grovt sett bli omtalt som evnen et system har til å hente seg inn igjen og forbedre seg, etter at en katastrofe har inntruffet. Resiliens blir av Cutter m. fl., (2008) beskrevet som:

*«Resilience is the ability of a social system to respond and recover from disasters and includes those inherent conditions that allow the system to absorb impacts and cope with an event, as well as post-event, adaptive processes that facilitate the ability of the social system to re-organize, change, and learn in response to a threat» (Cutter m. fl., 2008:599).*

Sårbarhetsbegrepet handler om egenskapene til et system før en hendelse inntreffer, mens resiliens handler om egenskapene til et system etter en hendelse har inntruffet (Cutter m. fl., 2008).

### **2.2.6 Hvorfor måle utsatthet?**

Håndteringen av risiko for skade kan gjøres ved å fokusere på å redusere utsatthet og sårbarhet, og dermed øke motstandsevnen når ekstremværhendelser inntreffer (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2012). Det er derfor viktig å påpeke at det i denne oppgaven er gjort en avgrensning. Det er kun sett på hvor utsatte norske kommuners jordbruksarealer er for flom. Det er på den annen side ikke undersøkt noe om sosial sårbarhet i forbindelse med flom på

jordbruksarealer. Det er heller ikke undersøkt for eksempel i hvilken grad jordbruket eller bøndene er mottakelige, har motstandsevne eller innhentingsevne etter flomhendelser på jordbruksarealer. Det er kun undersøkt, eller målt, i hvilken grad jordbruksarealer kan bli negativt berørt ved en oversvømmelse av arealene. I dette er også eventuelle skredhendelser ikke med i analysen. Skred kan oppstå som følge av mye vann på jordbruksarealene, men dette er ikke med i analysen.

Ifølge Brooks (2003) gjør forståelsen av at begrepet sårbarhet består av sosial sårbarhet og fysisk sårbarhet (utsatthet), at det er mulig å si at utsatthet, på samme måte som risiko, setter fokuset på problemstillinger rundt følger av risiko. Dette blir på engelsk omtalt som «outcome risk». Brooks (2003) hevder videre at det å undersøke utsatthet er det samme som å undersøke følger av risiko. Naturskade kan være en følge, eller en konsekvens, av risiko. Ifølge French (2009) handler risiko om anstrengelsen etter å bekjempe usikkerhet. En identifikasjon av utsatte områder kan være med på å bekjempe usikkerhet. Risiko kan deles i to. I tilknytning til flom handler den temporale distribusjonen om gjentakintervall (frekvens) og sesongvariasjon (vår/høst-flom), mens den geografiske distribusjonen handler om den geografiske plasseringen og hvilken skala analysen foregår på (kommuner). Ved å kombinere de geografiske mønstrene med de temporale mønstrene, vil det være enklere å beregne hvor risikoen kan oppstå. Denne informasjonen kan være med på å bidra til å kontrollere risiko (French, 2009).

Identifikasjon og måling av de mest utsatte/sårbare områdene og befolkningsgruppene før en naturhendelse har inntruffet, er ifølge Birkmann (2006; 2007) viktig med tanke på håndtering og reduksjon av risiko. På den andre siden er det lokalsamfunnene som har det primære ansvaret i å finne flere effektive metoder for å redusere risiko og sårbarhet (Birkmann, 2006). I denne konteksten er arealbruk og arealplanlegging viktig. Naturen gir oss mennesker tilgang på ressurser, men disse ressursene kan være lokalisert på steder som er utsatte. Den fruktbare jorden som egner seg til jordbruksaktiviteter, befinner seg ofte på elvesletter som har en iboende risiko, da det i disse områdene kan oppstå flomhendelser. Selv om det kan være vanskelig å hindre at flomhendelser fører til naturskader, er det gjennom arealplanleggingen mulig å forebygge eller dempe risiko, ved bruk av erosjonsforebyggende tiltak, og fangdammer for vann som eksempel (Tobin & Montz, 2009; Skarbøvik m. fl., 2015). Ifølge Cutter m. fl., (2002) er et av de mest sentrale spørsmålene i geografifaget relevansen til likheter og ulikheter mellom



steder, og hvorfor denne informasjonen er viktig. I disse undersøkelsene er skala definert på forhånd, som for eksempel undersøkelser på kommunenivå, og hvis det da oppdages mønstre eller trender på den forhåndsbestemte skalaen kan dette innebære at det er mulig å generalisere, og overføre denne kunnskapen fra et sted til et annet. Denne kunnskapen kan for eksempel være hva som gjør et lokalsamfunn mer utsatt enn et annet. Kunnskapen som oppnås om et sted kan da videreføres eller sammenlignes med andre steder. Denne informasjonen kan være relevant i henhold til avgjørelser eller for politiske planer (Cutter m. fl., 2002).

### **2.2.7 Hvordan måle utsatthet?**

Det er vanlig å bruke operasjonaliserte indikatorer for å gjøre vurderinger sårbarhet (Birkmann, 2006; Hinkel, 2011; Rød m. fl., 2013a). Hinkel (2011) hevder at sårbarhet egentlig ikke lar seg måle, siden det ikke er et observerbart fenomen. Dette synet legges også fram av Birkmann (2006) som påpeker at det er vanskelig å redusere et teoretisk begrep til enkle funksjoner. Derfor gir det mer mening å operasjonalisere det teoretiske begrepet, ved bruk av indikatorer. Deretter blir indikatorene satt sammen i en indeks som presenterer de ulike enhetene numerisk og rangerer disse med en relativ grad av sårbarhet (Rød m. fl., 2013a). Dette fører til at det er mulig å sammenligne enhetene, enten ved hvordan en enhet forandrer seg i tid, eller hvordan steder er like eller ulike (Hinkel, 2011).

Indeksene forenkler virkeligheten ved at de beskriver et sammensatt begrep ved bruk av et enkelt tall som derfor er enklere å bruke av beslutningstakere. I henhold til måling av sosial sårbarhet er det ifølge Birkmann (2007) problematisk å kun bruke en enkeltverdi for å måle dette. Det er gjort forsøk på å utvikle et sett av indikatorer, som samlet sett skal beskrive sosial sårbarhet. En av disse er «Social Vulnerability Index (SoVi) utviklet av Cutter m. fl., (2003). Indeksen inneholder 11 variabler, blant annet alder, inntekt, tettheten i det bebygde miljøet. Disse variablene skal samlet sett beskrive den sosiale sårbarheten til et sted (Cutter m. fl., 2003). På den annen side er det viktig å ha i bakhodet at det er vanskelig å skulle forklare interaksjonene i det systemet som undersøkes med forenklete indikatorer og indekser. Kritikken mot sårbarhetsundersøkelser er ofte at disse ikke er vitenskapelige nok, og at det i undersøkelser av sårbarhet ofte er en for dårlig definisjon av hva det er som undersøkes. Definisjonen av hva som skal undersøkes og hva som er målsetningen med undersøkelsene er derfor viktig (Hinkel, 2011; Birkmann, 2006).

Hinkel (2011) hevder at det ifølge litteraturen er seks ulike problemområder, eller formål som utviklingen av sårbarhetsindikatorer (Jeg tar det for gitt at indikatorer og indekser her handler om det samme) har som mål å adressere. Det første formålet er om sårbarhetsindikatorer er passende til å identifisere utslippsmål. Det andre formålet er å identifisere sårbare mennesker, regioner og sektorer. Det tredje formålet handler om å øke bevisstheten om klimaendringer. Det fjerde formålet er om sårbarhetsindikatorer er det riktige virkemiddelet for å allokere klimatilpasningsmidler til mennesker, regioner og sektorer. Det femte formålet handler om å overvåke klimatilpasningspolitikk. Det sjette og siste formålet er om sårbarhetsindikatorer er det riktige virkemiddelet til å utføre vitenskapelig forskning. Av disse seks formålene som Hinkel (2011) legger fram er det to av disse som jeg ser på som direkte relevante for undersøkelser gjort i denne oppgaven.

Det første formålet som er trukket fram i denne oppgaven, er om sårbarhetsindikatorer er hensiktsmessige for å identifisere sårbare mennesker, regioner eller sektorer. Indikatorene er ifølge Hinkel (2011) hensiktsmessige, om undersøkelsene som gjennomføres foregår på et lokalt nivå. Samtidig må systemet som undersøkes være definert ved bruk av få variabler. Motsatt, hvis undersøkelsene gjøres på større skala blir det for komplekse systemer, og for mange variabler blir introdusert. Videre er det ifølge Hinkel (2011) ofte ikke nok data tilgjengelig for å undersøke større systemer. Viktigheten av det lokale nivået blir også lagt fram av Preston m. fl., (2011), hvor utviklingen av sårbarhetsindekser blir beskrevet som en nedskalering av globale klimaendringer. Slike undersøkelser blir fremhevet som bra, da det er på det lokale nivået konsekvensene av klimaendringer vil bli opplevd. Det at sårbarhet studeres på det lokale nivået og at de romlige og de temporale mønstrene identifiseres, er positivt siden informasjonen kan være med på å forstå kompleksiteten til koblingen mellom mennesker og miljø. Informasjonen på dette nivået passer til diskusjoner som omhandler klimatilpasning (Preston m. fl., 2011).

Forholdet mellom det lokale og nasjonale i henhold til sårbarhetsundersøkelser blir også diskutert av Aall m. fl., (2008). Forfatterne legger fram at det kan være hensiktsmessig å kombinere ovenfra-og-ned tilnærminger med nedenfra-og-opp tilnærminger. En ovenfra-og-ned tilnærming handler om kunnskapen som frembringes ved å gjøre nasjonale screeninger, for å identifisere utsatte kommuner. Denne tilnærmingen ligner på det som gjøres i denne

oppgaven. I en ovenfra-og-ned tilnærming er det ekstern ekspertise som ligger bak kunnskapen som er fremskaffet. Dette kan for eksempel være myndigheter på et nasjonalt nivå (Næss, 2006). En nedenfra-og-opp tilnærming handler om viktigheten av å inkludere den lokale ekspertisen i de identifiserte utsatte kommunene. Dette er viktig fordi de lokale beslutningstakerne har mer dyptgående informasjon om hvilke naturskader som kan skje i kommunene. I tillegg har de lokale mer kunnskap om hvor i kommunen naturskader kan ha størst innvirkning. En nasjonal screening er i så måte den første delen av en sårbarhetsundersøkelse, hvor resultatet av undersøkelsene viser om det er behov for ytterligere undersøkelser på det lokale nivået eller ikke. Dette er basert på om enheten som undersøkes er utsatt eller ikke (Næss, 2006).

Det andre formålet handler om sårbarhetsindikatorer er hensiktsmessige å bruke, hvis målet er å skape bevissthet og oppmerksomhet rundt effektene av klimaendringer. Her hevder Hinkel (2011) at formålet ved å skape bevissthet rundt klimaendringer først og fremst handler om kommunikasjon av risiko. Det er ikke kun selve informasjonen som er tilegnet gjennom undersøkelsene som er viktig. Dette er kun én faktor. Ofte er det viktigere hvordan informasjonen kommuniseres. Dette handler om karismaen til individet som legger fram informasjonen. I tillegg har det noe å si om individet som legger fram informasjonen tidligere har blitt negativt berørt av klimaendringer. Hinkel (2011) hevder videre at informasjon ofte blir sett på som viktig informasjon, kun hvis denne er med på å underbygge beslutningstakernes behov. Birkmann (2006) poengterer at indekser og indikatorer representerer komplekse tema som kan brukes av beslutningstakere til å enklere kommunisere problemer rundt klimaendringer.

### **2.2.8 Utfordringer med indekser**

En av de grunnleggende utfordringene med undersøkelser av sårbarhet er at de skal fortelle oss noe om hva som skjer i fremtiden. Birkmann (2006) hevder at sårbarhetsvurderinger, i motsetning til for eksempel skadeundersøkelser (engelsk: damage assessments) og konsekvensutredninger (engelsk: impact assessments) som fokuserer på evalueringer av tap som har skjedd, har et fremoverrettet perspektiv. For at det skal være en vurdering av sårbarhet er det altså essensielt at undersøkelsen har et fremoverrettet perspektiv hvor det fokuseres på sannsynligheten til fremtidige økonomiske tap som følge av en ekstremhendelse. Det som er i

fremtiden er usikkert. Det er ikke mulig å vite helt sikkert hva som vil skje i fremtiden. Derfor er det problematisk at sårbarhetsundersøkelser baserer seg på data over historiske hendelser, siden vi ikke kan vite helt sikkert hvor slike hendelser vil forekomme, og hvilken størrelse ekstremhendelsene vil ha. Birkmann (2006) skriver videre at det er nettopp innsamlingen av data og bruken av denne, som er et av de vanskeligste elementene i vurderinger av sårbarhet. Ekstremværhendelser i fremtiden kan være styrt av andre faktorer enn de vi kjenner i dag. Det forventes for eksempel at det vil bli mer kortvarig og intenst nedbør i Norge i fremtiden. Videre er det Vestlandet som forventes å få større flommer, da nedbøren øker i disse områdene. På Østlandet og i Finnmark, er det derimot forventet en reduksjon i store flommer. Dette er fordi det forventes kortere vintre. Flommer i disse områdene skjer i all hovedsak på grunn av snøsmelting (Vatne, 2013). Derfor kan det argumenteres for at dataen som brukes i undersøkelser av sårbarhet må vurderes med et kritisk blikk (Birkmann, 2006).

En av de største utfordringene med indekser generelt, er at den helhetlige sårbarheten er ukjent. Kun den relative forskjellen oppstår. Det måles grad av sårbarhet, hvor de ulike enheten er delt inn i høy, middels eller lav grad av sårbarhet. Sårbarheten er avgjort på bakgrunn av forskjellen som oppstår mellom enhetene som inngår i studien (Birkmann, 2007).

Utfordringene rundt passende data og datakvalitet gjør det viktig å validere sårbarhetsindeksene opp mot annen tilgjengelig data. Preston m. fl., (2011) belyser denne problemstillingen, og setter spørsmålsteget ved at sårbarhetsindekser ofte ikke klarer å adressere usikkerheten ved undersøkelsene. Dette stiller spørsmål rundt validiteten til kartene og om disse inneholder god nok informasjon, slik at beslutningstakere kan bruke disse til å ta gode avgjørelser. Det er derfor indeksene ideelt sett burde valideres opp mot annen data. Selv om en validering er ønskelig er det også her et problem at dataen som kan være passelig til å bruke som valideringsgrunnlag, rett og slett ikke er tilgjengelig. Siden validering av indeksene derfor ofte er vanskelig, fungerer indeksene heller til å beskrive potensielle avgjørende faktorer for sårbarhet, fremfor å være fremtidsbeskrivende (Preston m. fl., 2011). I den forbindelse trekker Birkmann (2007) fram at det er problematisk å basere resultatene, på data som er samlet inn over en relativ kort tidsperiode. Hvis naturskadedata, som eksempel, baserer seg på en 25 års periode, er dette et relativt kort tidsrom. Det er ikke tydelig om enheten som undersøkes er mest sårbar nå eller i fremtiden, basert på den korte tidsperioden dataen er samlet inn over.

### 2.2.9 Om å presentere indeks på kart

For å få frem den romlige fordelingen av sårbarhet brukes kart. Det er spesielt to fordeler med å plassere sårbarheten på kart. For det første bidrar kartleggingen til at romlige og temporale mønstrene identifiseres når informasjonen blir plassert på et kart. Denne informasjonen kan støtte opp rundt klimatilpasning i arealplanleggingen ved at arealer som kan være utsatt for naturfarer blir identifisert. Dette gjør det mulig å planlegge slik at utsatte elementer blir mindre utsatte. Det andre poenget handler om å lære befolkningen om klimaendringer. Ved å visualisere og plassere sårbarheten i en lokal kontekst kan effektene av klimaendringer blir mer tydelig for dem som står i fare for å bli berørte av disse (Preston m. fl., 2011).

Det er også utfordringer med å visualisere sårbarhet på denne måten. For det første kan de ulike mønstrene av høy og lav grad av sårbarhet maskere situasjonen innad i hver kommune (Lujala m.fl., 2013). For eksempel er ikke alle jordbruksarealene innad i en kommune like utsatt. For det andre kan det være geografiske mønstre som ikke følger kommunegrensene, og som forgår uavhengig av disse grensene (Lujala m. fl., 2013).

Fremstilling av vitenskapelige kart er et resultat av normer og verdier i samfunnet. I følge Harley (1989) er det en tilstedeværelse av makt i all kunnskap, også i kart. Her skiller Harley (1989) mellom den eksterne og den interne makten. Den eksterne makten i kartografi blir linket opp mot politikk. Makten kommer ovenfra og ned, hvor kartografien knyttes opp mot overvåking og kontroll. Den interne makten handler om hva kartografer gjør når de produserer kart. Kartografene produserer makt gjennom kartproduksjonen, selv om dette ikke er bevisst. Siden informasjonen går gjennom en klassifisering gjort av kartografen blir bildene av virkeligheten redusert til grafiske formler. Selv om denne kunnskapen er bakenforliggende og ikke alltid like synlig, har kartografen makt over det resulterende kartet som utformes. For å synliggjøre denne kunnskapen er det nødvendig å gjennomføre en dekonstruksjon, hvor det leses mellom linjene og den bakenforliggende makten kommer til syne. Det er den bakenforliggende kunnskapen og kartografens kulturelle perspektiv, eller tolkning av virkeligheten, som ligger bak et produsert kart. Kartene er ikke et speilbilde av virkeligheten, men en måte å betrakte virkeligheten på. Kartene er en representasjon av virkeligheten og Harley (1989) hevder også at mye av den makten som befinner seg i kartene skjuler seg bak en maske som presenterer nøytral vitenskap. Hvis kartene blir sett på som kulturelle tekster, og

ikke nøytral vitenskap, er det enklere å forstå at kartene er et resultat av kartografens ståsted sammen med normer og verdier i samfunnet. I selve fremstillingen av kartet er det en rekke valg som må gjøres. Dette gjelder hva som skal være med i kartet, hva som skal utelates, forenkling av informasjonen, klassifisering, valg av symboler og valg av farger. Alle disse valgene må gjøres av den som produserer kartet, og alle disse valgene representerer subjektive menneskelige formeninger, ikke fundamentale kartografiske lover (Harley, 1989).

Kart som produseres på bakgrunn av sårbarhetsundersøkelser tiltrekker seg mye oppmerksomhet. Et land, eller en kommune, som blir tildelt en sterk rødfarge, kan tolkes slik at hele enheten har høy grad av sårbarhet. Dette er ikke tilfellet. Det kan fort skje at steder blir stigmatisert som mer sårbare enn det stedene virkelig er. Poenget med sårbarhetsundersøkelser er ikke å legge fram at absolutt alt innenfor den enheten som er tildelt fargen rød har høy grad av sårbarhet. Det handler mer om å fortelle om hva som potensielt kan skje i fremtiden. Derfor er det viktig å være åpen om dataen som ligger bak kartene, i tillegg til å være nøyaktig i presentasjon av informasjon i kartet (Fekete, 2012).

### 3 Metode

I kapittelet vil det først blir redegjort for hvordan dataen er samlet inn og hvilke datasett som er brukt i analysen. Deretter vil GIS og digital kartografisk data bli redegjort for. Videre vil prosesseringen av datasettene bli presentert, før selve metoden som er brukt for å fremstille indeksene blir redegjort for. Etter det vises det hvordan indeksene og kartene er fremstilt. Kapittelet avsluttes med validering, og sammenligning av to datasett.

#### 3.1 Innsamling av data

Formålet med studien er å gjøre en nasjonal kartlegging av flomutsatte jordbruksarealer i norske kommuner i en indeks. Dette fører til et behov for ulike datasett. Norge digitalt er den nasjonale infrastrukturen for geografiske data, der kartdata kan hentes fra. Kommuner, fylker og nasjonale etater samarbeider om å samle inn og dele geografisk informasjon. Hensikten er å sørge for at det finnes et tilrettelagt felles offentlig kartgrunnlag. Dataen skal være tilpasset slik at den kan brukes i arealplanleggingen og ved byggesaker. NVE, NIBIO og Statens kartverk er deltakere i samarbeidet (Geonorge, udatert).

Datasett	Utgiver
200-års flomsonekart	NVE
Flomaktsomhetskart	NVE
Arealressurskartet AR50	NIBIO
Arealressurskartet AR5	NIBIO
Kommunegrenser	Statens kartverk
Vassdrag (ELVIS)	NVE
Naturskadedata (NASK)	Norsk Naturskadepool

Tabell 3.1: Oversikt over datasett brukt i oppgaven.

Alle datasettene som er brukt i oppgaven vises i tabell 3.1. Fra NVE er det lastet ned flomsonekart (200-års flomsone) og vassdragsdata (ELVIS). Fra NIBIO sine nettsider er AR50 lastet ned. Datasettet inneholder informasjon over jordbruksarealer. Arealressurskartet AR5 er også hentet fra NIBIO. Dette er mer detaljert enn AR50. Fra Kartverket er det lastet ned et datasett over kommuneareal. Disse nevnte datasettene ligger fritt tilgjengelig for nedlastning. I tillegg er flomaktsomhetskart oversendt fra Ivar Peereboom, ansatt i NVE. Det siste av data som er brukt i oppgaven er naturskadedata fra Norsk Naturskadepool. I delen under vil jeg gå nærmere inn på, og beskrive de ulike datasettene som er brukt i oppgaven.

## 3.2 Datasett

### 3.2.1 Flomsone og flomaktsomhet

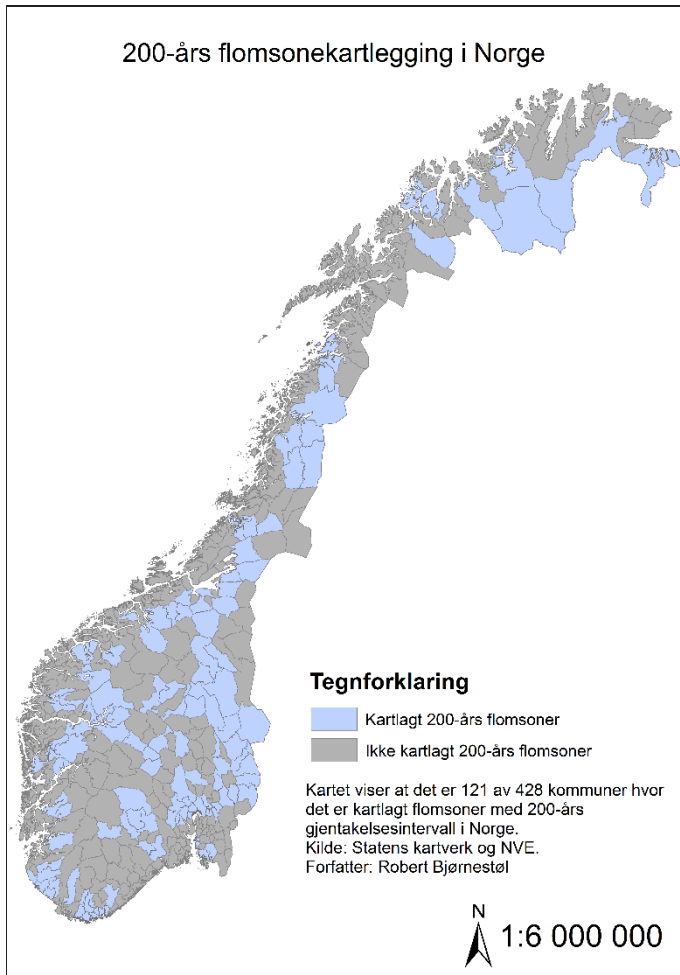
To av datasettene som er lastet ned beskriver flomsoner og flomaktsomhetssoner. I Norge er det NVE som har hovedansvaret for å forebygge flomskader. Dette innebærer å bidra med kunnskap og kompetanse for kartlegging, i tillegg til arealplanoppfølging (NVE, 2013). Kartlegging av flomfare fra NVE foregår på to nivåer, gjennom flomsonekart og flomaktsomhetskart. Flomsonekartene dekker utvalgte områder, mens flomaktsomhetskartene dekker hele landet (NVE, 2013).

I Norge er det utviklet nasjonale retningslinjer som skisserer akseptable grenser og faresoner i tilknytning til elver og flom. Den mest detaljerte kartleggingen av flom, i Norge, finnes i flomsonekartene. Kartene identifiserer faresoner som vil oversvømmes ved flom, og er viktige verktøy som kan brukes i planleggingen, og ved prioritering av sikringstiltak (Sivertsen, 2008). Ifølge Sivertsen (2008) skal flomsonekartene dekke utvalgte vassdrag, som har stort skadepotensial ved en eventuell flomhendelse. I tillegg er det også lagt inn informasjon om sjø og innsjø. Dette gjør at kartene beskriver arealer som blir flommet over på grunn av høy vannstand i elv, sjø og innsjø. NVE prioriterer vassdrag med størst skadepotensial, men det finnes eksempler på flommer som har ført til skader i vassdrag, hvor det ikke er utført flomsonekartlegging. Eksempelvis ble Odda i 2014 rammet av en storflom. Dette var i områder som manglet flomsonekart. NVE er klar over at det finnes områder med flomfare hvor det ikke er utarbeidet flomsonekart, men situasjonen eksisterer fordi kartene er kostbare å fremstille (Bakken, 2014). Det er også viktig å poengtere at det er en generell usikkerhet i flomsonekartene, da disse er basert på hydrologiske data (Rød m. fl., 2013a).

For å begrense omfanget av analysen i denne oppgaven, er det gjort en avgrensning hvor kun 200-års flomsone er tatt med. I TEK 10 som er «Forskrift om tekniske krav til byggverk» er det i kapittel 7-2 «Sikkerhet mot flom og storflom», skrevet om kravene som stilles med tanke på sikkerhet mot naturpåkjenninger. Inn under dette faller sikkerhet mot flom (Direktoratet for byggkvalitet, 2016). I forskriften er det en inndeling med tre sikkerhetsklasser for flom i tilknytning til fareutsatte bygg. De tre klassene knyttes opp mot flomgjentaksintervall. Sikkerhetsklasse F1 er knyttet opp mot 20-årsflom, F2 er knyttet opp mot 200-årsflom og F3 er knyttet opp mot 1000-årsflom.



Den første sikkerhetsklassen (F1), omtaler sikkerhet for bygg hvor det er lite personopphold. Dette kan for eksempel være en garasje. Den andre sikkerhetsklassen (F2), omtaler bygg som er beregnet til personopphold. Dette kan eksempelvis være bolig og skole. I tillegg inkluderes



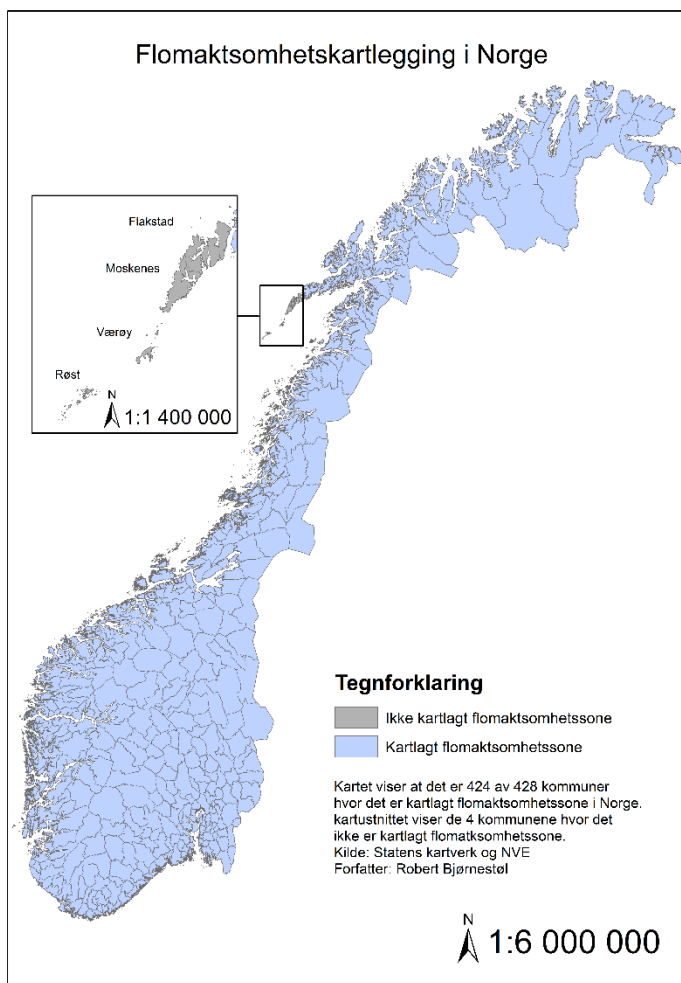
Figur 3.1: 200-års flomsonekartlegging i Norge.

driftsbygninger i landbruket i denne klassen. Den økonomiske konsekvensen for skader på disse byggene kan være stor, men samtidig ikke kritisk for samfunnet som helhet. Den siste sikkerhetsklassen (F3), omhandler bygg som har en kritisk samfunnsmessig betydning, slik som for eksempel sykehus (Direktoratet for byggkvalitet, 2016). På bakgrunn av at driftsbygninger befinner seg i sikkerhetsklasse F2, og at denne klassen er knyttet opp mot flomsone med 200-års gjentakelsesintervall, er det gjort analyser med bruk av 200-års flomsone i oppgaven. Flomsonekartene er de mest detaljerte kartene til NVE, men de dekker ikke alle Norges vassdrag. Dette fører også til at flere kommuner har vassdrag,

hvor det ikke er kartlagt 200-års flomsone. Figur 3.1 viser at det i 121 av 428 kommuner (antall kommuner per 1. januar 2015) er kartlagt 200-årsflomsone i Norge. Dette er tall som basert på situasjonen i mars 2015.

På bakgrunn av at ikke alle vassdragene har kartlagt flomsone, har NVE også utarbeidet et flomaktsomhetskart (Peereboom, udatert). Flomaktsomhetskartet dekker i motsetning til flomsonekartene hele Norge, med unntak av Røst, Værøy, Moskenes og Flakstad kommune (se figur 3.2).

Et aktsomhetskart viser områder hvor det kan være fare. Graden av fare er ikke gradert. Kartene gir ikke opplysning om sannsynlighet eller gjentakintervaller, som er tilfellet i flomsonekartene (NVE, 2014). Flomaktsomhetskartet inneholder også informasjon om flommer som oppstår på bakgrunn av stormflo. Elveflomnivået i kartet er beregnet ut ifra en verst tenkelig situasjon, mens ved stormflo er 1000-års stormflo valgt som verst tenkelig situasjon (Peereboom, udatert). Hensikten med disse kartene er at de kan brukes av kommunene som et grunnlag for vurderinger rundt flomfare, og sørge for oppmerksomhet rundt flomfare (Peereboom, 2016). Det påpekes også av Peereboom (2016) at flomaktsomhetskartene ikke kan



Figur 3.2: Flomaktsomhetskartlegging i Norge.

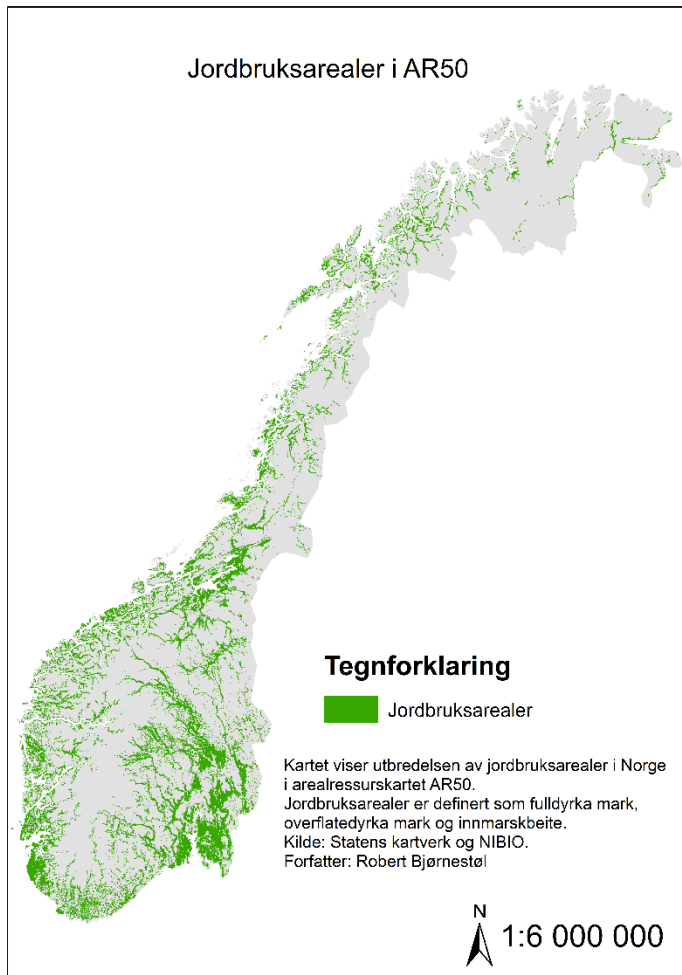
brukes i reguleringsplaner. Kartene kan ikke brukes som et flomsonekart, siden kartene ikke er nøyaktige nok, og usikkerheten er for stor. Aktsomhetskartet er tilpasset en målestokk på 1:50 000 (Peereboom, udatert). På bakgrunn av at det ikke finnes flomsonekartlegging i hele Norge er hovedanalysen basert på flomaktsomhetskartet.

### 3.2.2 Jordbruksarealer

Datsett med informasjon om jordbruksarealer er hentet fra NIBIO. NIBIO forvalter arealressurskartet AR5, og «AR5 er et nasjonalt klassifikasjonssystem og kartdatasett som beskriver arealressursene (Bjørndal & Bjørkelo, 2006:6). Målet

med AR5 er at det skal være Norges mest pålitelige kilde til informasjon om arealene i Norge. Det skal dekke behovet for arealinformasjon innenfor planlegging- og forvaltningsoppgaver. Datasettet viser arealressurser med klasseinndelinger, hvor landarealet er delt inn i polygoner, «som kan beskrives med samme verdier for egenskapene arealtype, skogbonitet, treslag og grunnforhold» (Bjørndal & Bjørkelo, 2006:3). NIBIO har utviklet flere arealressurskart som beskriver arealressursene med ulik grad av detalj. Det er nevnte AR5 som er mest detaljert.

AR5 er fritt tilgjengelig for partnere i Norge digitalt-samarbeidet, og kan brukes til undersøkelser ned på eiendomsnivå (Vaaje-Kolstad, 2011). Deler av analysen i denne oppgaven vil basere seg på AR5, ved at det er plukket ut tre kommuner fra dette datasettet. Disse tre er Båtsfjord, Grimstad og Ringsaker kommune. Senere i oppgaven vil jordbruksarealtallene i disse tre kommunene bli sammenlignet mot hverandre i datasettene AR50 og AR5. Kommunene er



Figur 3.3: Utbredelse av Jordbruksarealene i AR50.

plukket ut på bakgrunn av størrelsen på jordbruksarealet. Av alle 428 kommunene har Båtsfjord kommune det minste jordbruksarealet. Grimstad kommune er midterst plassert, mens Ringsaker kommune har det største jordbruksarealet.

Det andre datasettet som er hentet fra NIBIO, er AR50. Dette er brukt i hovedanalysen i oppgaven. Datasettet er basert på en forenkling av AR5 og egner seg for undersøkelser på bygde- og kommunenivå. AR50 beskriver arealressursene i Norge i målestokk 1:50 000 (Vaaje-Kolstad, 2011). I forenklingen av AR5 til AR50, er polygoner som er mindre enn 15 dekar ikke synlige på kartet. Disse

polygonene er blitt slått sammen med områder som har samme grense (Vaaje-Kolstad, 2011). AR50 er fritt tilgjengelig og kan lastes ned gjennom NIBIO sine nettsider. Datasettet er brukt i hovedanalysen, siden det ligger fritt tilgjengelig og egner seg for undersøkelser på kommunenivå. Den geografiske utbredelsen av jordbruksarealene i AR50 vises i figur 3.3.

### 3.2.3 Kommunegrenser

Kommunegrensedatasettet er hentet fra Statens kartverk. Datasettet inneholder informasjon om landarealet til kommunene og deler Norge inn i 428 kommuner. Antallet kommuner vil bli færre

i fremtiden, da det planlegges kommunesammenslåinger. Regjeringen har bestemt at det skal gjennomføres en kommunereform for å sørge for at kommunene skal være bedre rustet til fremtidens utfordringer (Regjeringen, 2014). Oppgaven tar utgangspunkt i de 428 kommunene som Norge er inndelt i per 1. januar 2015.

### **3.2.4 Vassdrag**

For å visualisere vassdrag i oppgaven er datasettet ELVIS brukt. Dette er utarbeidet av NVE, basert på N50 kartdata og inneholder informasjon om hovedvassdragene i Norge (NVE, 2015).

### **3.2.5 Naturskadedata**

Naturskadedataen er hentet fra Norsk Naturskadepool sin Naturskadestatistikk (NASK). Med erstatning menes «fastsatt erstatning». Mer detaljert er dette «betalte erstatninger pluss erstatningsavsetninger for de skader som er inntruffet og meldt» (Norsk Naturskadepool, 2016c). Naturskadedataen som brukes i denne oppgaven er utbetalte erstatninger på bygninger og løssøre i Norges 428 kommuner. Dette gjelder i årene fra 1980 til 2014. Datasettet inneholder også informasjon om befolkningstall i hver enkelt kommune, i samme periode.

## **3.3 Geografisk informasjonssystem (GIS)**

De nevnte datasettene er brukt for å belyse problemstillingene i oppgaven. Analyse og visualisering av resultatene gjøres ved bruk av et GIS (geografiske informasjonssystemer). Det finnes flere definisjoner på hva GIS er. En av disse beskriver GIS som et system designet for å samle inn, lagre, behandle, analysere, håndtere og presentere geografiske data ved bruk av digital teknologi. Geografisk data er data med stedfestet informasjon (Grinderud & Rasmussen, 2010; Ørstavik, 2015). I oppgaven er det geografiske informasjonssystemet ArcMap fra Environmental Systems Research Institute (ESRI) brukt for å analysere og visualisere flomutsatte jordbruksarealer.

### **3.3.1 Digital kartografisk data**

Virkeligheten er kompleks, og hvis man skal representere virkeligheten må det gjøres en forenkling. Det er to fundamentale måter å representere geografi på. Dette er diskrete objekter og sammenhengende felt (Longley m. fl., 2011).

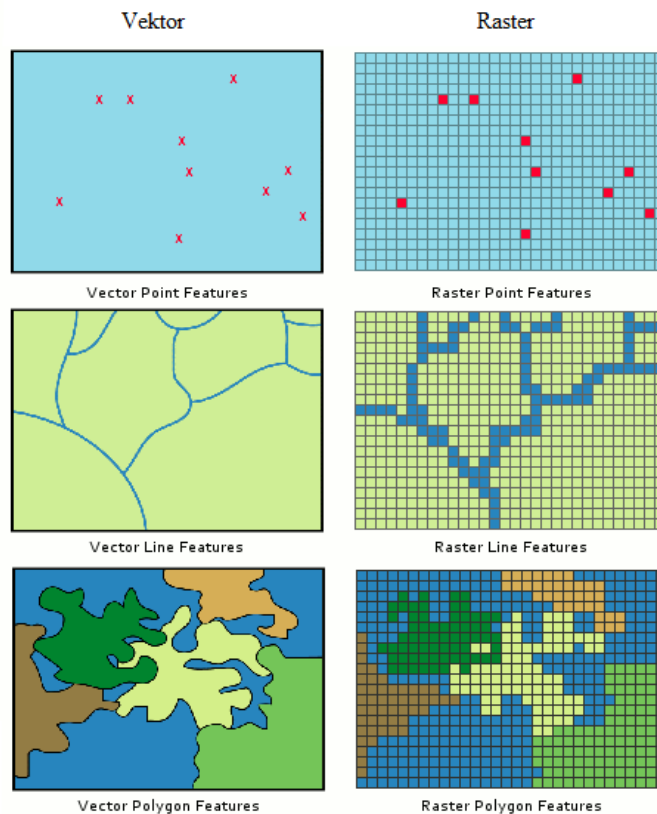
Ved å beskue verden gjennom **diskrete objekter** er det en forestilling av at virkeligheten er en overflate som består av objekter som har definerte grenser, og som ellers befinner seg i et tomt rom. Det er enkelt å definere hvor objektene starter og slutter, og de kan kategoriseres. Det er nyttig å organisere omgivelsene rundt oss på denne måten, hvis vi skal håndtere for eksempel dyr, kjøretøy, bygninger og veier (Goodchild, 2011; Rød 2015).

På den annen side finnes det fenomener som ikke lar seg representere ved bruk av diskrete objekter. Det er elementer og fenomener i naturen som ikke har like avklarte grenser, slik som veier. Disse lar seg representere ved bruk av **sammenhengende felt**. Når verden beskues gjennom sammenhengende felt, blir virkeligheten representert med et begrenset antall variabler, hvor hver variabel er målbar hvor som helst på jordoverflaten, og hvor verdien endrer seg langs overflaten. Det kan for eksempel være naturlig å tenke seg at terrenget består av avgrensede fjelltopper, daler og lignende, men det er mer nyttig å tenke på terrenget som en sammenhengende overflate, hvor høyde kan defineres nøyaktig for hvert punkt (Goodchild, 2011; Longley m. fl., 2011).

Diskrete objekter og sammenhengende felt sørger for at det finnes en måte å representere den geografiske informasjonen på, men dette er kun representasjoner og løser ikke problemet i henhold til å presentere denne informasjonen digitalt (Longley m. fl., 2011). Det er behov for to metoder for å kunne redusere de geografiske fenomenene slik at disse kan behandles digitalt.

Den første metoden er **vektormetoden**. Her blir virkeligheten forenklet gjennom objekttypene punkt, linje og polygon (kolonnen til venstre i figur 3.4). I vektormetoden er punktet den minste enheten, linjen er en samling av punkter og polygon er en samling av linjer, som er omsluttet og som til sammen utgjør en flate. Dette sørger for at polygoner «har to geometriske egenskaper, omkrets og areal» (Rød, 2015:24).

Den andre metoden er **rastermetoden**. Her er det rasterceller, eller piksler, som brukes for å representere virkeligheten (se kolonnen til høyre i figur 3.4). Et raster er en samling av like store celler i et rutenett ordnet i kolonner og rader. I rastermetoden er det cellen som er minste informasjonsenhet. Verdiene kan representere for eksempel arealbruk, høyde, temperatur og soner (ESRI, 2013; Rød, 2015). Det er størrelsen på cellene som bestemmer oppløsningen, og den geografiske variasjonen blir vist ved at det gis egenskaper til cellene (Longley m. fl., 2011).



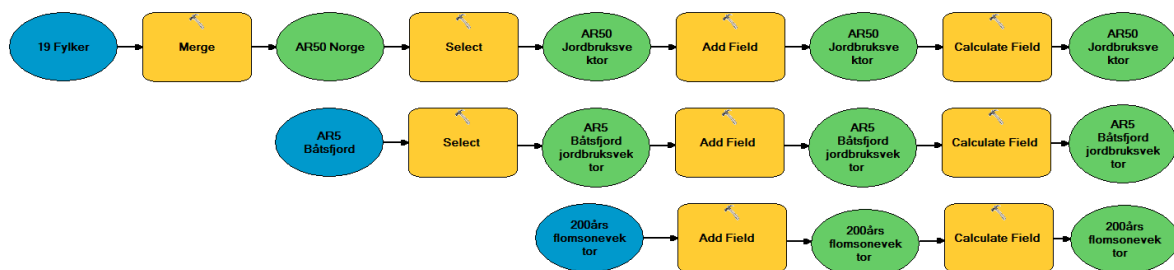
Figur 3.4: Digital representasjon av vektor- og rastermetoden (Hentet fra: ESRI, 2016a).

### 3.4 Dataprosessering

Flomutsatthetsindeksen vil bli fremstilt ved bruk av sonale kartalgebrafunksjoner. Sonale kartalgebrafunksjoner og hvordan indeksen er fremstilt, vil bli forklart senere i kapittelet. For å gjøre beregninger i sonale kartalgebrafunksjoner er det nødvendig å fremstille flere rasterdatasett. Flere av datasettene som er lastet ned, er vektordata i sin originale form. Derfor må vektordatasettene prosesseres, før de deretter blir konvertert til rasterdata. I delen under vil jeg redegjøre for hvordan vektordatasettene har blitt prosessert, for deretter å bli konvertert til rasterdata.

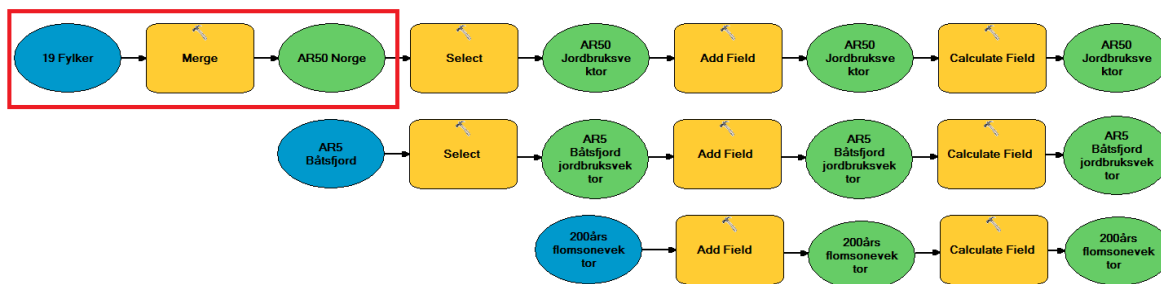
Det som først må ligge til grunn når det skal utføres beregninger mellom ulike datasett, er at alle datasettene deler samme referanseramme. Dette kravet er oppfylt ved å definere samme projeksjon på alle datasettene som importeres inn i ArcMap. Projeksjonen som er brukt er: world geodetic system 1984 Universal Transverse Mercator sone 33N. Projeksjonen Universal Transverse Mercator (UTM) er basert på liggende Mercatorprojeksjoner. Dette er et system av 60 kartprojeksjoner, med 60 soner som dekker hele jordkloden. Projeksjonen er vinkelriktig og bevarer formen på landarealene. Norge er lokalisert fra sone 32 til 36 (Rød, 2009). Hvis det skal gjøres undersøkelser av hele Norge, er det normalt å bruke sone 33.

### 3.4.1 Vektorprosessering



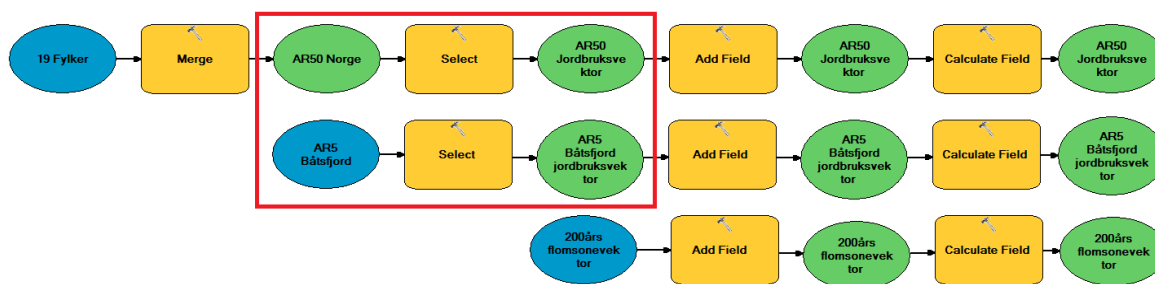
Figur 3.5: Arbeidsflytdiagram over vektoroperasjonene i oppgaven. Den blå ellipsen er inngangsdata. Den gule firkanten viser verktøyet som brukes. Den grønne ellipsen er resultatet av operasjonen.

Jeg vil i denne delen presentere de viktigste vektoroperasjonene som er gjort i oppgaven. Disse er presentert i arbeidsflytdiagrammet i figur 3.5. Den første linjen i figuren viser vektoroperasjonene som er gjort på arealressurskartet AR50. Alt av operasjoner som gjøres på AR50 gjøres på alle kommunene i Norge, siden alle kommunenes flomutsatthet skal beregnes senere. Linje to i figuren viser vektoroperasjonene som er gjort på arealressurskartet AR5. I figuren er Båtsfjord kommune brukt som eksempel for visualiseringens skyld, slik at figuren ikke tar for mye plass. De samme operasjonene som utføres med Båtsfjord kommune, er også gjort med Grimstad og Ringsaker kommune. I AR5 gjøres operasjonene kun på de tre nevnte kommunene, da arealtallene i disse kommunene skal sammenlignes mellom AR5 og AR50. Dette vises senere i kapitlet. Den tredje og siste linjen i figuren viser vektoroperasjonene som er gjort på datasettet 200-års flomsone. Nedenfor vil jeg gå igjennom steg for steg hva som er blitt gjort av vektoroperasjoner med utgangspunkt i arbeidsflytdiagrammet i figur 3.5.



Figur 3.6: Steg én av vektoroperasjonene. 19 fylkesfiler kombineres til en fil.

Siden AR50 lastes ned fylke for fylke, handler det første steget om å samle de 19 fylkene til en fil. Dette gjøres for å kunne utføre en analyse av alle jordbruksarealene i en samlet operasjon. Steget vises i figur 3.6, uthevet med rød firkant. I figuren er de 19 fylkene representert med en blå ellipse, for visualiseringens skyld, men det er i realiteten 19 inngangsfiler som kombineres til en fil.



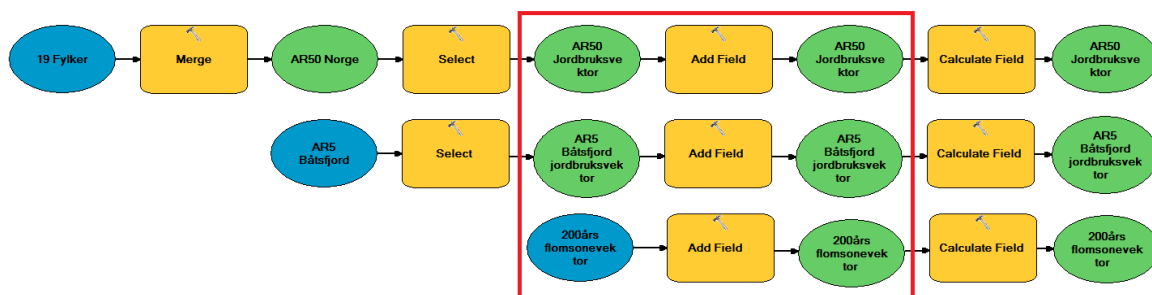
Figur 3.7: Steg to av vektoroperasjonene. Jordbruksarealene selekteres og karttema lages. Operasjonen gjort på AR50 vises i linje én og operasjonen gjort på AR5 vises i linje to i figuren.

I figur 3.7 vises det andre steget av vektoroperasjonene. Steget handler om å skille ut jordbruksarealene, siden kun disse skal analyseres. Det er AR50 som behandles først (vist i linje 1 i figur 3.7). Arealene blir selektert til et eget tema ved å utføre en spørring (engelsk: inquiry). Dette fører til en fil som kun inneholder polygoner over jordbruksarealer. Jordbruksarealene er hentet ut ifra temaet «ARJORDBRUK», som deler jordbruksarealene inn i klasser. Jordbruksarealene er nummerert og delt inn i klassene fulldyrka- og overflatedyrka mark (24), innmarksbeite (25), arealer som ikke er relevante (98), og uspesifisert jordbruksareal (99). Det uspesifiserte jordbruksarealet «gjelder jordbruksområder som ligger utenfor AR5 kartleggingsområder» (NIBIO, 2007). Spørringen som utføres selekterer fulldyrka- og overflatedyrka mark og innmarksbeite, og lager et karttema som inneholder jordbruksarealene som skal analyseres i oppgaven. I tillegg er det også gjort en spørring som lager et karttema, som kun inneholder klassen fulldyrka- og overflatedyrka mark. Dette resulterer i at det finnes to karttema med hver sin definisjon av jordbruksarealer.



Siden datasettene er delt inn i ulike klasser, gjør dette det mulig å teste hva forskjellige definisjoner av jordbruket har å si for resultatene. Klassene som beskriver fulldyrka og overflatedyrka mark er med i analysen. I tillegg er innmarksbeite inkludert. Innmarksbeite blir betegnet i hovedsak som beiteareal, og ikke først og fremst dyrket areal. Oppgaven fokuserer ikke på hva som eventuelt dyrkes på de ulike arealene, kun arealene i seg selv. Innmarksbeite kan også være lokalisert slik at arealene er flomutsatt, i likhet med overflatedyrka mark og fulldyrka mark. På bakgrunn av dette er innmarksbeite inkludert i definisjonen av jordbruksarealer. Det er fremstilt en ekstra fil som utelater innmarksbeite fra definisjonen. Dette gjør det mulig å fremstille to flomutsatthetsindekser med ulik definisjon. Dette gjøres senere i oppgaven for å teste i hvilken grad definisjonen har betydning for resultatene.

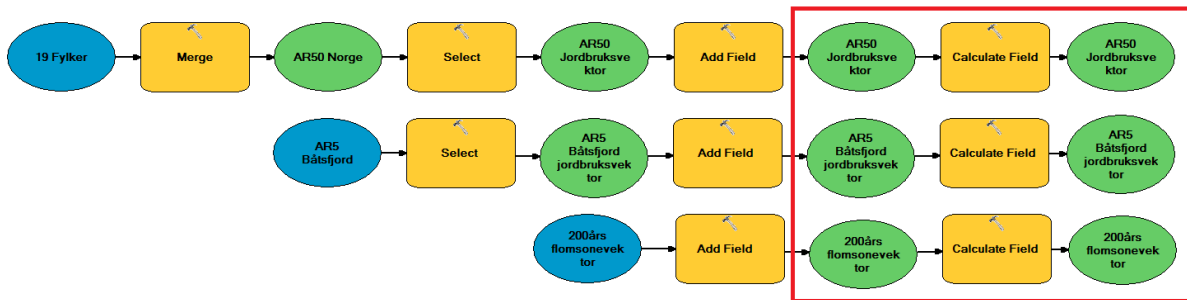
Linje to i figur 3.7 viser at jordbruksarealene i AR5 selekteres, og lagres som nytt karttema. Dette gjøres med Båtsfjord, Grimstad og Ringsaker kommune. I AR5 blir jordbruksarealene beskrevet i temaet «ARTYPE», og er delt inn i klassene fulldyrka jord (21), overflatedyrka jord (22) og innmarksbeite (23) (Ahlstrøm m. fl., 2014). Spørringen som gjøres isolerer fulldyrka jord, overflatedyrka jord og innmarksbeite. Deretter lages det en fil av dette med jordbruksarealer. Alle sammenligninger av arealtall som skal gjøres senere i oppgaven tar utgangspunkt i jordbruksarealdefinisjonen som inkluderer fulldyrka jord, overflatedyrka jord og innmarksbeite.



Figur 3.8: Steg tre av vektoroperasjonene. En kolonne legges til i vektorfilene. Dette er vist i linje én, to og tre.

Etter at det er laget nye filer med jordbruksarealer må vektorfilene klargjøres ytterligere før de kan konverteres til rasterdata. Dette er det tredje steget og vises i figur 3.8. Det er nødvendig å legge til ett ekstra felt (engelsk: Add Field) i attributt-tabellen til AR50 jordbruksvektor (vist i linje én i figur 3.8). Det må også legges til et ekstra felt i AR5 Båtsfjord jordbruksvektor (vist i

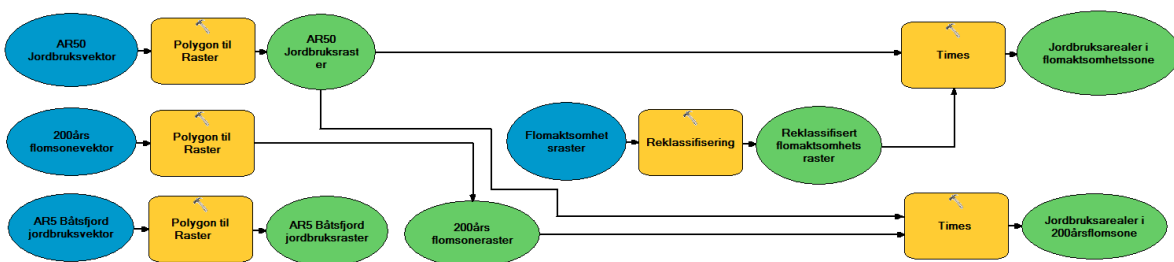
linje to i figur 3.8), og det må legges til et ekstra felt i 200års flomsonevektor (vist i linje tre i figur 3.8). Det nye feltet som filene har fått, brukes i en kalkulering som forklares i neste steg.



Figur 3.9: Steg fire av vektoroperasjonene. Det nye feltet tildeles den numeriske verdien 1. Dette gjøres med alle vektorfilene, vist i linje én, to og tre.

I figur 3.9 vises det fjerde steget, hvor det nye feltet som ble lagt til i steg tre får tildelt den numeriske verdien 1. Dette gjøres ved hjelp av feltkalkulatoren. Resultatet av denne operasjonen er at alle polygonene i AR50 jordbruksvektor (vist i linje én i figur 3.9), AR5 Båtsfjord jordbruksvektor (vist i linje to i figur 3.9) og i 200års flomsonevektor (vist i linje tre i figur 3.9), får tildelt verdien 1. Feltene tildeles verdien 1, fordi det da blir enklere å finne arealer som er innenfor flomaktsomhetssonen, eller innenfor kommunegrenser. Alle de tre vektordatasettene inneholder polygoner som nå er beskrevet med verdien 1, fremfor et tilfeldig identifikasjonsnummer. Det fjerde steget summerer opp vektoroperasjonene som er gjort for å klargjøre vektorfilene for en polygon-til-raster konvertering.

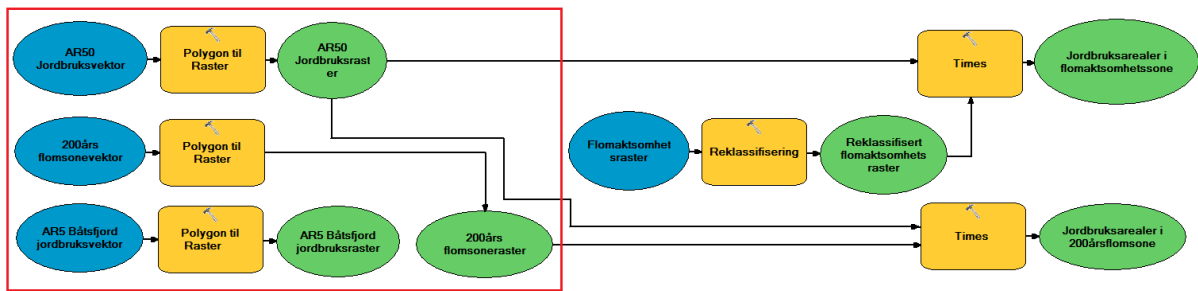
### 3.4.2 Rasterprosessering



Figur 3.10: Arbeidsflyttdiagram over rasteroperasjonene i oppgaven. Den blå ellipsen er inngangsdata. Den gule firkantene viser verktøyet. Den grønne ellipsen er resultatet av operasjonen.

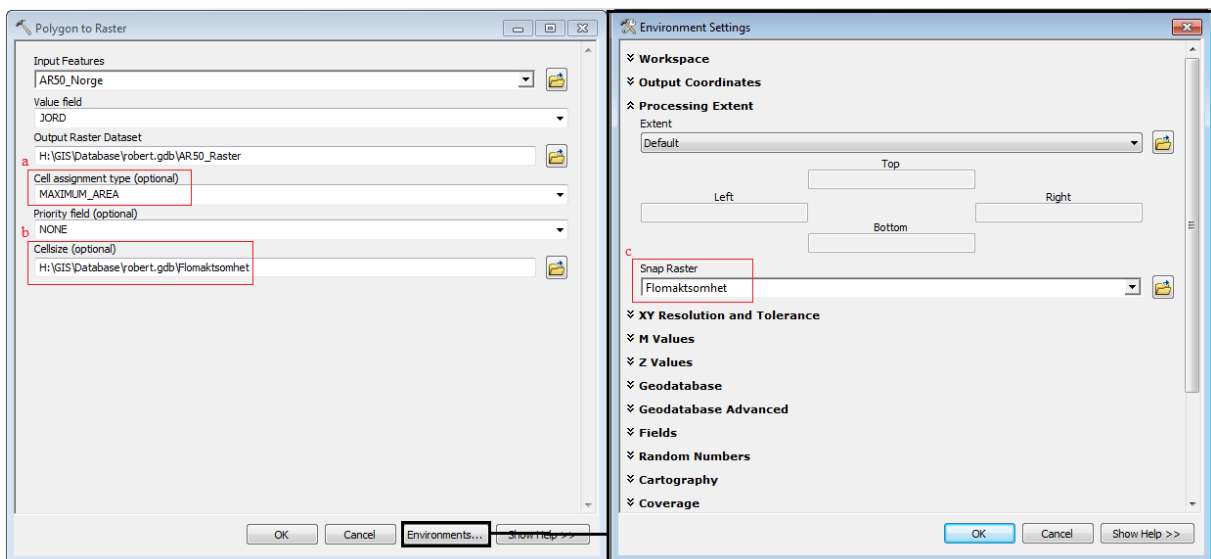
I figur 3.10 vises arbeidsflyttdiagrammet over rasteroperasjonene som er gjort i oppgaven. For det første må AR50 jordbruksvektor, AR5 Båtsfjord jordbruksvektor og 200års flomsonevektor konverteres fra vektordata til rasterdata. For det andre vil flomaktsomhetskartet gjennomgå en reklassifisering. For det tredje vil det bli utført to multiplikasjonsoperasjoner (engelsk: times).

I delen under vil jeg gå igjennom rasteroperasjonene som er gjort med utgangspunkt i arbeidsflytdiagrammet i figur 3.10.



Figur 3.11: Steg én av rasteroperasjonene. Vektordata blir konvertert til rasterdata.

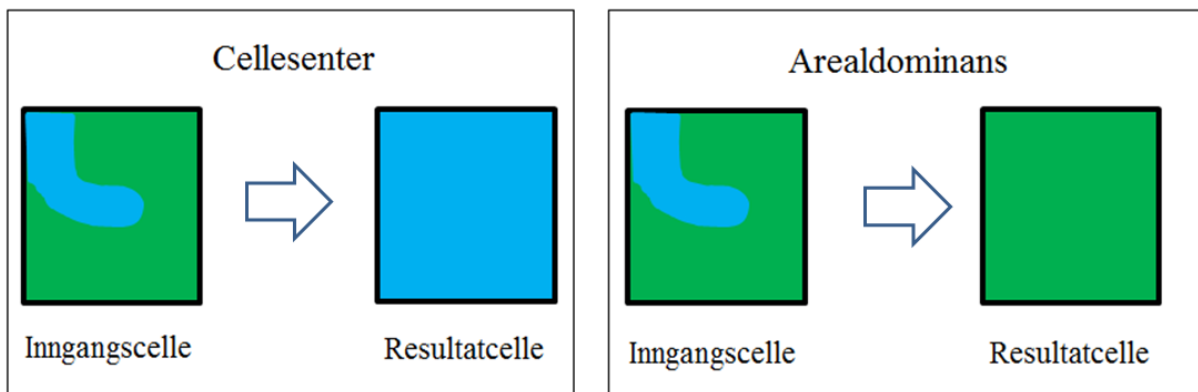
I figur 3.11 vises første steget, uthevet med en rød firkant. Det er en polygon-til-raster konvertering. Dette gjøres på AR50 jordbruksvektor (vist i linje en i figur 3.11), 200års flomsonevektor (vist i linje to i figur 3.11) og på AR5 Båtsfjord jordbruksvektor (vist i linje tre i figur 3.11). I likhet med arbeidsflytdiagrammet i figur 3.5, er kun Båtsfjord kommune representert, slik at figuren ikke tar for stor plass.



Figur 3.12: Valgene som er gjort ved polygon-til-raster konvertering. (a) celleinndelingsmetode, (b) valg av cellestørrelse. I miljøparametere-innstillingene er (c) valg av hvilken raster som er snapperaster.

Ved en polygon-til-raster konvertering er det flere valgmuligheter som har innvirkning på resultatet av operasjonen. Det er tre valg som er gjort i polygon-til-raster konverteringen. Valgene er vist i innstillingsvinduene i figur 3.12.

For det første er det viktig at riktig celletildelingsmetode velges. Dette vises i punkt a i figur 3.12. Vektordataen blir konvertert, og polygonene endres til celler. Det er tre ulike metoder som bestemmer hvilken verdi cellen skal tildeles, hvis mer enn én kategori faller innenfor en celle. De tre metodene er: cellesenter (engelsk: cell center), arealdominans (engelsk: maximum area) og maksimum kombinert areal (maximum combined area). Under vil jeg kort beskrive forskjellen på disse tre metodene. Cellesenter fungerer slik at hver enkelt rastercelle blir tildelt verdi etter den kategorien som befinner seg i cellens sentrum. Arealdominans tildeler cellen verdi etter den kategorien som dominerer, eller dekker størst del, av cellens totale størrelse (ESRI, 2014a; Rød 2015). Maksimum kombinert areal fungerer slik at hvis det er mer enn én kategori i en celle med den samme verdien, vil arealet av disse egenskapene bli kombinert. Det er den kombinerte kategorien med det største arealet som vil bestemme verdien, som hele cellen blir tildelt (ESRI, 2014a).

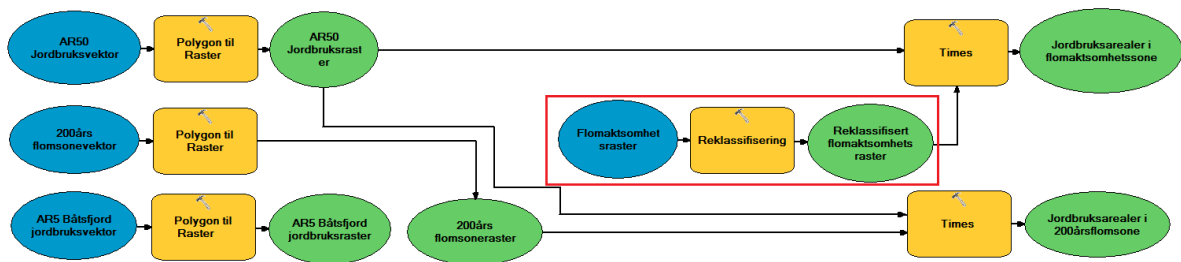


Figur 3.13: Prinsippkisse over celleinndelingsmetodene cellesenter og arealdominans.

I polygon-til-raster konverteringen tas det utgangspunkt i det nye feltet med den numeriske verdien 1, forklart i det fjerde steget av vektoroperasjonene (se figur 3.9). Det er ikke aktuelt å kombinere noen kategorier. Derfor står valg av celleinndelingsmetode mellom cellesenter og arealdominans. I figur 3.13 er prinsippet bak disse to metodene demonstrert. Til venstre i figur 3.13 vises resultatet hvis cellesenter velges. Da blir kategorien i cellens sentrum tildelt hele cellen. Til høyre i figur 3.13 vises resultatet hvis arealdominans velges. Da blir kategorien som dominerer arealet tildelt hele cellen. For å unngå en situasjon hvor kategorien som kun befinner seg i sentrum av cellen blir tildelt hele cellens verdi, er arealdominans valgt som celletildelingsmetode. Resultatet blir da som vist helt til høyre i figur 3.13, hvor det er den kategorien som dominerer cellens areal som blir tildelt hele cellens verdi. Ved å velge denne celleinndelingsmetoden sikres det for eksempel at jordbruksarealene blir tildelt en celleverdi der hvor jordbruksarealet dominerer cellens areal.

Det andre valget som gjøres ved en polygon-til-raster-konvertering er å bestemme hvilken størrelse de resulterende rastercellene skal ha. Dette vises i punkt b i figur 3.12. Siden det er forholdet mellom jordbruksarealer og flomaktsomhetssonen som skal undersøkes i oppgaven, er det viktig at disse to datasettene deler samme cellestørrelse, da det skal utføres beregninger med disse. Derfor blir cellestørrelsen på de resulterende rastercellene satt til å være lik cellestørrelsen i flomaktsomhetsrasteret. Cellestørrelsen i flomaktsomhetsrasteret er 25 x 25. Dette fører til at resultatrasteret i polygon-til-raster konverteringen får samme cellestørrelse som flomaktsomhetsrasteret.

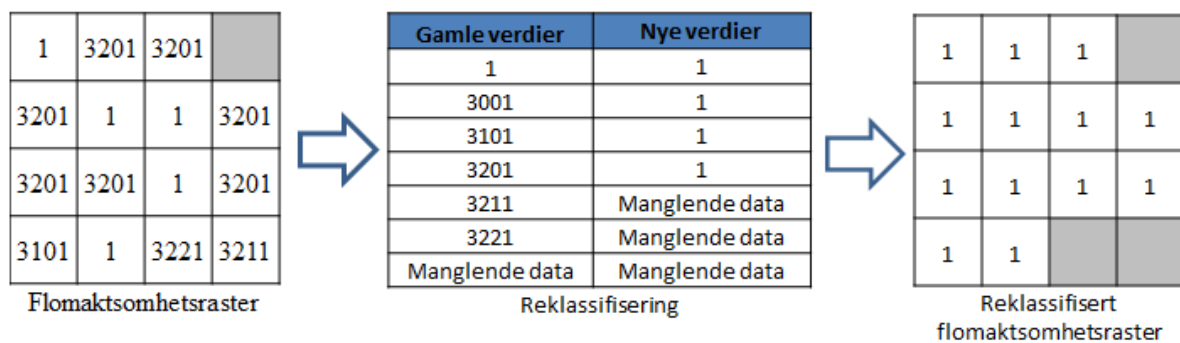
Det tredje valget vises i punkt c i figur 3.12. Dette valget sørger for at resultatrasteret av polygon-til-raster konverteringen ligger kant i kant med det rasteret som det skal utføres utregninger med. Dette er som nevnt flomaktsomhetsrasteret. For å få resultatrasteret til å ligge kant i kant med flomaktsomhetsrasteret brukes innstillingen snapperaster (engelsk: snap raster) i miljøparameter (engelsk: environmental settings) (ESRI, 2014b; Rød, 2015). Her settes flomaktsomhetsrasteret som snapperaster. De tre valgene som er beskrevet ovenfor er gjort på vektordatasettene i de tre linjene i figur 3.11. Resultatet er AR50 Jordbruksraster (vist i linje en i figur 3.11), AR5 Båtsfjord jordbruksraster (vist i linje tre i figur 3.11) og 200års flomsoneraster (også vist i linje tre i figur 3.11).



Figur 3.14: Steg to av rasteroperasjonene. Flomaktsomhetsrasteret blir reklassifisert.

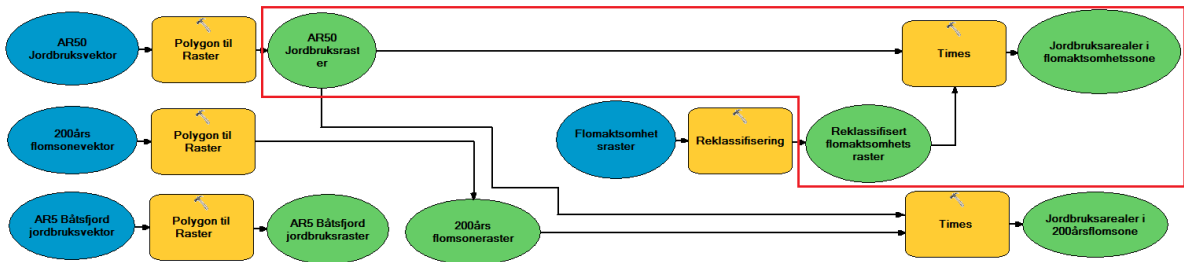
Steg nummer to av rasterprosesseringen er en reklassifisering av flomaktsomhetsrasteret. Steget er uthevet med rød firkant i figur 3.14.

For å gjøre utregningene med bruk av flomaktsomhetsrasteret enklere, er det gjennomført en reklassifisering av rasteret. Flomaktsomhetsrasteret fra NVE er klassifisert etter SOSI-koder (Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon). Klassene med tilhørende koder er: 1 (flomaktsomhetssone), 3001 (kystkontur), 3101 (innsjø/innsjøkant), 3201 (elv/bekk (kant og flate)), 3211 (midt elv/bekk), 3221 (tørrfall i vassdrag) og manglende data (engelsk: NoData) (Statens kartverk, 1997). Det er ikke nødvendig å ha en slik omfattende inndeling. Det viktigste for oppgaven er å skille flomaktsomhetssoneareal fra annet areal. Derfor er det gjort en reklassifisering.

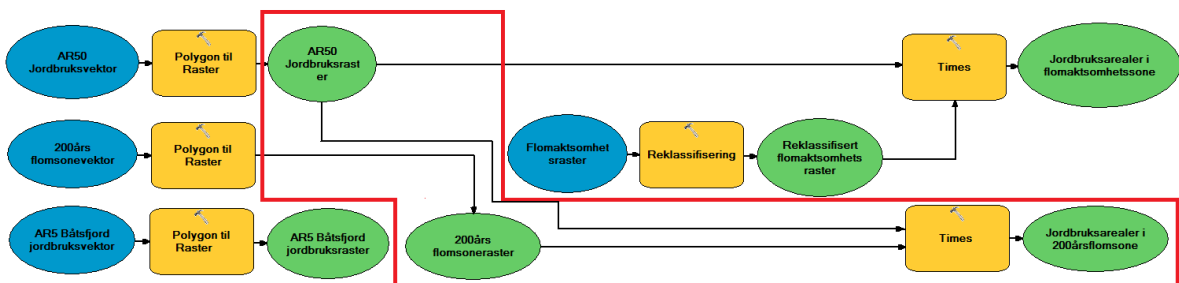


Figur 3.15: Prinsippskisse over reklassifisering av flomaktsomhetsrasteret.

Prinsippet bak reklassifiseringen vises i figur 3.15. Her er de originale verdiene i flomaktsomhetsrasteret reklassifisert til nye verdier. I flomaktsomhetsrasteret er det lokaliseringer som er klassifisert til «midt elv/bekk» (identifikasjonsnummer 3211) og «tørrfall i vassdrag» (identifikasjonsnummer 3221). Disse cellene har gjennom reklassifiseringen fått ny verdi som manglende data. Kystkontur (identifikasjonsnummer 3001), innsjø/innsjøkant (3101) og elv/bekk med kant og flate (identifikasjonsnummer 2301), har alle gjennom reklassifiseringen blitt tildelt verdien 1. Celler som allerede har verdien 1 (flomaktsomhetssone), gjøres det ingen endring på. Reklassifiseringen koder de nevnte verdiene om til enten 1 eller manglende data. Poenget med å sette verdiene til 1 og manglende data, er for å skille flomaktsomhetssone fra annet areal. Ved å tildele disse lokaliseringene verdien «manglende data», kan man i analysen ignorere disse lokaliseringene. Cellene med manglende data blir da ikke tatt med videre i analysen (ESRI, 2014c). Dette gjør at det er enklere å summere opp antall celler som befinner seg innenfor en sone, når det skal gjennomføres sonal kartalgebrafunksjon senere i oppgaven. Resultatet av dette steget er et reklassifisert flomaktsomhetsraster, vist helt til høyre i prinsippskissen i figur 3.15.

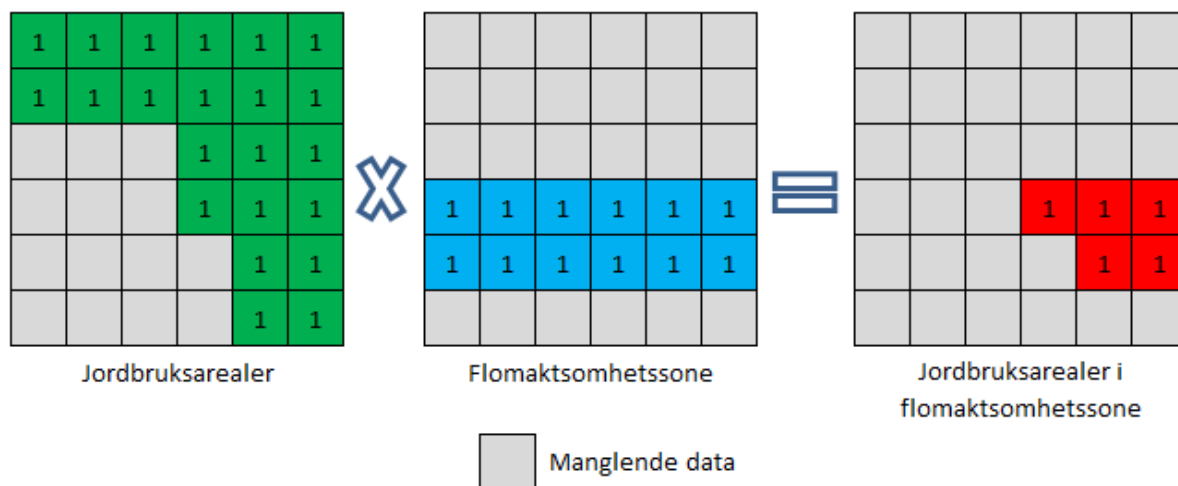


Figur 3.16: Del én av det tredje og siste steget av rasteroperasjonene. Her blir AR50 jordbruksraster multiplisert med det reklassifiserte flomaktsomhetsrasteret ved bruk av verktøyet «times». Resultatet er et raster med jordbruksarealer i flomaktsomhetssone. Dette vises i linje en og to i figuren.



Figur 3.17: Del to av det tredje og siste steget av rasteroperasjonene. Her blir AR50 jordbruksraster multiplisert med 200årsflomsoneraster ved bruk av verktøyet «times». Resultatet blir et raster med jordbruksarealer i 200års flomsoner. Dette vises i linje en og tre i figuren.

I det tredje og siste steget, er det fremstilt to raster ved bruk av verktøyet som multipliserer rasterdatasett med hverandre (engelsk: Times). Dette er gjort for å kunne besvare problemstillingen som går ut på å identifisere hvor mye jordbruksareal som befinner seg i flomaktsomhetssonen. For det første (se figur 3.16) er AR50 jordbruksraster multiplisert med det reklassifiserte flomaktsomhetsrasteret. Resultatet er et raster som beskriver jordbruksareal i flomaktsomhetssone. For det andre (se figur 3.17) er AR50 jordbruksraster multiplisert med 200års flomsoneraster. Resultatet er et raster som beskriver jordbruksareal som befinner seg i 200års flomsoner.



Figur 3.18: Prinsippskisse ved bruk av verktøyet "times". Jordbruksarealrasteret blir multiplisert med flomaktsomhetsrasteret, som gir et resultat med jordbruksarealer i flomaktsomhetszone.

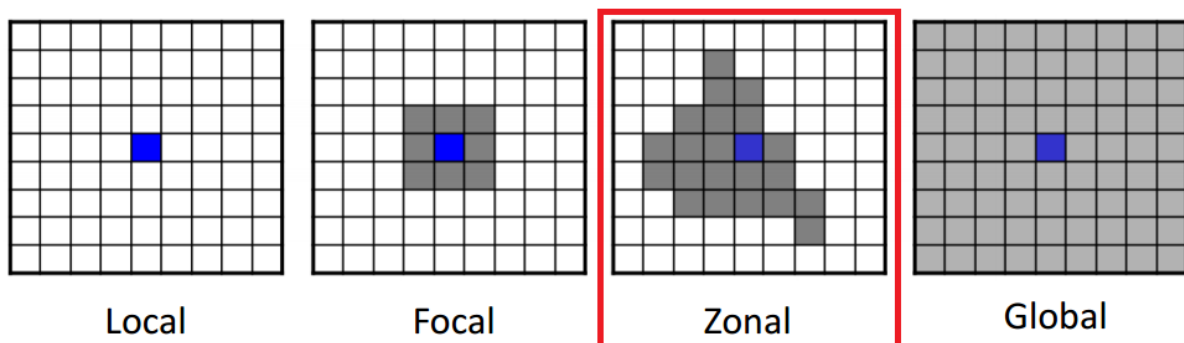
Prinsippet bak multiplikasjonsoperasjonen er lik for begge operasjonene. I figur 3.18 er prinsippet bak operasjonene visualisert med bruk av AR50 jordbruksraster, og det reklassifiserte flomaktsomhetsrasteret. I jordbruksrasteret er alle celler som har jordbruksarealer tilstede kodet til 1. Det samme er situasjonen i flomaktsomhetsrasteret hvor alle celler som har flomaktsomhetszone tilstede er kodet til 1. En multiplikasjon av disse to rasterne, hvor 1 blir multiplisert med 1, resulterer i et raster med verdien 1, kun for de celleposisjoner der jordbruksceller overlapper flomaktsomhetsceller.

Det tredje og siste steget summerer opp alt av rasteroperasjoner. Resultatet av operasjonene er AR50 jordbruksraster, AR5 Båtsfjord jordbruksraster (pluss et AR5 Grimstad jordbruksraster og et AR5 Ringsaker jordbruksraster), 200-års flomsone-raster, reklassifisert flomaktsomhetsraster, jordbruksarealer i flomaktsomhetszone og jordbruksarealer i 200-års flomsone. Disse rasterne vil bli brukt i beregningene som gjøres i sonale kartalgebrafunksjoner.



### 3.5 Kartalgebra

For å belyse hovedproblemstillingen i oppgaven brukes altså sonale kartalgebra (engelsk: zonal statistics). Kartalgebra brukes på rasterdata, og ved å anvende algebrafunksjoner på rasterceller, blir resultatet et eller flere nye rasterdatasett. Algebrafunksjonene omfatter matematiske operasjoner fra helt enkle operasjoner, til blant annet trigonometriske operasjoner. Kartalgebra kan brukes på enkeltceller eller på en samling av celler (Rød, 2015). Det er fire ulike familier som kartalgebrafunksjoner deles inn i. Disse fire er lokale, fokale, sonale og globale. De fire familiene vises i figur 3.19, hvor sonale er uthevet med den røde firkanten.

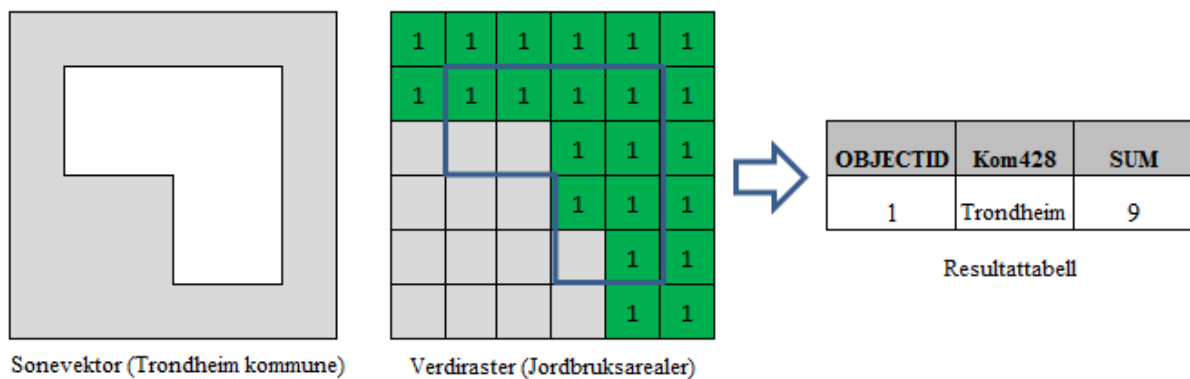


Figur 3.19: De fire kartalgebrafamiliene lokale, fokale sonale og globale (Hentet fra Li, 2009).

#### 3.5.1 Sonale kartalgebrafunksjoner

De sonale kartalgebrafunksjonene utfører beregninger på celler med samme verdi, som sammen utgjør en definert sone. Sonene kan være flere ulike områder. En sone kan være definert av både vektor- og rasterdata, og kan for eksempel være administrative enheter som fylke eller kommune. For et raster, er en sone alle cellene som deler samme verdi, mens for en vektor, vil en sone være alle elementer (engelsk: features) som har lik attributtverdi (ESRI, 2016b). En type sonale kartalgebrafunksjoner beregner statistikk for de ulike sonene, slik som minimum, maksimum, sum og gjennomsnitt (Rød, 2015).

Det er to krav som må oppfylles for å kunne utføre sonale kartalgebrafunksjoner. For det første må det eksistere en vektor (eller et raster), som definerer sonene hvor det skal regnes statistikk ut ifra. I denne oppgaven brukes kommunegrenser til å definere soner. Dette er vektordata. For det andre må det eksistere et verdiraster hvor statistikken regnes ut ifra. Utregningen resulterer i en tabell. Denne tabellen vil ha like mange rader som det er soner i datasettet (Rød, 2015).



Figur 3.20: Prinsippskisse over sonale kartalgebrafunksjoner. Antall celler jordbruksarealer summeres.

Figur 3.20 viser prinsippet bak sonale kartalgebrafunksjoner. Selv om soneområdet ikke ligner på Trondheim kommunes virkelige grenser, er kommunen brukt som eksempel. Helt til venstre i figuren vises Trondheim kommune, som definerer sonen hvor det skal regnes statistikk ut ifra. Midt i figuren vises rasteret, som inneholder jordbruksarealer. Dette er verdirasteret. Operasjonen regner så ut (summen) hvor mange rasterceller med jordbruksarealer som befinner seg innenfor Trondheim kommune. Resultatet av operasjonen i figur 3.20 vises til høyre i figuren. Dette er en tabell som forteller at det i Trondheim kommune er ni rasterceller med jordbruksarealer.

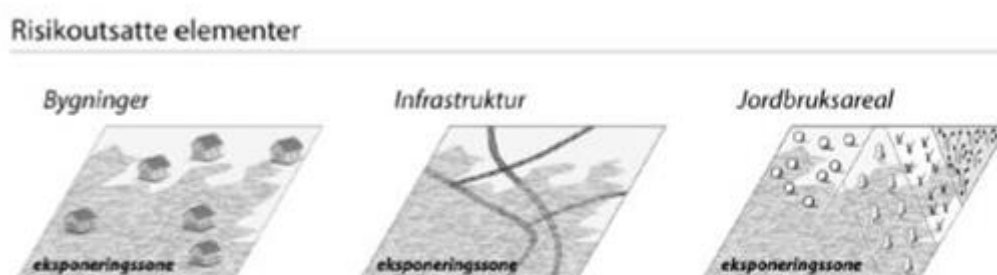
I oppgaven er det fremstilt flere tabeller. For det første er det fremstilt en tabell som inneholder antall rasterceller med jordbruksareal, hvor definisjonen er fulldyrka jord, overflatedyrka jord og innmarksbeite. For det andre er det fremstilt en tabell som inneholder antall rasterceller med jordbruksareal som befinner seg i flomaktsomhetssonen. For det tredje er det fremstilt en tabell som inneholder antall rasterceller med jordbruksareal som befinner seg i 200-års flomsonen. For det fjerde er det fremstilt en tabell som inneholder rasterceller med jordbruksareal, hvor definisjonen kun er fulldyrka jord og overflatedyrka jord. For det femte er det fremstilt en tabell som inneholder rasterceller med jordbruksareal, hvor definisjonen kun er fulldyrka jord og overflatedyrka jord, som befinner seg i flomaktsomhetssonen. Disse tabellene er brukt for å fremstille indeksene som beskrives i delen under.

### 3.6 Flomutsatthetsindeks

Måling handler blant annet om å teste teorier ved bruk av indikatorer (det samme som variabler), som deretter knyttes opp mot teoretiske begreper (Birkmann, 2006). Flomutsatthet

er et sammensatt begrep. Når et sammensatt begrep skal måles, gir det mer mening å operasjonalisere dette. Ifølge Rød m. fl., (2013a:93) baseres sårbarhetsvurderinger «typisk på bruken av indikatorer som er operasjonaliserte representasjoner av en karakteristikk eller egenskap ved et system». I denne oppgaven er flomutsatthet operasjonalisert ved bruk av to variabler. I flomutsatthetsindeks (1) er dette jordbruksareal og jordbruksareal i flomaktsonhetssone. Det er forholdet mellom disse to variablene som måler i hvilken grad norske kommuners jordbruksareal er flomutsatt. Målingen av dette forholdet fører til at kommunene blir rangert med en flomutsatthet i fra 0 til 1. Jo nærmere verdien 0, desto lavere grad av flomutsatthet, og jo nærmere verdien 1, desto høyere er graden av flomutsatthet. Ifølge Rød m. fl., (2013a) hevder Birkmann (2007) at hvis indekser skal ha en nytte innenfor planleggingen burde de baseres på mindre geografiske enheter, som for eksempel kommuner. Det er fordi det er på det lokale nivået klimatilpasning foregår. Flomutsatthetsindeks (1) sørger for at de 428 kommunene blir rangert i forhold til hverandre. Dette gjør det mulig å se på den relative graden av flomutsatthet. En undersøkelse av kommuner i denne sammenhengen er også fordelaktig, da det er et mål om å validere indeksen ved bruk av forsikringsdata, som også finnes på kommunenivå.

Fremstillingen av flomutsatthetsindeksene i denne oppgaven tar utgangspunkt i metodikken som brukes i forskningsprosjektet VulClim. I dette forskningsprosjektet vurderes flomsårbarheten «ved å telle antall adressepunkt innenfor aktsomhetssonen (APsone) for hver kommune og dele med antall adressepunkt innenfor kommunen (APkom)» (Rød m. fl., 2013a:98). I prosjektet er det studert en situasjon hvor bygninger er valgt som de «risikoutsatte

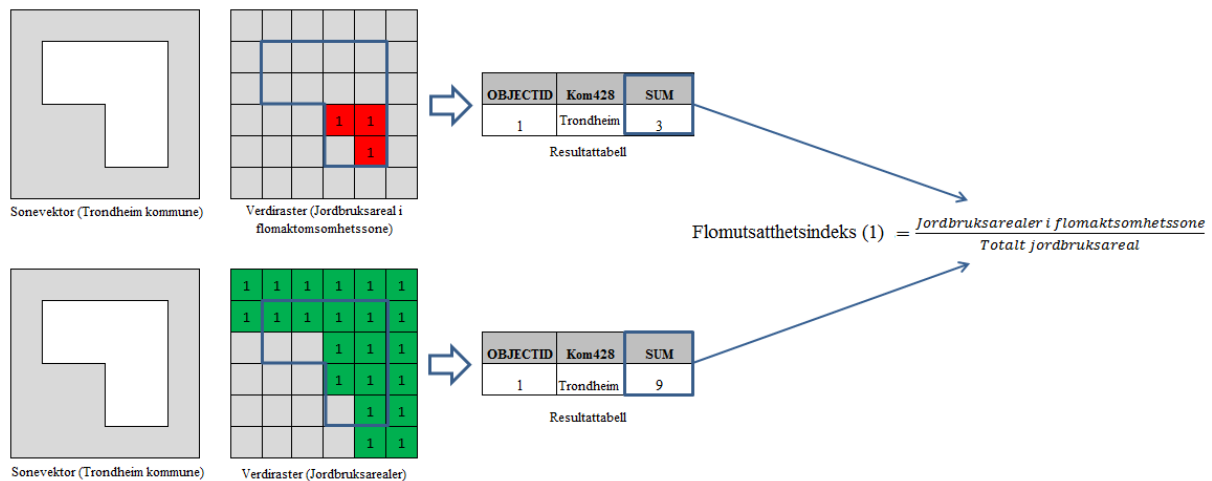


Figur 3.21: Sitasjonen som studeres i VulClim, og i denne oppgaven (Hentet fra: Rød m. fl., 2013a).

elementer». Dette vises helt til venstre i figur 3.21. I min oppgave blir flomutsattheten beregnet ut ifra situasjonen som vises helt til høyre i figur 3.21. Her er jordbruksareal de risikoutsatte

elementene. For å regne ut flomutsattheten brukes tabellene fremskaffet gjennom sonale kartalgebrafunksjoner. Flomutsatthetsindeks (1) er beskrevet som:

$$\text{Flomutsatthetsindeks (1)} = \frac{\text{Jordbruksareal i flomaktsomhetssone}}{\text{Totalt jordbruksareal}}$$



Figur 3.22: Prinsippskisse over hvordan flomutsatthetsindeks (1) er fremstilt. Dette er gjort på bakgrunn av tabellene produsert i sonale kartalgebrafunksjoner.

Prinsippet bak hvordan indeksen er fremstilt vises i figur 3.22. Indeksen er fremstilt ved at antallet rasterceller med jordbruksarealer i flomaktsomhetssone divideres på det totale antallet rasterceller med jordbruksareal. Dette er innenfor kommunens grenser. Denne utregningen gjøres så for hver av de 428 kommunene. Resultatet fører til at hver kommune blir tildelt en verdi som forteller grad av flomutsatthet.

I tillegg til flomutsatthetsindeks (1), er det også beregnet en flomutsatthetsindeks (2). Denne indeksen bruker lik metode som flomutsatthetsindeks (1). Forskjellen på disse to indeksene er at det i flomutsatthetsindeks (2) regnes ut en flomutsatthet basert på jordbruksareal i 200-års flomsone. Flomutsatthetsindeks (2) er beskrevet som:

$$\text{Flomutsatthetsindeks (2)} = \frac{\text{Jordbruksareal i 200års flomsone}}{\text{Totalt jordbruksareal}}$$

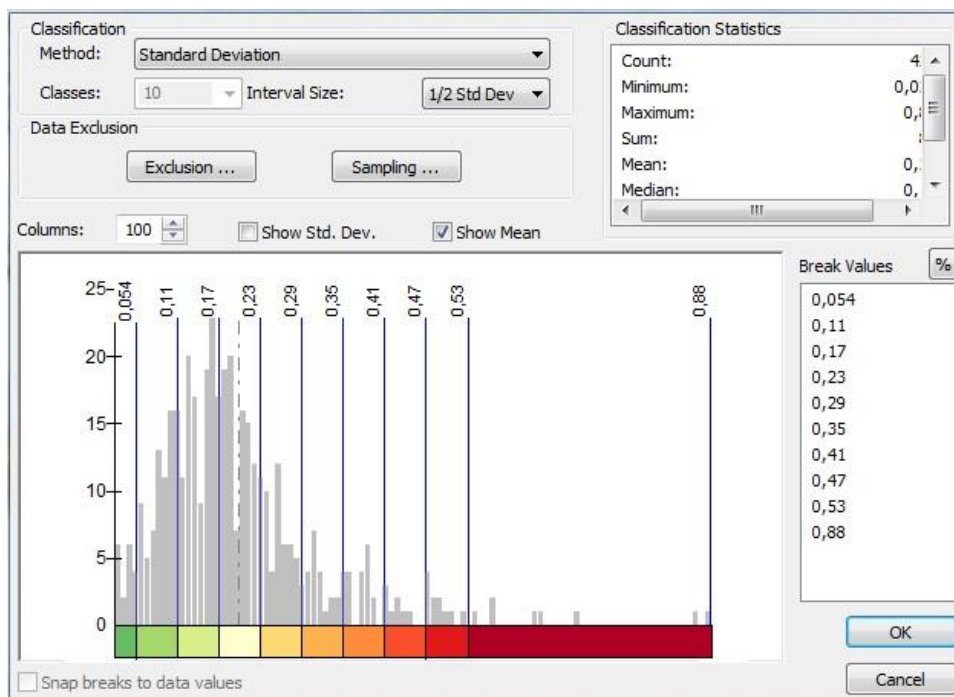
I tillegg til disse to indeksene er det fremstilt en tredje indeks. Denne baserer seg også på samme metode. Forskjellen er at definisjonen av jordbruksarealer er forskjellig fra flomutsatthetsindeks (1). I flomutsatthetsindeks (3) er jordbruket definert som fulldyrka jord og overflatedyrka jord. Flomutsatthetsindeks (3) er beskrevet som:

$$\text{Flomutsatthetsindeks (3)} = \frac{\text{Jordbruksareal i flomaktsomhetssone}}{\text{Totalt jordbruksareal}}$$

### 3.7 Fremstilling av kart

Etter at flomutsatthetsindeks (1), flomutsatthetsindeks (2) og flomutsatthetsindeks (3) er beregnet, skal disse fremstilles i kart. Delen under tar for seg hvordan kartene er fremstilt. Dette omfatter hvilken karttype, hvilken klasseinndelingsmetode og antall klasser som er brukt i kartene.

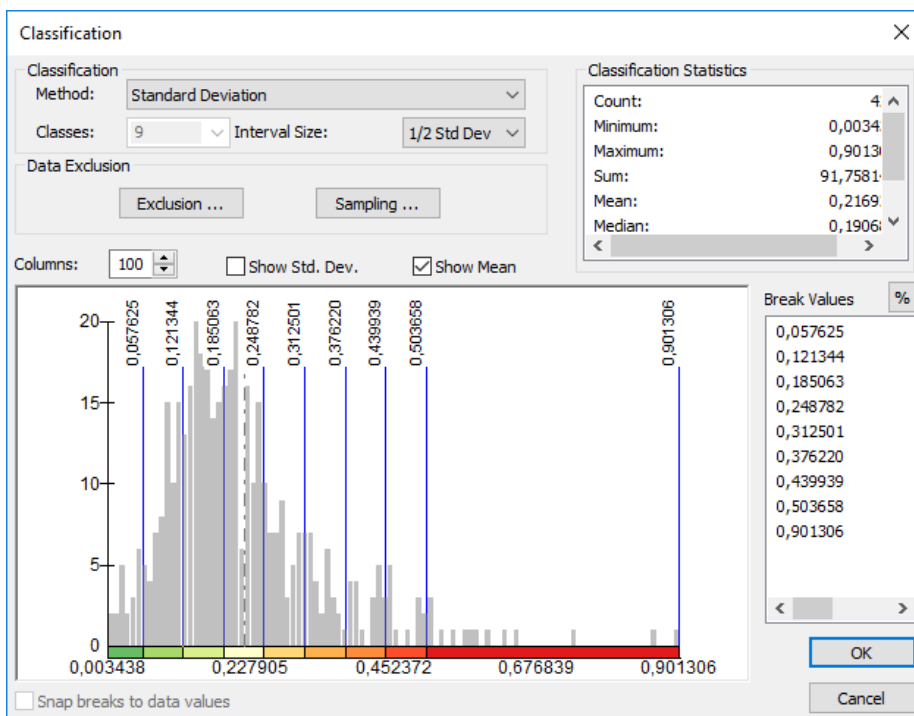
Valg av karttype er avhengig av blant annet hvilket målenivå dataverdiene er på. Det finnes en standard inndeling av målenivå. Disse er nominal, ordinal, intervall og forhold. Indeksene er kategoriserte data i en numerisk rekkefølge, som har et absolutt nullpunkt, og er på forholdstallsnivå med relative verdier. Når dataen er relative forholdstall, er skravurkart en egnet karttype (Rød, 2009). Hensikten med å fremstille kart i denne oppgaven er å visualisere den geografiske variasjonen og få frem den relative graden av flomutsatthet. Dette egner skravurkart seg til. Etter valget av karttype må klasseinndelingsmetode velges. En av klasseinndelingsmetodene går ut på å dele klassene i en serielt bestemt inndeling. Her blir klassene bestemt ved bruk av en matematisk funksjon. Standardavvik er et eksempel på en serielt bestemt inndeling. Det er standardavviksmetoden som er brukt for å klassifisere enhetene i flomutsatthetsindeks (1). Denne metoden er også brukt i flomutsatthetsindeks (3). Når standardavvik brukes som klasseinndelingsmetode, burde verdiene ideelt sett være normalfordelte. Visuelt vil verdiene da utgjøre en bjelleform på grafen. Det er mulig å gjøre en visuell test for å se om verdiene langs grafen danner en bjelleform. Dette indikerer at verdiene er tilnærmet normalfordelt (Rød, 2009).



Figur 3.23: Klasseinndelingsmetoden som er valgt til flomutsatthetsindeks (1).

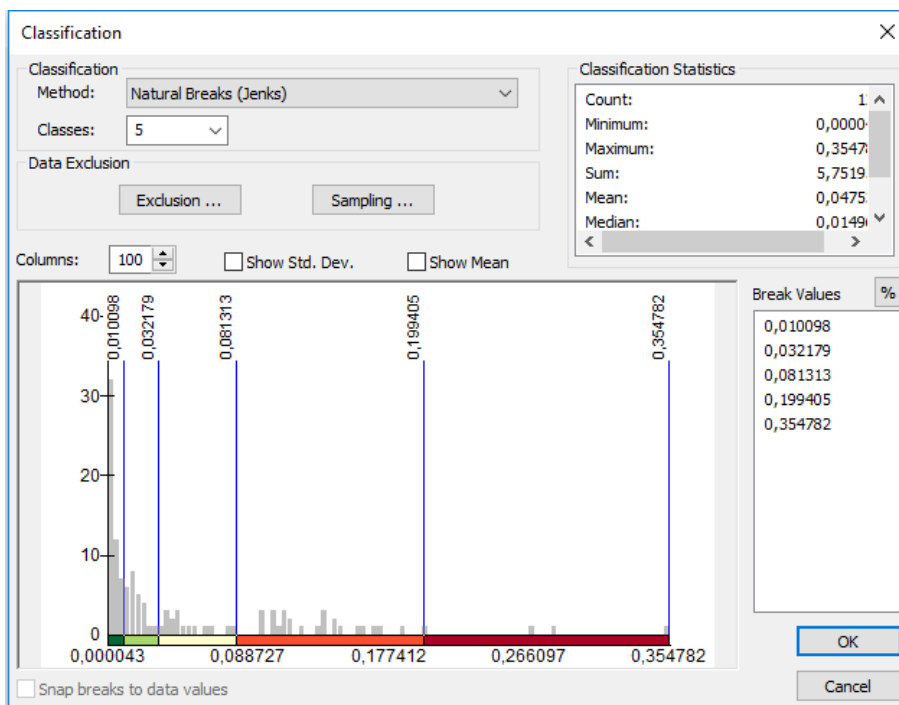
Figur 3.23 viser verdiene i flomutsatthetsindeks (1) fordelt langs x-aksen. I tillegg vises klasseinndelingen og fargegraderingen som de ulike klassene har fått. Den stiplede linjen på grafen er gjennomsnittsverdien. Verdiene danner en form som ligner en skjev normalfordelingskurve. Det er ikke optimalt å bruke standardavviksmetoden for å klassifisere disse verdiene, men metoden er valgt for å vise spredningen av kommunene, og belyse hvor mye hver kommune avviker fra gjennomsnittet. Ved å bruke denne metoden fremheves hvilke kommuner som faller over og under gjennomsnittet. Når standardavviksmetoden velges som klasseinndeling er det ikke mulig å velge antall klasser. Antall klasser blir bestemt ut i fra «hvor mange standardavvik som er nødvendig for å dekke variasjonsbredden til variabelen som skal kartlegges» (Rød, 2009:157). En klassifisering av enhetene etter standardavviksmetoden med  $\frac{1}{2}$ - standardavvik som klassebredde resulterer i tre klasser under gjennomsnittet, og seks klasser over gjennomsnittet. I figur 3.24 vises verdiene i flomutsatthetsindeks (3) fordelt langs x-aksen. Standardavviksmetoden brukes også her. Det er totalt ni klasser hvor tre klasser faller under gjennomsnittet, og fem klasser over gjennomsnittet. I figur 3.25 vises verdiene i flomutsatthetsindeks (2). Her det valgt naturlig brudd som klasseinndelingsmetode. Antall klasser er fem, hvor det er to klasser under gjennomsnittet, og to klasser over gjennomsnittet.

### Flomutsatthetsindeks (3):



Figur 3.24: Klasseinndelingsmetoden som er valgt til flomutsatthetsindeks (3).

### Flomutsatthetsindeks (2):



Figur 3.25: Klasseinndelingsmetoden som er valgt til flomutsatthetsindeks (2).

I henhold til valg av klasser, vil desto færre klasser føre til desto større grad av generalisering. På den annen side, vil et større antall klasser gjøre det vanskeligere å forstå budskapet som ønskes å få frem i kartet. Derfor er valg av antall klasser viktig. Ifølge Rød (2009) ble det gjennom forskning på 1970-tallet funnet ut at 5 – 6 klasser er nært optimalt for en god visualisering. Det burde heller ikke være mer enn 10 – 11 klasser maksimalt, siden budskapet fort kan bli uforståelig. Et annet moment, og som er en utfordring med klasseinndelte skravurkart, er at det kan skapes forskjeller mellom enheter som ikke er så signifikante i virkeligheten, men som blir det på kartet. Det er også viktig å vite at hvis det velges for få klasser, kan enheter som i virkeligheten er ulike, risikere å havne i den samme klassen. Resultatet kan bli at kartet forteller feil budskap, fremfor det aktuelle forholdet mellom enhetenes verdier (Rød, 2009).

Etter valg av klasseinndelingsmetode må klassene tildeles fargetoner. En bipolar skala er ifølge Rød (2009) det naturlige valget å bruke i en fremstilling, når standardavvik er brukt som klasseinndelingsmetode. Grunnen til dette er at ulikheten mellom klassegrensene som faller over og under gjennomsnittet blir mer tydelig. I figur 3.23 vises dette med at det er valgt en nøytral farge på middelverdien, som symboliserer gjennomsnittet. Deretter er det tre klasser under gjennomsnittet, som vises med tre ulike grader av grønn. Jo mørkere grønnfarge, desto mindre utsatt er kommunen. På den andre siden av gjennomsnittet vises klassene med seks ulike grader av rød. Jo mørkere rødfarge desto mer utsatt er kommunen.

Ved valg av farger er det noen ting som må tenkes på. For eksempel kan to enheter på kartet virke veldig ulike hvis en enhet får tildelt en rød farge, og en annen enhet får tildelt en grønn farge. I virkeligheten kan enhetene være mer like enn det fargene rødt og grønt symboliserer (Rød, 2009). For flomutsatthetsindeksene er det naturlig å velge en fargeskala fra grønt til rødt, med en nøytral gul farge i midten. Dette er farger som folk har klare assosiasjoner til. Grønt oppfattes som noe positivt. Gult oppfattes som noe mer nøytralt, mens rødt er forbundet med fare. Flomutsatthetsindeksene vil bli presentert i resultatene i neste kapittel.



### 3.8 Validering

For å se om resultatene av flomutsatthetsindeks (1) stemmer overens med virkeligheten, er det gjort et forsøk på å validere denne indeksen ved bruk av forsikringsdata fra Norsk naturskadepool. Det er også brukt mål på korrelasjon for å sammenligne flomutsatthetsindeks (1) og flomutsatthetsindeks (3).

Valideringen og sammenligningen av indeksene gjøres ved å gjennomføre en analyse av korrelasjon. Denne handlingen betegnes også som en bivariat analyse. Når det utføres en slik analyse er man ute etter å studere sammenhengen mellom to variabler, som for eksempel om en høy verdi for den ene variabelen også har en høy verdi for den andre variabelen. For å finne ut om variablene korrelerer, måles grad av styrke og retning på korrelasjon mellom variablene. Dette gjøres ved bruk av koeffisienter. Det er målenivået til variablene som avgjør hvilken koeffisient som skal brukes. Det finnes flere koeffisienter, men når variablene er på målenivået forholdsnivå, brukes Pearsons koeffisient. Resultatet ligger mellom -1 eller +1. Fortegnet forteller om det er negativ eller positiv korrelasjon, mens hvor nært -1 eller +1 resultat er, forteller styrken til korrelasjonen (Rød, 2009). I oppgaven er det brukt SPSS for å beregne korrelasjonskoeffisienten.

For å validere flomutsatthetsindeks (1) mot forsikringsdata, er indeksen og forsikringsdataen transformert, ved bruk av minimum-maksimum-transformasjon. Dette fører til at det som sammenlignes har en felles skala. Transformeringsen gjøres ved å utføre en minimum-maksimum-transformasjon ved bruk av formelen:

$$x' = \frac{x - \min}{\max - \min} 100$$

I formelen er  $x'$  den nye transformerte verdien.  $X$  er den originale verdien. Min og max står for minimumsverdien og maksimumsverdien. Avslutningsvis multipliseres de nye verdiene med 100 slik at de nye verdiene går fra 0 til 100 (Rød m. fl., 2013b). Resultatet av valideringen og sammenligning av flomutsatthetsindeks (1) og flomutsatthetsindeks (3) presenteres i neste kapittel.

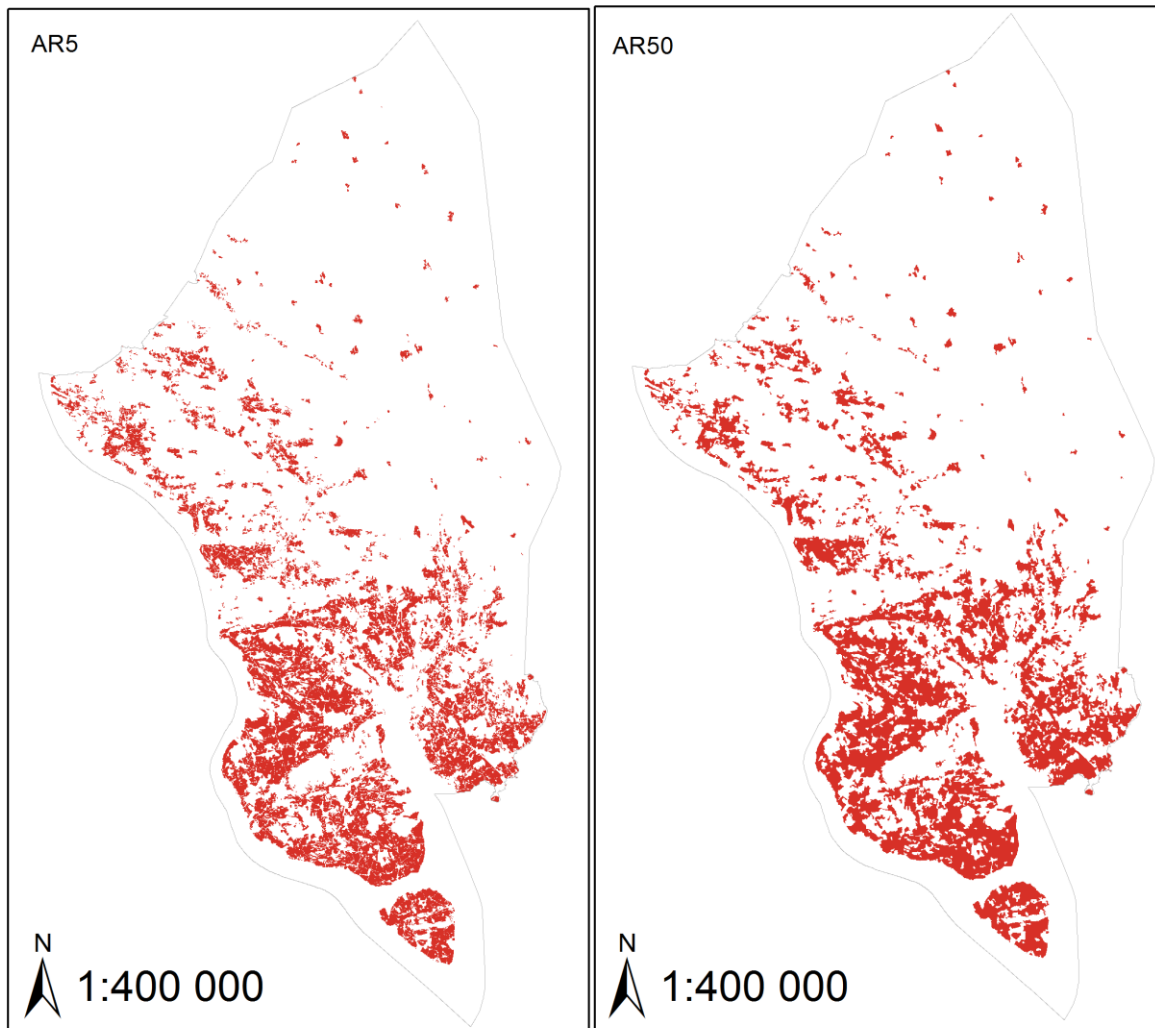
### 3.9 Sammenligning av AR50 og AR5

I delen under sammenlignes arealtall i AR50 opp mot arealtall i AR5, for å se betydning et mer detaljert datasett over jordbruksarealer kan ha å si for resultatene i analysen. Ringsaker kommune, er den kommunen med totalt sett størst jordbruksareal. Grimstad kommune, er den kommunen med det gjennomsnittlige jordbruksarealet. Båtsfjord kommune, er den kommunen som har minst jordbruksareal. Vurderingen av arealtallene baserer seg på å sammenligne arealtall fra de to datasettene. Jordbruksarealer er definert som fulldyrka mark, overflatedyrka mark, og innmarksbeite.

I figur 3.26 vises forholdet mellom arealtallene i datasettene AR5 og AR50 Ringsaker kommune. Resultatene viser at det i AR50 er 216 575 000 m<sup>2</sup> med jordbruksarealer, mens det i AR5 er 194 440 625 m<sup>2</sup> med jordbruksarealer. Det er en forskjell på 22 134 375 m<sup>2</sup> hvor den relative forskjellen mellom datasettene er på 0,102, som gir en relativ prosentvis forskjell på 10 %. I Grimstad kommune (se figur 3.27) er det i AR50 22 325 000 m<sup>2</sup> med jordbruksarealer, mens det i datasettet AR5 er 19 881 250 m<sup>2</sup> med jordbruksarealer. Dette er en forskjell på 2 443 750 m<sup>2</sup> hvor den relative forskjellen er 0,109. Dette gir en relativ prosentvis forskjell på 11 %. Den tredje og siste kommunen som har blitt sammenlignet er Båtsfjord kommune (se figur 3.28). Her er det i AR50 287 500 m<sup>2</sup> med jordbruksarealer, mens det på den andre siden i AR5 er 249 375 m<sup>2</sup> med jordbruksarealer. Dette er en forskjell på 38 125 m<sup>2</sup> hvor den relative forskjellen er 0,132. Dette gir en relativ prosentvis forskjell på 13 %.

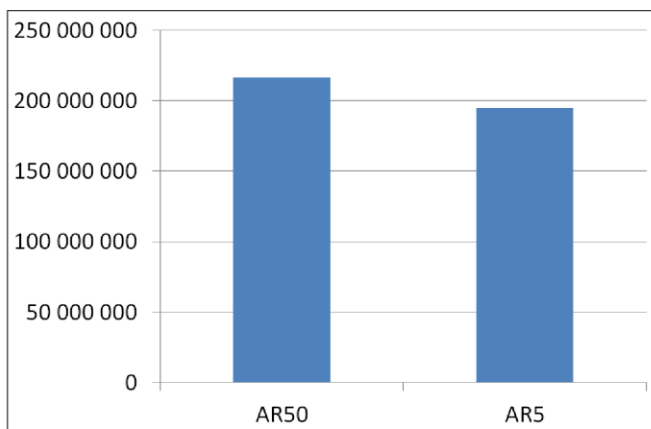
Den relative forskjellen mellom datasettene i alle tre kommunene er på henholdsvis 10 %, 11 % og 13 %. I Båtsfjord kommune, med minst jordbruksareal, er forskjellen 13 % mens det i Ringsaker kommune er en relativ forskjell mellom datasettene på 10 %. Det er altså ganske lik forskjell på de kommunene som befinner seg på hver sin ende av de 428 kommunene i henhold til kvadratmeter med jordbruksareal. Dette viser at tallene i oppgaven kunne ha vært mer virkelighetsnære, men hensikten er ikke å lage en indeks som er mest lik virkeligheten, men å belyse den relative flomutsattheten i kommunene.

## Ringsaker kommune Jordbruksarealer i AR5 versus AR50



194 440 625 Kvadratmeter jordbruksarealer

216 575 000 Kvadratmeter jordbruksarealer



### Tegnforklaring

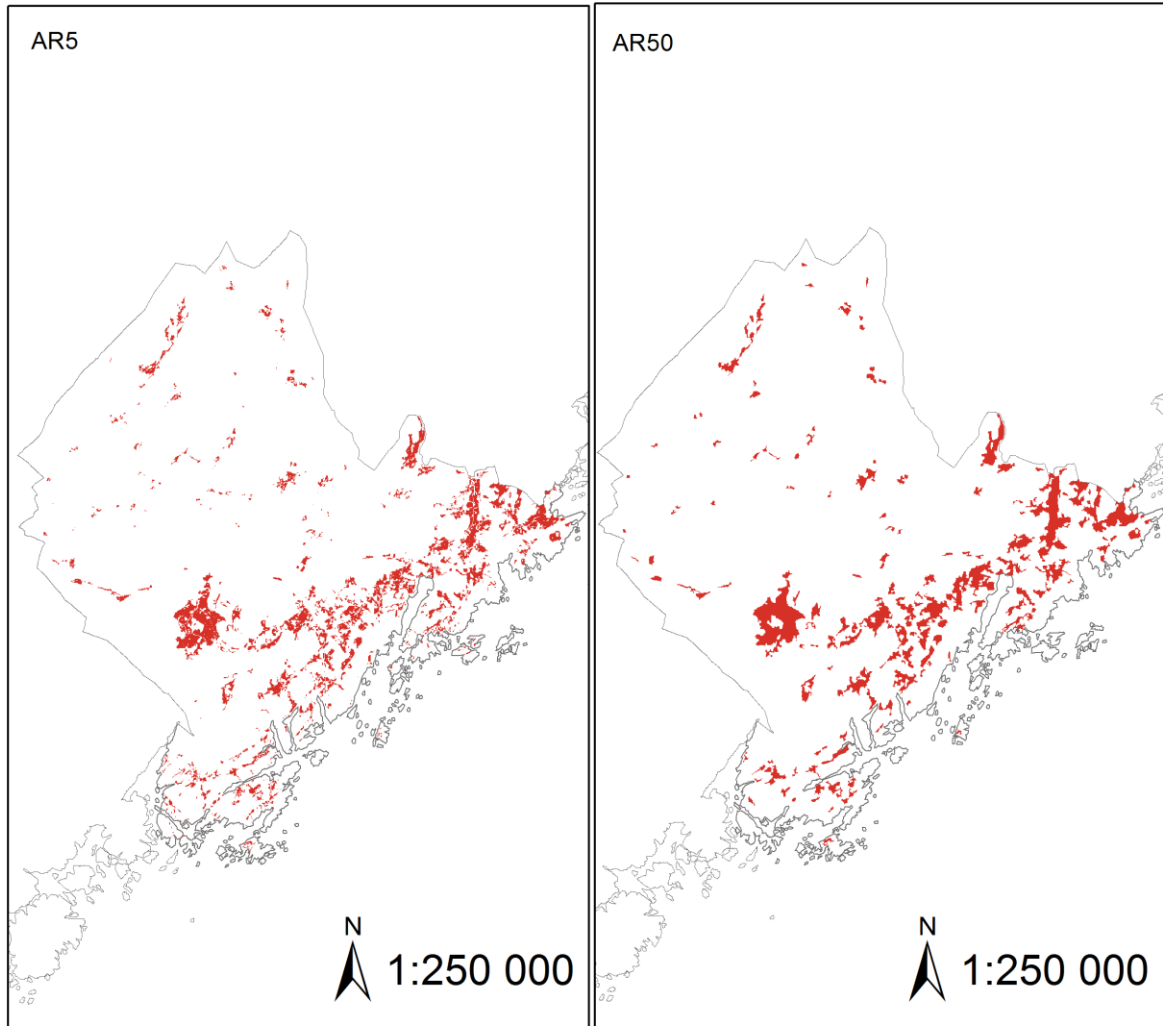
- Kommunegrense
- Jordbruksareal

Kartet viser totalt kvadratmeter jordbruk i Ringsaker kommune i datasettene AR5 og AR50. Jordbruk er definert som fulldyrka mark, overflatedyrka mark og innmarskbeite. Grafen viser også forholdet.

Kilde: Statens kartverk, NIBIO og NVE Forfatter: Robert Bjørnestrøl

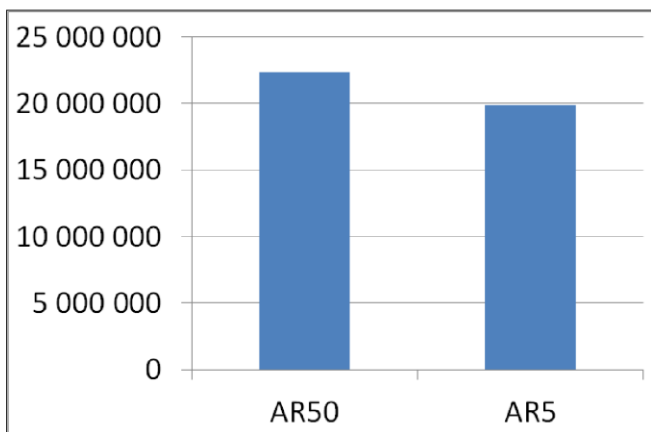
Figur 3.26: Forholdet mellom jordbruksarealer i AR50 og AR5 i Ringsaker kommune.

## Grimstad kommune Jordbruksarealer i AR5 versus AR50



19 881 250 Kvadratmeter jordbruksarealer

22 325 000 Kvadratmeter jordbruksarealer



### Tegnforklaring

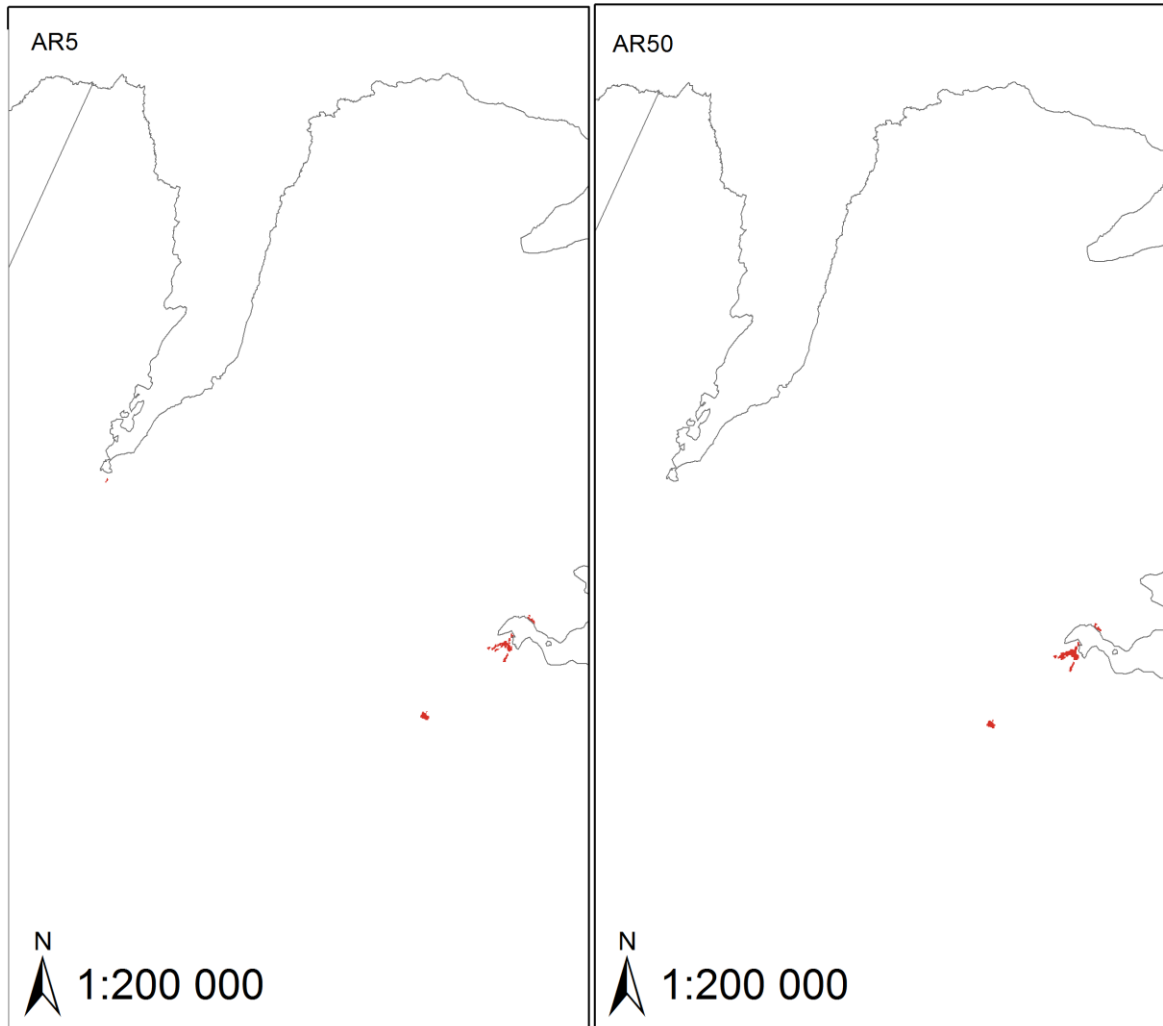
- Kommunegrense
- Jordbruksareal

Kartet viser totalt kvadratmeter jordbruk i Grimstad kommune i datasettene AR5 og AR50. Jordbruk er definert som fulldyrka mark, overflatedyrka mark og innmarskbeite. Grafen viser også forholdet.

Kilde: Statens kartverk, NIBIO og NVE Forfatter: Robert Bjørnestøl

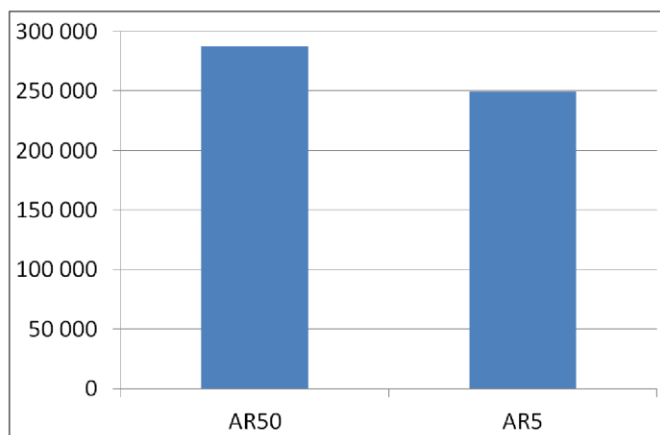
Figur 3.27: Forholdet mellom jordbruksarealer i AR50 og AR5 i Grimstad kommune.

## Båtsfjord kommune Jordbruksarealer i AR5 versus AR50





249 375 Kvadratmeter jordbruksarealer

287 500 Kvadratmeter jordbruksarealer



### Tegnforklaring

-  Kommunegrense
-  Jordbruksareal

Kartet viser totalt kvadratmeter jordbruk i Båtsfjord kommune i datasettene AR5 og AR50. Jordbruk er definert som fulldyrka mark, overflatedyrka mark og innmarskbeite.

Kilde: Statens kartverk, NIBIO og NVE Forfatter: Robert Bjørnestrøl

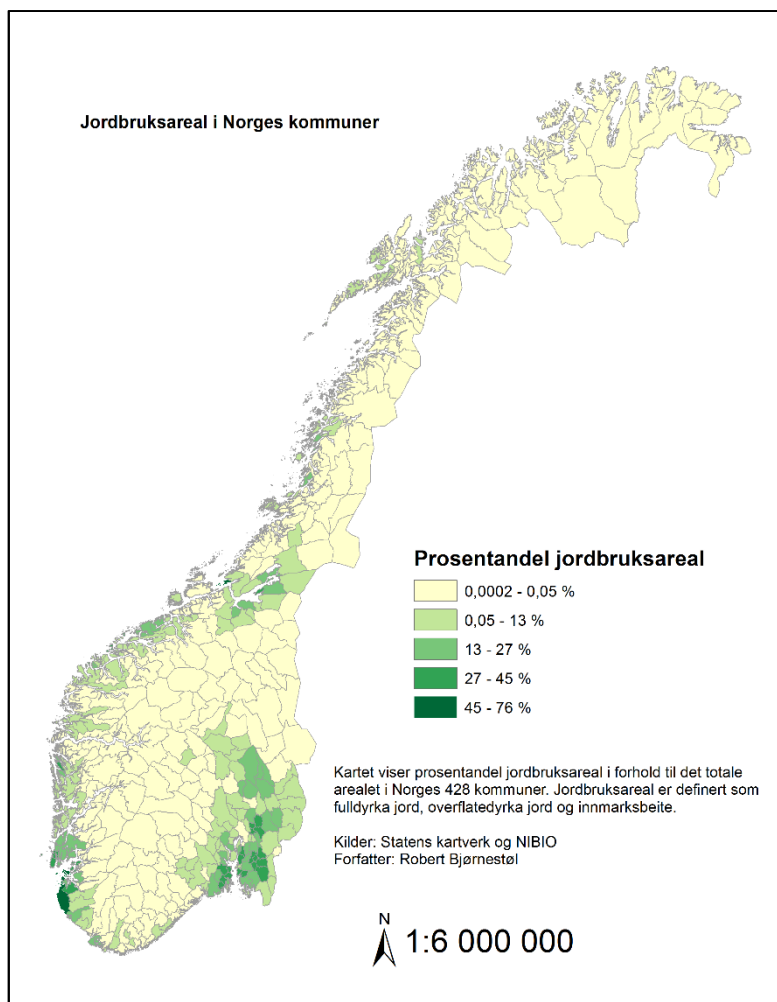
Figur 3.28: Forholdet mellom jordbruksarealer i AR50 og AR5 i Båtsfjord kommune.



## 4 Resultater

I dette kapitlet vil resultatene bli presentert. Først og fremst blir to kart presentert, ett som viser andel jordbruksareal i kommunene og ett som viser andel flomaktsomhetszone i kommunene. Deretter vil flomutsatthetsindeks (1) bli presentert. Videre blir et utvalgt antall kommuner trukket fram og kommunens plassering på denne indeksen blir belyst. Deretter legges flomutsatthetsindeks (2) fram. I slutten av kapitlet presenteres sammenligningen av flomutsatthetsindeks (1) og (3). Kapitlet avsluttes med resultatene av valideringen, som er gjort av flomutsatthetsindeks (1) mot forsikringsdata fra Norsk Naturskadepool.

### 4.1 Andel jordbruksareal

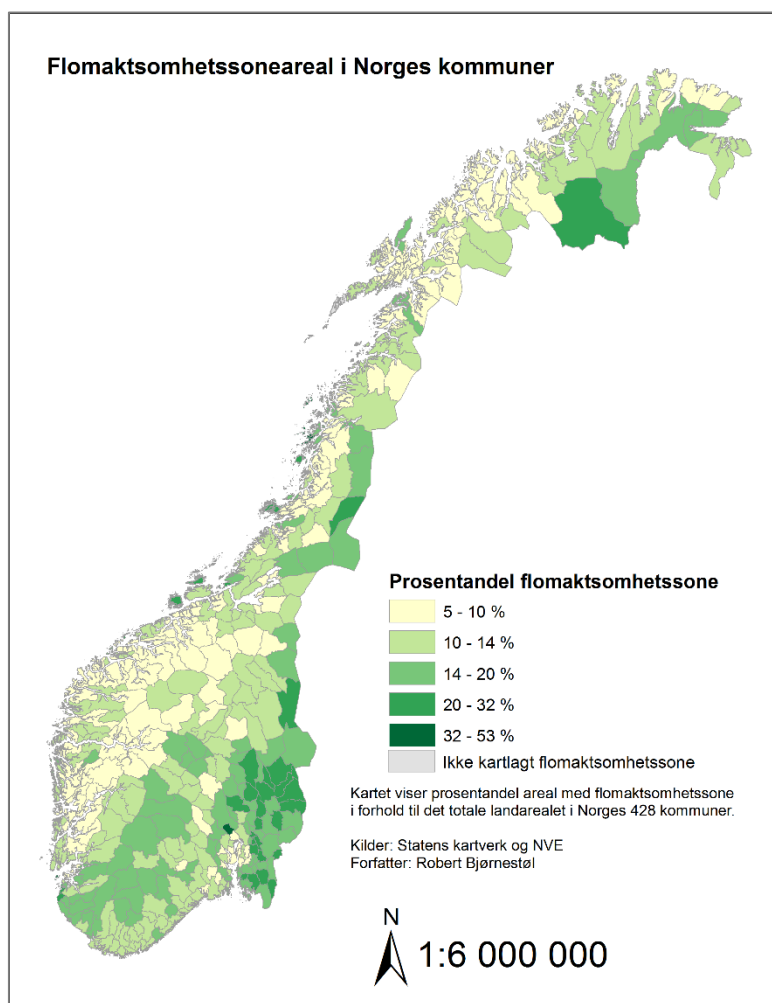


Figur 4.1: Prosentandel jordbruksareal i forhold til totalt landareal i kommunene.

I figur 4.1 vises rangeringen av andel jordbruksareal i de 428 kommunene. Her fremstilles de ulike kommunene etter hvor stor prosentandel jordbruksareal kommunene har i forhold til hver

enkelt kommunes totale landareal. Hensikten med denne fremstillingen er å få frem hvor i Norge «jordbrukskommunene» befinner seg. Den geografiske variasjonen i figur 4.1 viser at kommunene som har 0,05 – 13 % andel jordbruksareal befinner seg i Trøndelag, på kysten langs Vest- og Sør-Norge, og på Østlandet, langs og nord, for Oslofjorden. Det er også i de samme områdene hvor kommunene som har 13 – 45 % andel jordbruksareal befinner seg. Kommunene med høyest relativ prosentandel jordbruksareal i forhold til det totale arealet befinner seg på Jæren. På den annen side er kommunene som har 0,05 % eller lavere andel jordbruksareal i hovedsak lokalisert i fjellområdene. Det er også noen kommuner lengre nord, langs kysten av Nordland og i området rundt Lofoten, som har 0,05 – 13 % andel jordbruksareal av det totale landarealet.

## 4.2 Andel flomaktsomhetssoneareal



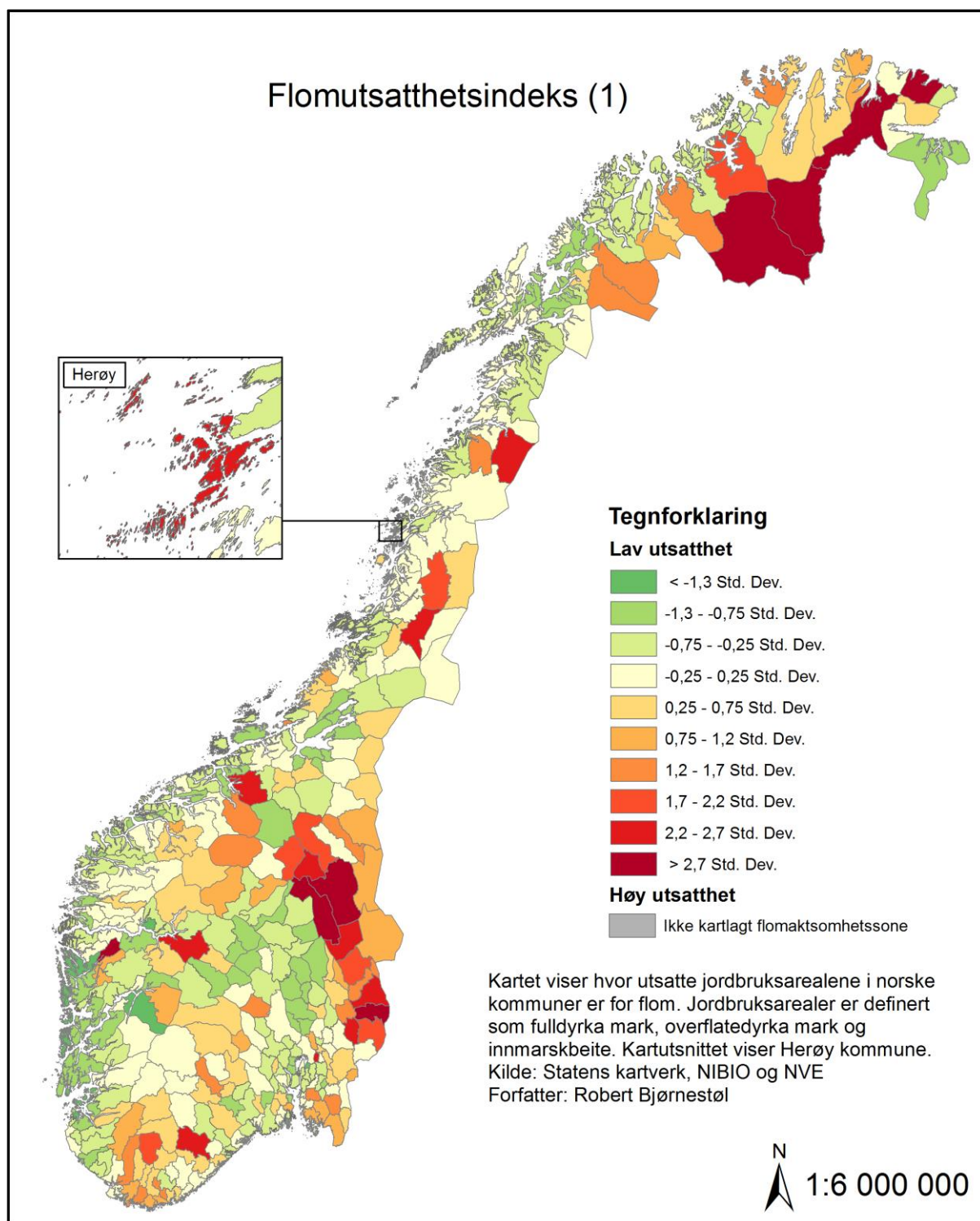
Figur 4.2: Prosentandel flomaktsomhetssoneareal i forhold til totalt landareal i kommunene.



I figur 4.2 vises den geografiske variasjonen av de 428 kommunene med prosentandel flomaktsomhetssoneareal i forhold til det totale landarealet, i hver kommune. Kartet viser at de kommunene med høyest andel flomaktsomhetssoneareal (over 20 %) befinner seg, i all hovedsak øst i landet, mot grensen til Sverige. Motsatt finner vi kommunene med lavest andel areal (10 % og mindre), vestover i landet. Det er også en trend at disse kommunene befinner seg langs kysten.

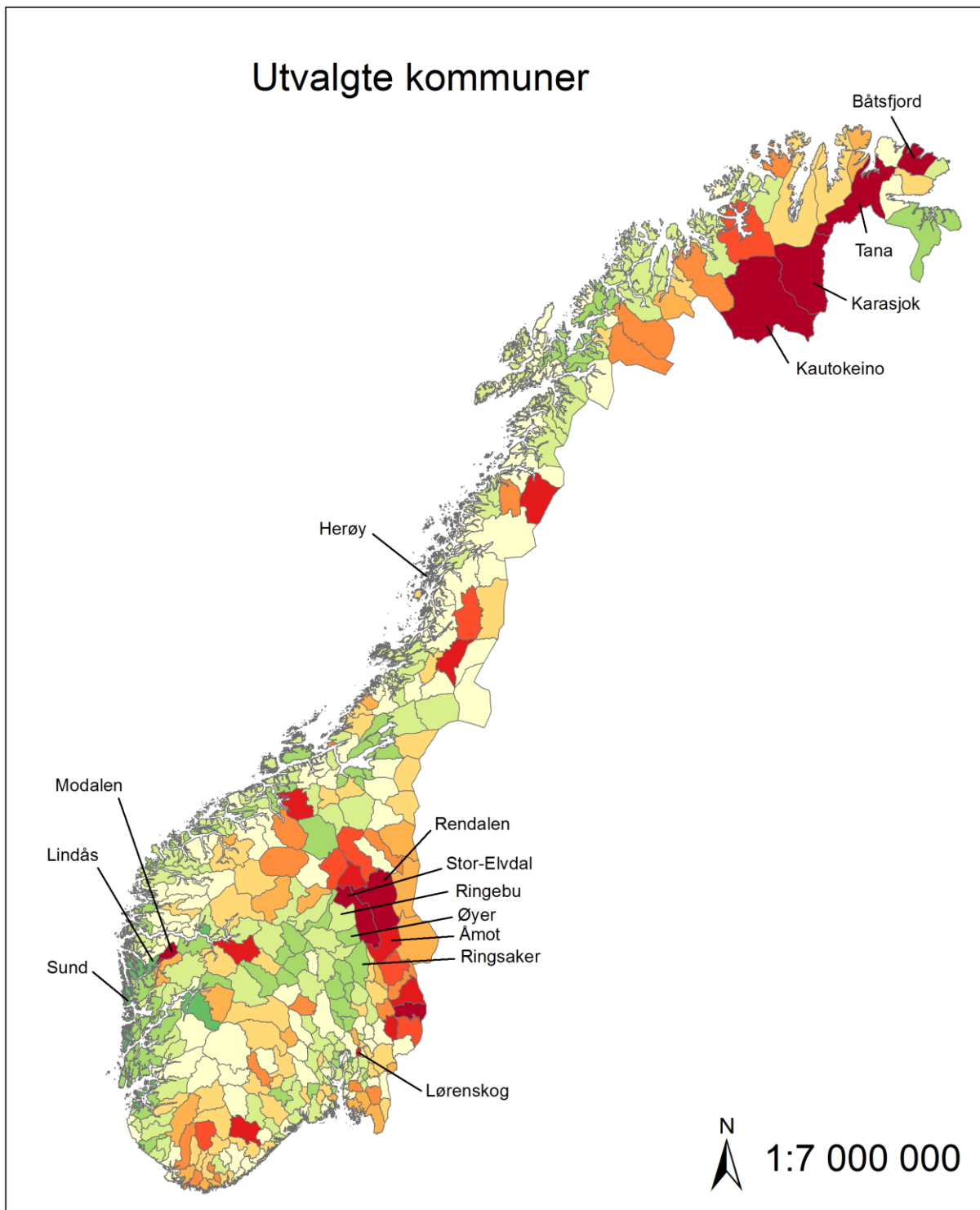
### **4.3 Flomutsatthetsindeks (1)**

I figur 4.3 vises resultatet av hovedanalysen hvor de 428 kommunene er blitt rangert etter i hvilken grad deres jordbruksarealer er utsatt for flom. De ulike kommunene er rangert i fra lav grad av utsatthet til høy grad av utsatthet. Graderingen av utsatthet er visualisert med bipolar lyshetsvariasjon, fra mørk grønnfarge via lys gul til mørk rødfarge. Kommunene med lavest grad av utsatthet har sterkest grønnfarge. Gjennomsnittsverdien er symbolisert med en lys gulfarge. De mest utsatte kommunene har sterkest rødfarge. Kartet viser også kommunene hvor det ikke er kartlagt flomaktsomhetssone. For de fire kommunene hvor det ikke er kartlagt flomaktsomhetssone (Flakstad, Moskenes, Røst og Værøy) kan ikke indeksen beregnes. Disse har derfor fått merkelappen «ikke kartlagt flomaktsomhetssone» og er symbolisert i kartet ved bruk av en gråfarge.



Figur 4.3: Flomutsatthetsindeks (1). Indeksen viser i hvilken grad norske kommuners jordbruksareal er utsatt for flom.

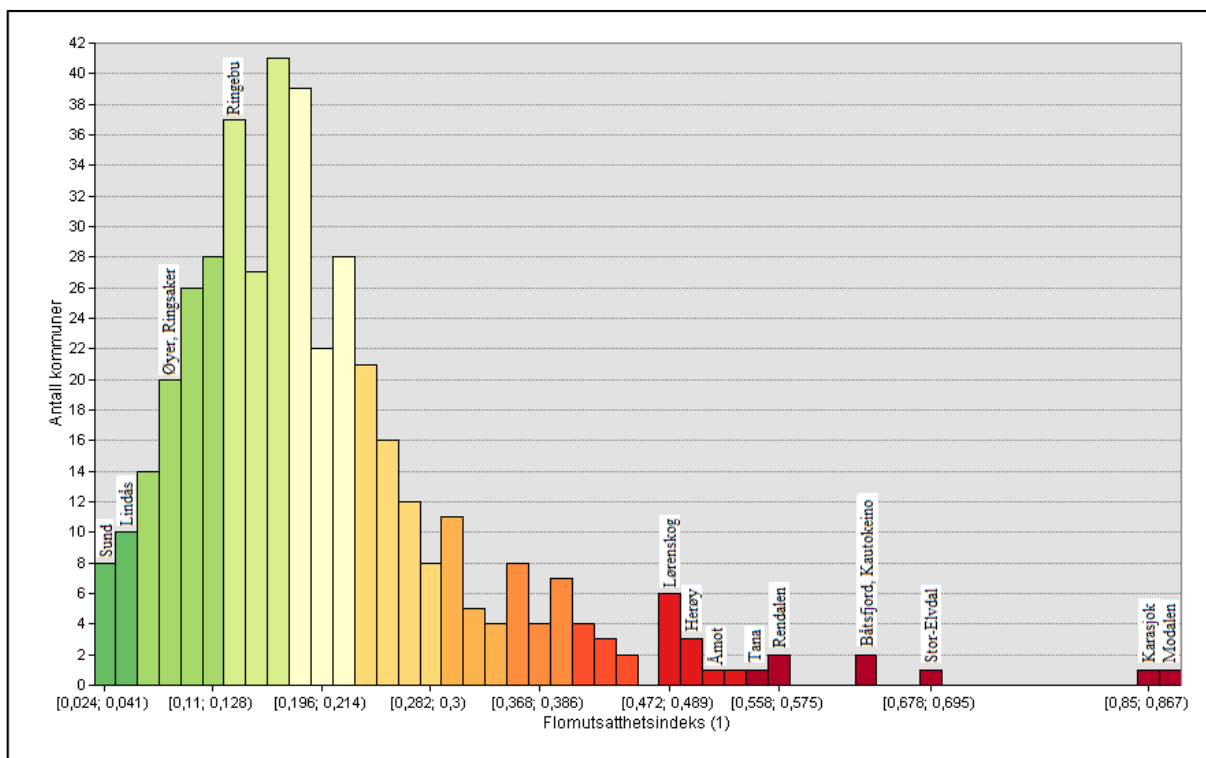
### 4.3.1 Utvalgte kommuner



Figur 4.4: De 15 utvalgte kommunene.

Figur 4.4 viser de 15 utvalgte kommunene som presenteres i resultatene. Disse er Båtsfjord, Tana, Karasjok, Kautokeino, Herøy, Modalen, Lindås, Sund, Lørenskog, Ringsaker, Åmot, Øyer, Ringebu, Stor-Elvdal og Rendalen kommune. Under vil disse 15 kommunene fremheves hvor kommunenes forhold mellom det totale jordbruksarealet, og jordbruksarealet som befinner seg i flomaktsomhetssonen blir presentert. Det er dette forholdet som forklarer i hvilken grad

de ulike kommunenes jordbruksareal er utsatt for flom, og bestemmer rangeringen på flomutsatthetsindeks (1). Kommunene er valgt ut for å vise hva som ligger bak rangeringen av de ulike kommunene i indeksen. Histogrammet i figur 4.5 viser spredningen av de 428 kommunene med bruk av stolper, og de 15 utvalgte kommunene er uthevet med tekst.



Figur 4.5: Spredningen av kommunene i flomutsatthetsindeks (1). De 15 utvalgte kommunene er uthevet.

### 4.3.2 Båtsfjord og Tana kommune

Helt nord i landet, i Finnmark fylke, er både Båtsfjord kommune og Tana kommune rangert til å ha høyere grad av flomutsatthet enn gjennomsnittet. I figur 4.6 vises forholdet mellom jordbruksareal og flomaktsomhetssone i begge kommunene. Båtsfjord kommune har lite jordbruksareal sett i forhold til kommunens totale landareal, derimot befinner store deler av dette jordbruksarealet seg i flomaktsomhetssonen. I Tana kommune er det mer jordbruksareal totalt sett enn i Båtsfjord kommune. Samtidig er jordbruksarealet lite i forhold til det totale landarealet i kommunen. Figuren viser imidlertid, i det uthevede området av Tana kommune i figur 4.6, at store deler av jordbruksarealet befinner seg i flomaktsomhetssonen langs Tanaelva. Derfor er kommunen rangert med høyere grad av utsatthet, i likhet med Båtsfjord kommune.

### **4.3.3 Karasjok og Kautokeino kommune**

De to neste kommunene som utpeker seg i Finnmark og som har høy grad av utsatthet, er Karasjok kommune og Kautokeino kommune (se figur 4.7). Karasjok kommune er en av to kommuner som har ekstremverdi (sammen med Modalen) som vist i figur 4.5. Jordbruksarealet er mer konsentrert i Karasjok kommune, enn det er i Kautokeino kommune. Det er også tilfelle i begge disse kommunene, at store deler av jordbruksarealet befinner seg i flomaktsomhetssonen. Denne situasjonen kommer spesielt til syne i Karasjok kommune, hvor mye jordbruksareal befinner seg innenfor flomaktsomhetssonen langs elven Karasjohka, vist i det uthevede området i figur 4.7.

### **4.3.4 Herøy kommune**

Videre sørover, på Helgelandskysten, har Herøy kommune en høy indeksverdi. Figur 4.8 viser at jordbruksarealet befinner seg spredt rundt omkring på øyene i kommunen. Deler av dette arealet befinner seg også innenfor flomaktsomhetssonen. Det er ikke noen store vassdrag i Herøy kommune, men mye av jordbruksarealet befinner seg i flomaktsomhetssonen. Forklaringen på at kommunen likevel får slik høy indeksverdi er fordi flomaktsomhetskartet også inneholder stormfloberegninger. Dette kommer fram i det uthevede området i figur 4.8.

### **4.3.5 Modalen og Lindås kommune**

De to neste kommunene som er trukket fram, er Modalen og Lindås kommune. Modalen er den kommunen som har høyest indeksverdi, og er den kommunen som er rangert som mest flomutsatt av alle de 428 kommunene. Lindås kommune, derimot, er blant de kommunene som har lavest indeksverdi, med lav utsatthet. I figur 4.9 vises en tydelig forskjell mellom disse to kommunene. Modalen har lite jordbruk i forhold til Lindås, men tilnærmet alt av jordbruket i kommunen befinner seg langs Budalsevla, i flomaktsomhetssonen. Situasjonen er motsatt i Lindås kommune, hvor jordbruket er mer spredt rundt omkring i kommunen, lokalisert utenfor flomaktsomhetssonen.

### **4.3.6 Sund kommune**

Sund kommune er den kommunen som kommer ut med lavest grad av flomutsatthet av samtlige kommuner på indeksen. I figur 4.10 kommer det tydelig fram at jordbruksarealet er lokalisert

spredt rundt på øyene i kommunen, og største delen av jordbruksarealet befinner seg utenfor flomaktsomhetssonen. Dette er en stor kontrast til Modalen kommune som er den mest utsatte kommunen.

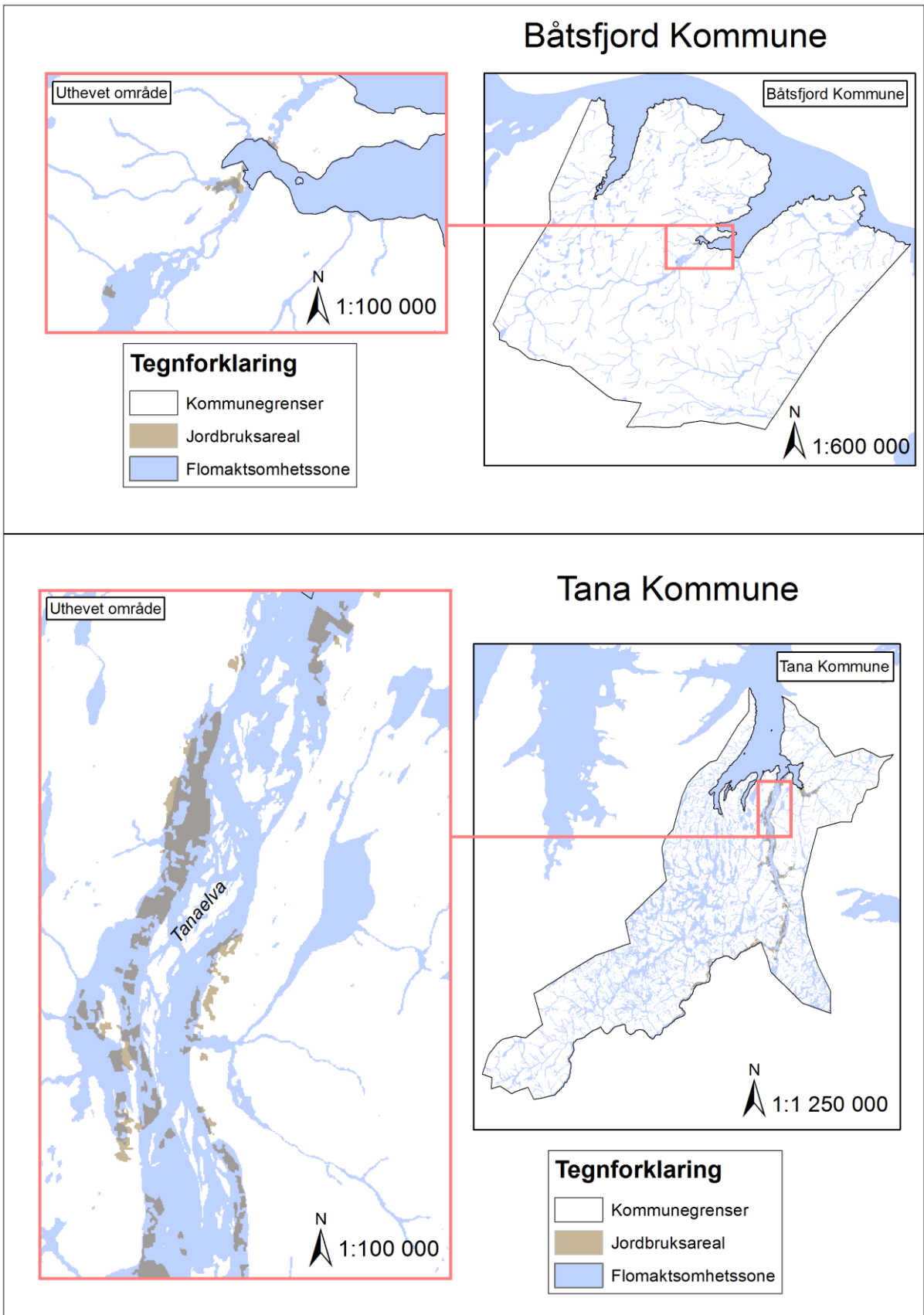
#### **4.3.7 Lørenskog kommune**

På Østlandet, er Lørenskog kommune rangert som mer utsatt enn gjennomsnittet. I figur 4.11 vises forholdet mellom jordbruksareal og flomaktsomhetssone i kommunen. Mye av jordbruksarealene befinner seg i flomaktsomhetssonen. Det er en større samling med jordbruksarealer i flomaktsomhetssone lokalisert i midtre deler av kommunen. Dette fører til at Lørenskog kommune er rangert med høyere grad av utsatthet.

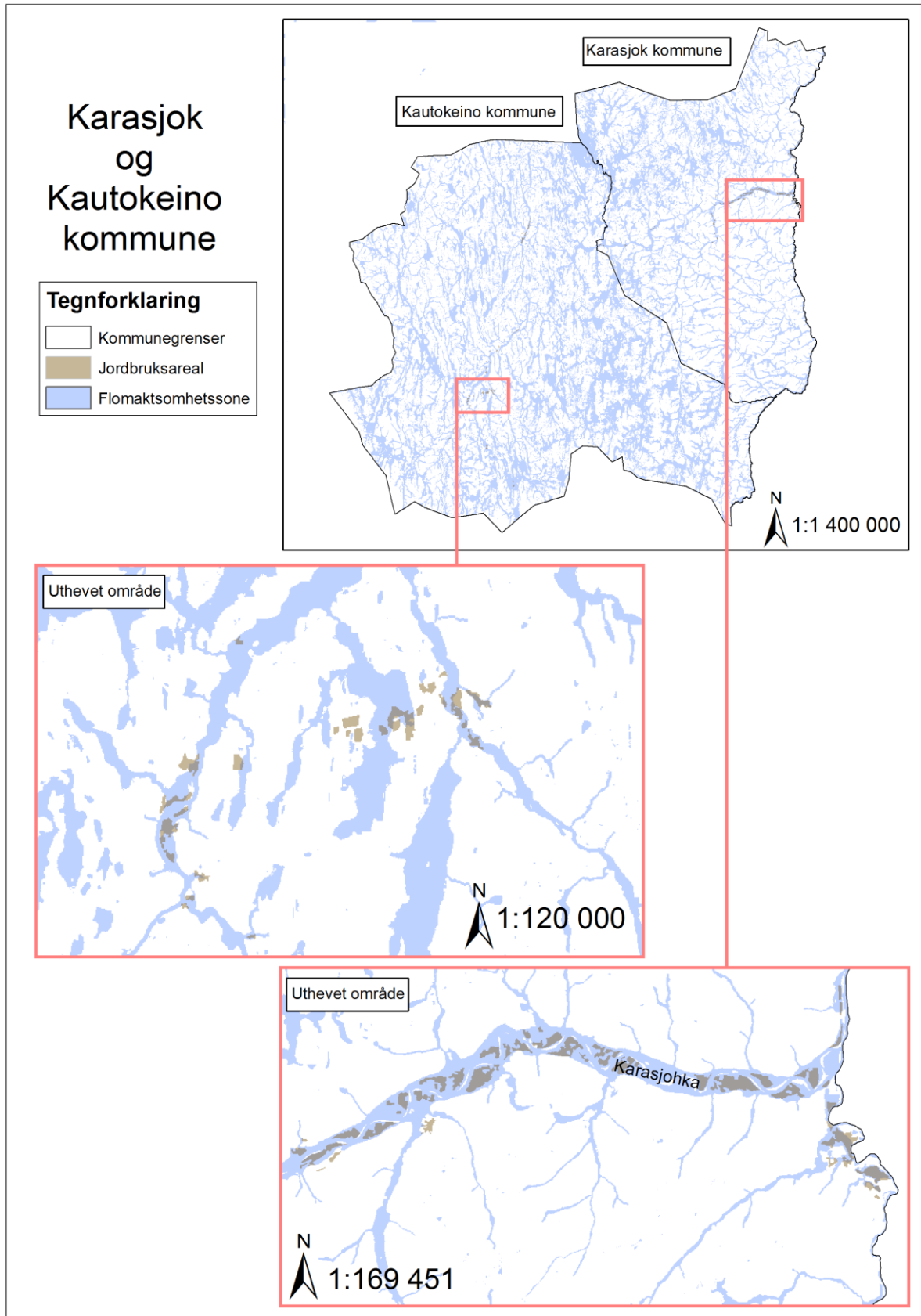
#### **4.3.8 Seks kommuner i nordlige Hedmark og østre del av Oppland**

I det nordlige Hedmark og østre deler av Oppland, er det på indeksen, i figur 4.3, et geografisk mønster som utfolder seg. Kommunene i dette området danner et klart skille med høy og lav grad av utsatthet. I øst har Rendalen kommune, Stor-Elvdal kommune og Åmot kommune fått tildelt en høyere grad av flomutsatthet, i forhold til gjennomsnittet på indeksen. Videre, vestover og sørover, har Ringebru kommune, Øyer kommune og Ringsaker kommune fått tildelt en lavere grad av flomutsatthet.

Det er et tydelig skille mellom disse kommunene i henhold til forholdet mellom jordbruksarealer i flomaktsomhetssonen. I øst viser figur 4.12, at mye av jordbruksarealet i Rendalen kommune befinner seg i flomaktsomhetssonen, langs elven Unsetåa. Mye av jordbruksarealet i Stor-Elvdal befinner seg også i flomaktsomhetssonen, langs Glomma. Dette er også situasjonen i Åmot kommune, hvor jordbruksarealet befinner seg i hovedsak langs elven Glomma. I de tre kommunene med plassering i den andre enden av indeksen, er jordbruksarealene konsentrert rundt Gudbrandsdalslågen i Ringebru og Øyer kommune, mens i Ringsaker kommune, er jordbruksarealene mer spredd, lokalisert rundt Mjøsa. I figur 4.12 vises den tydelige forskjellen mellom de tre kommunene som har høyere grad av utsatthet. Store deler av jordbruksarealene befinner seg i flomaktsomhetssonen, mens historien er den motsatte i de tre kommunene som har lavere grad av utsatthet, hvor mye av jordbruksarealet er lokalisert utenfor flomaktsomhetssonen.



Figur 4.6: Båtsfjord og Tana kommune. Overlapp mellom jordbruksareal og flomaktsomhetszone.



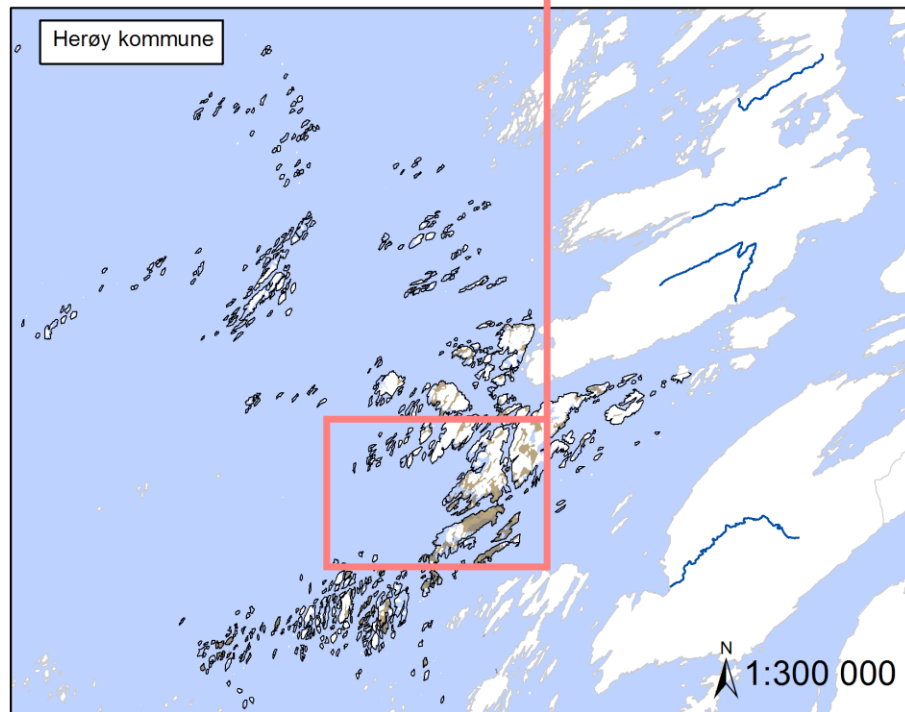
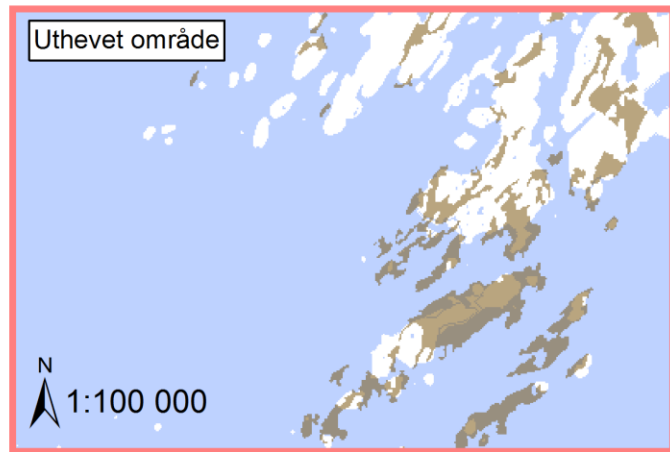
Figur 4.7: Karasjok og Kautokeino kommune. Overlapp mellom jordbruksareal og flomaktsomhetssone.



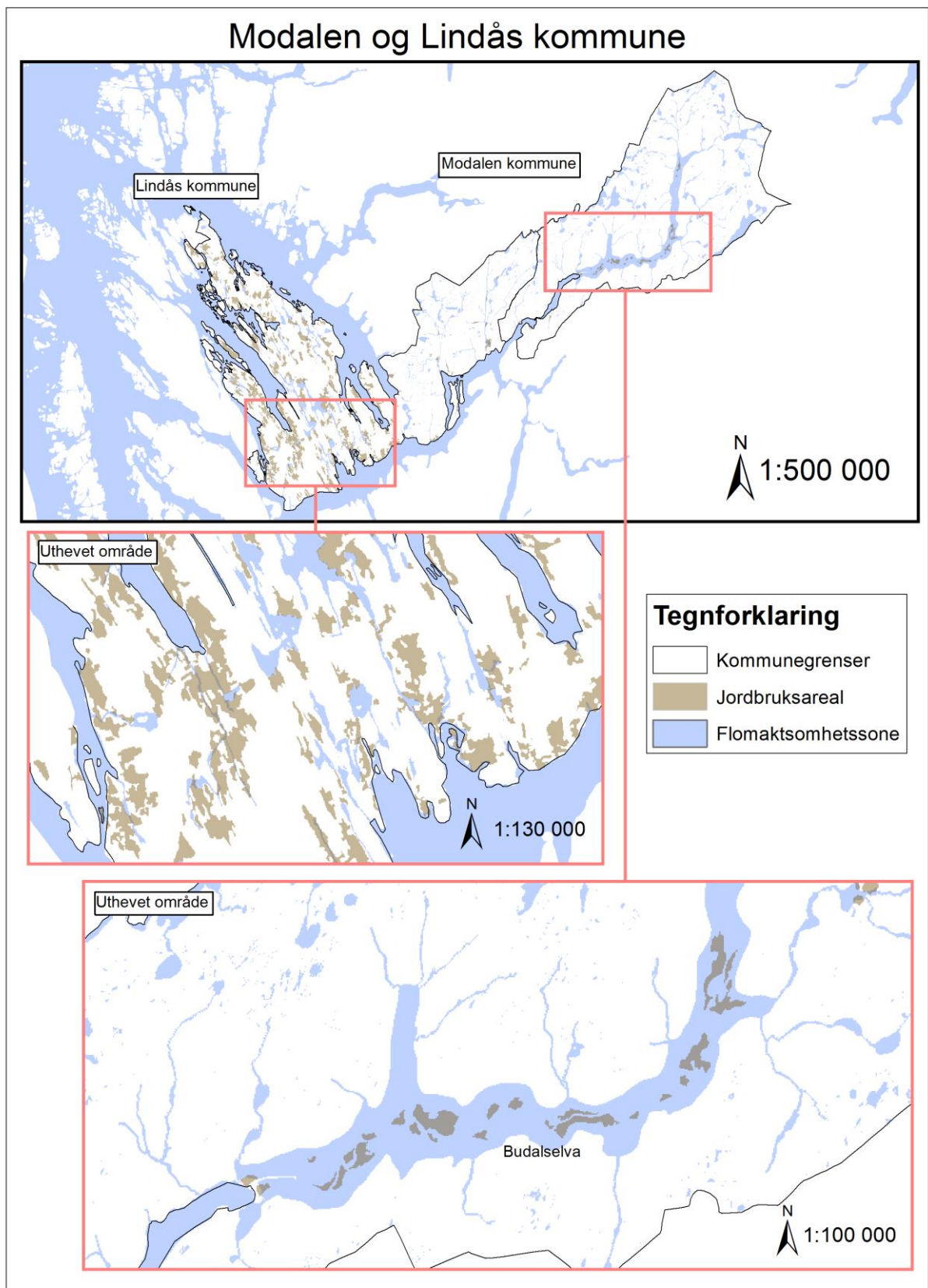
# Herøy kommune

## Tegnforklaring

- Hovedelver (ELVIS)
- Kommunegrense
- Jordbruksareal
- Flomaktsomhetszone

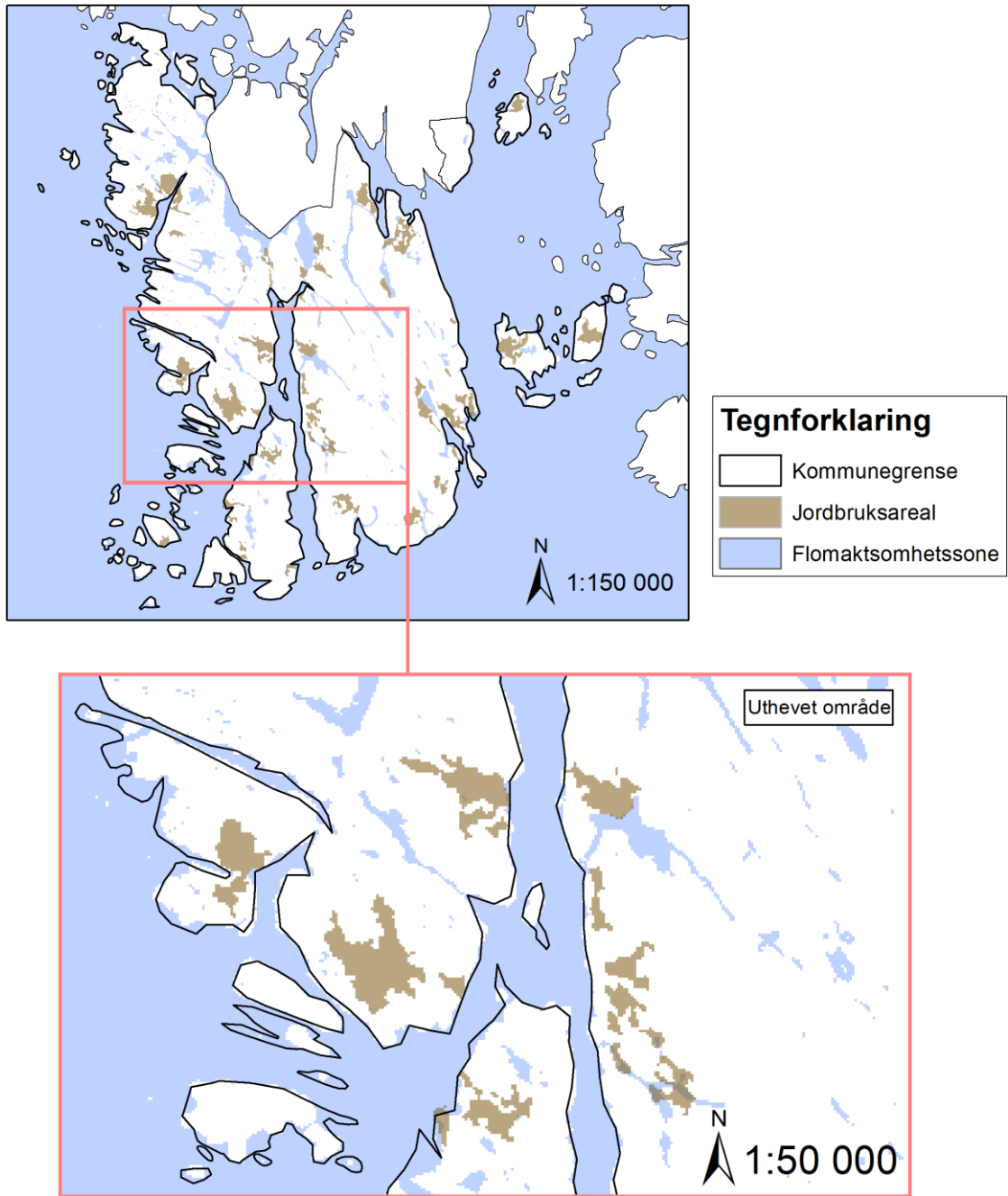


Figur 4.8: Herøy kommune. Overlapp mellom jordbruksarealer og flomaktsomhetszone.



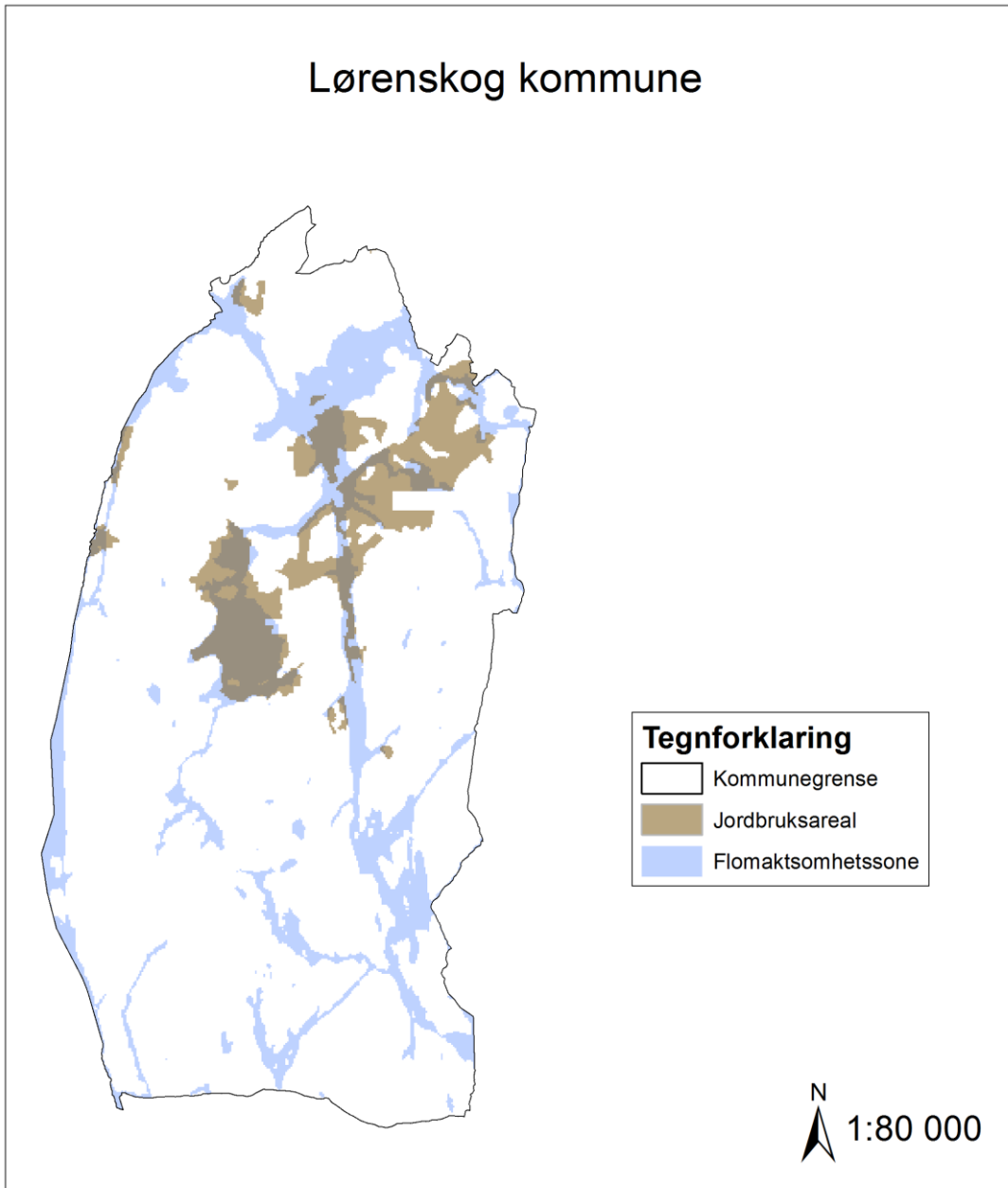
Figur 4.9: Modalen og Lindås kommune. Overlapp mellom jordbruksareal og flomaktsomhetszone.

## Sund kommune

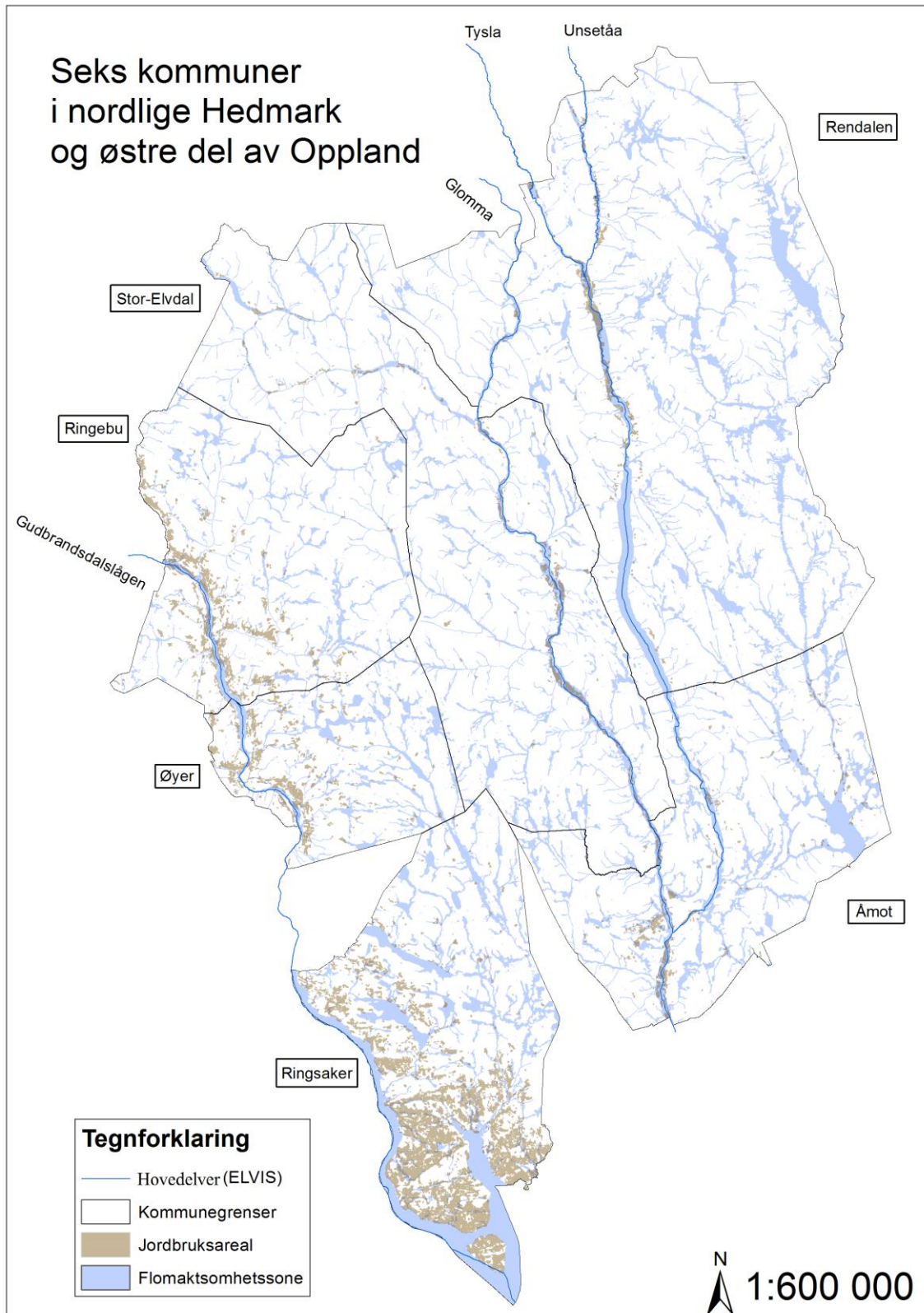


Figur 4.10: Sund kommune. Overlapp mellom jordbruksareal og flomaktsomhetszone.

## Lørenskog kommune

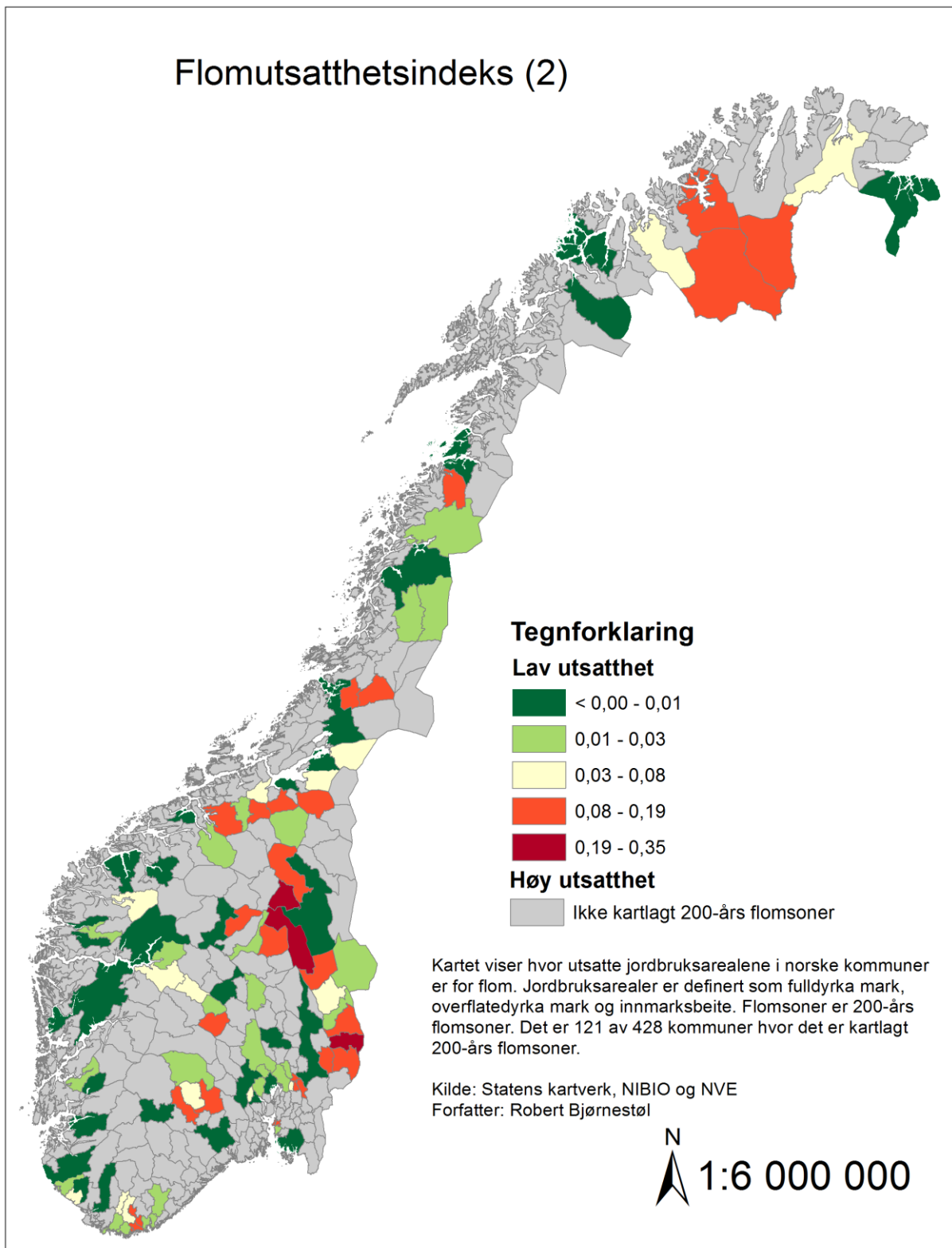


Figur 4.11: Lørenskog kommune. Overlapp mellom jordbruksarealer og flomaktsomhetszone.



Figur 4.12: Seks kommuner i nordlige Hedmark og østre deler av Oppland. Overlapp mellom jordbruksareal og flomaktsomhetssone.

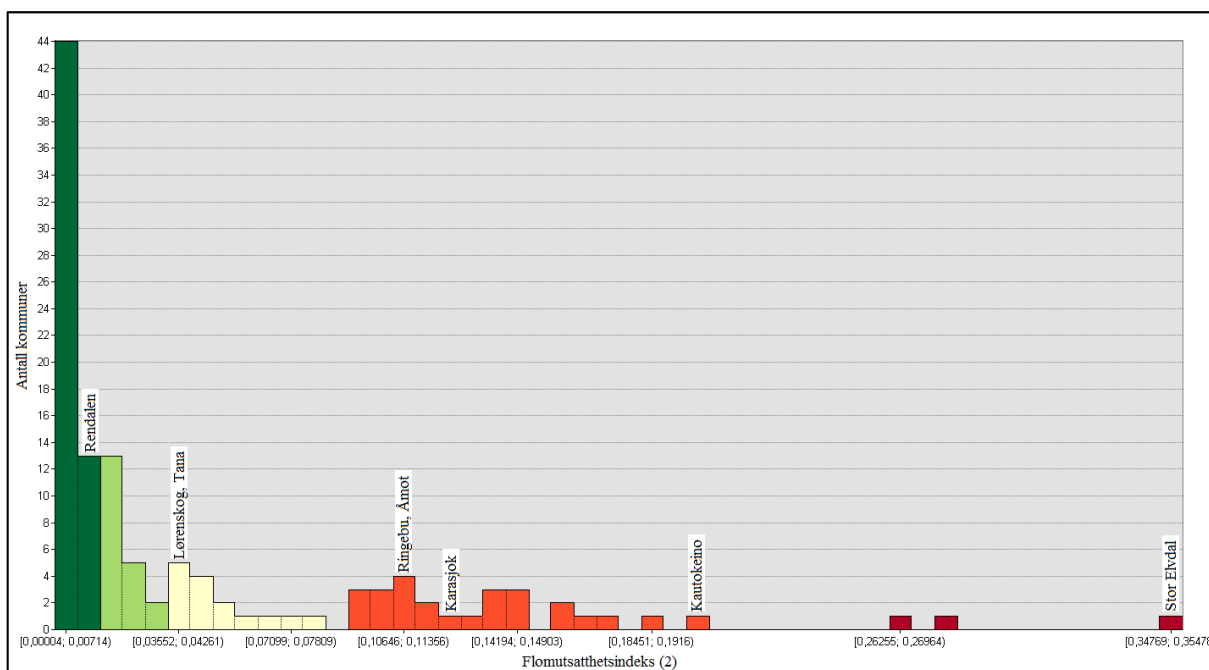
#### 4.4 Flomutsatthetsindeks (2)



Figur 4.13: Flomutsatthetsindeks (2). Indeksen viser i hvilken grad norske kommuners jordbruksareal er utsatt for flom basert på 200-års flomsoner.

I figur 4.13 vises flomutsatthetsindeks (2) med den relative graden av flomutsatthet, basert på forholdet mellom jordbruksarealer og 200-års flomsener. Kommunene er rangert i fem klasser, fra lav til høy grad av utsatthet. Det er som nevnt ikke alle kommunene i Norge hvor det er kartlagt 200-års flomsener. Derfor er det flere kommuner som ikke er blitt rangert i denne indeksen. Kun 121 av Norges 428 kommuner har fått kartlagt 200-års flomsener.

I figur 4.14 vises spredningen av kommunene. Av de 15 utvalgte kommunene som er presentert i figur 4.4, har åtte av disse (Tana, Karasjok, Kautokeino, Lørenskog, Åmot, Ringebu, Rendalen og Stor-Elvdal), fått kartlagt 200-års flomsener. Av disse åtte er det Rendalen som er rangert med lavest grad av utsatthet. Tana og Lørenskog er rangert med gjennomsnittlig grad av utsatthet. Høyere grad av utsatthet har Ringebu, Åmot, Karasjok og Kautokeino kommune. Stor-Elvdal kommune har høyest grad av utsatthet av disse åtte kommunene.



Figur 4.14: Spredningen av kommunene i flomutsatthetsindeks (2) med 8 uthevede kommuner.

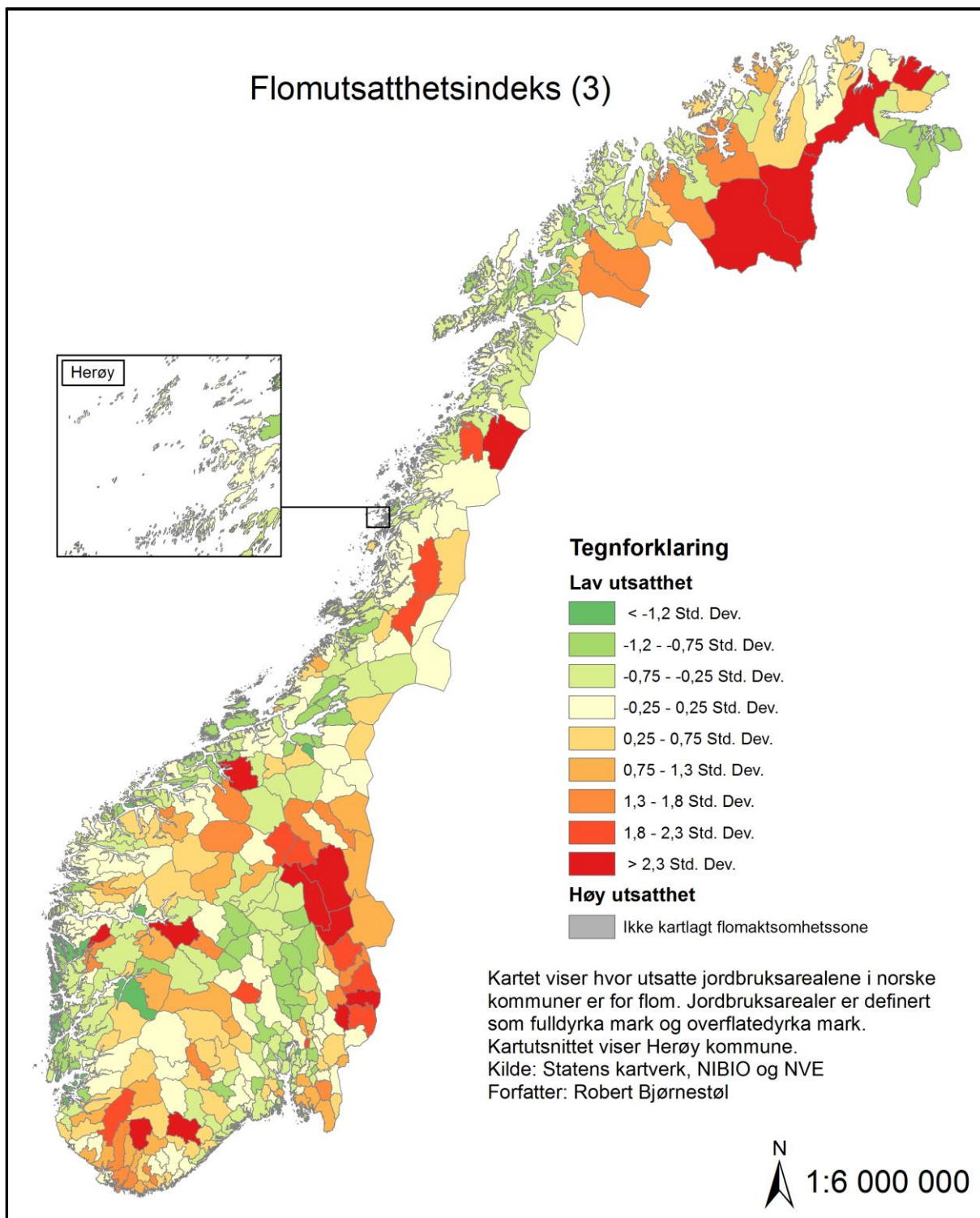
De resterende sju kommunene (av de 15 utvalgte), hvor det ikke er kartlagt 200-års flomsener, er Båtsfjord, Herøy, Modalen, Lindås, Sund, Øyer og Ringsaker kommune. Av disse sju, er de fleste kommunene rangert med lav grad av utsatthet i flomutsatthetsindeks (1) (vist i figur 4.3). Det er Båtsfjord, Herøy og Modalen kommune som har høy grad av utsatthet i flomutsatthetsindeks (1) (vist i figur 4.3) og som samtidig ikke fått kartlagt 200-års flomsener.

#### 4.5 Sammenligning av flomutsatthetsindeks (1) og (3)

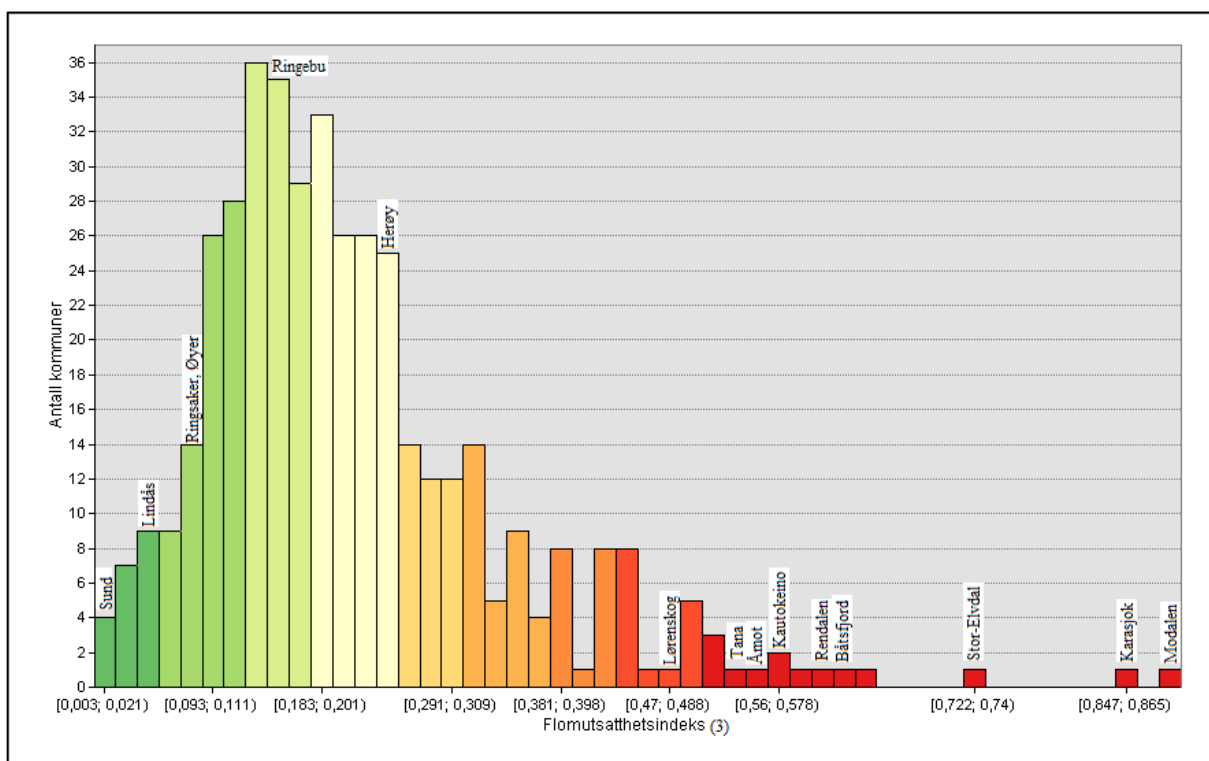
Flomutsatthetsindeks (3) er utformet på bakgrunn av samme data som i flomutsatthetsindeks (1). Dette er arealressurskartet AR50 og flomaktsomhetskartet. Forskjellen på disse to indeksene er at jordbruksareal i flomutsatthetsindeks (3), er definert som kun fulldyrka mark og overflatedyrka mark, mens innmarksbeite er utelatt fra definisjonen. I figur 4.15 vises den romlige fordelingen av kommunene. Ved første øyekast ser det ut som kommunene har relativ lik rangering som i flomutsatthetsindeks (1) vist i figur 4.3. Det er samme situasjon, hvor blant annet de samme kommunene i nord peker seg ut som mer utsatte. Det tydelige skillet på Østlandet mellom kommuner som har høyere grad av utsatte og mindre grad av utsatthet, er også tydelig i flomutsatthetsindeks (3). Herøy kommune derimot, er rangert med gjennomsnittlig grad av flomutsatthet når jordbruksarealene er definert uten innmarksbeite. Den samme historien kan også sees i histogrammet i figur 4.16 vises spredningen av alle kommunene. De 15 utvalgte eksempelkommunene plasserer seg stort sett på samme vis som de gjør i histogrammet tilhørende flomutsatthetsindeks (1), vist i figur 4.5.

I figur 4.17 er flomutsatthetsindeks (1) (x-aksen) og flomutsatthetsindeks (3) (y-aksen) presentert. Hver sirkel representerer en kommune, og fargene kommunene har fått tildelt i figuren er lik fargene brukt i figur 4.3. Hensikten er å se om definisjonen av jordbruksarealer har en stor innvirkning på i hvilken grad kommunene er utsatt. Korrelasjonskoeffisienten er meget høy ( $r=0,96$ ). Av de 15 utvalgte kommunene er det kun Herøy kommune som har en stor endring i hvordan kommunen blir rangert på de to indeksene. De andre kommunene som kan sies å falle utenfor er Sokndal, Træna og Kvitsøy. Dette resultatet viser at det i Herøy kommune er mye av innmarksbeiten som befinner seg i flomaktsomhetssonen og når dette arealet blir fjernet fra definisjonen av jordbruksarealer faller også utsatthetsgraden til Herøy kommune. Det er i Kvitsøy kommune fallet er størst, hvor kommunen har lav grad av utsatthet når definisjonen av innmarksbeite endres slik at den ikke inneholder innmarksbeite. Totalt sett er det uansett lite forskjell, og den høye korrelasjonskoeffisienten underbygger at utelatelsen av innmarksbeite har relativt lite å si for hvor utsatte kommunene er.

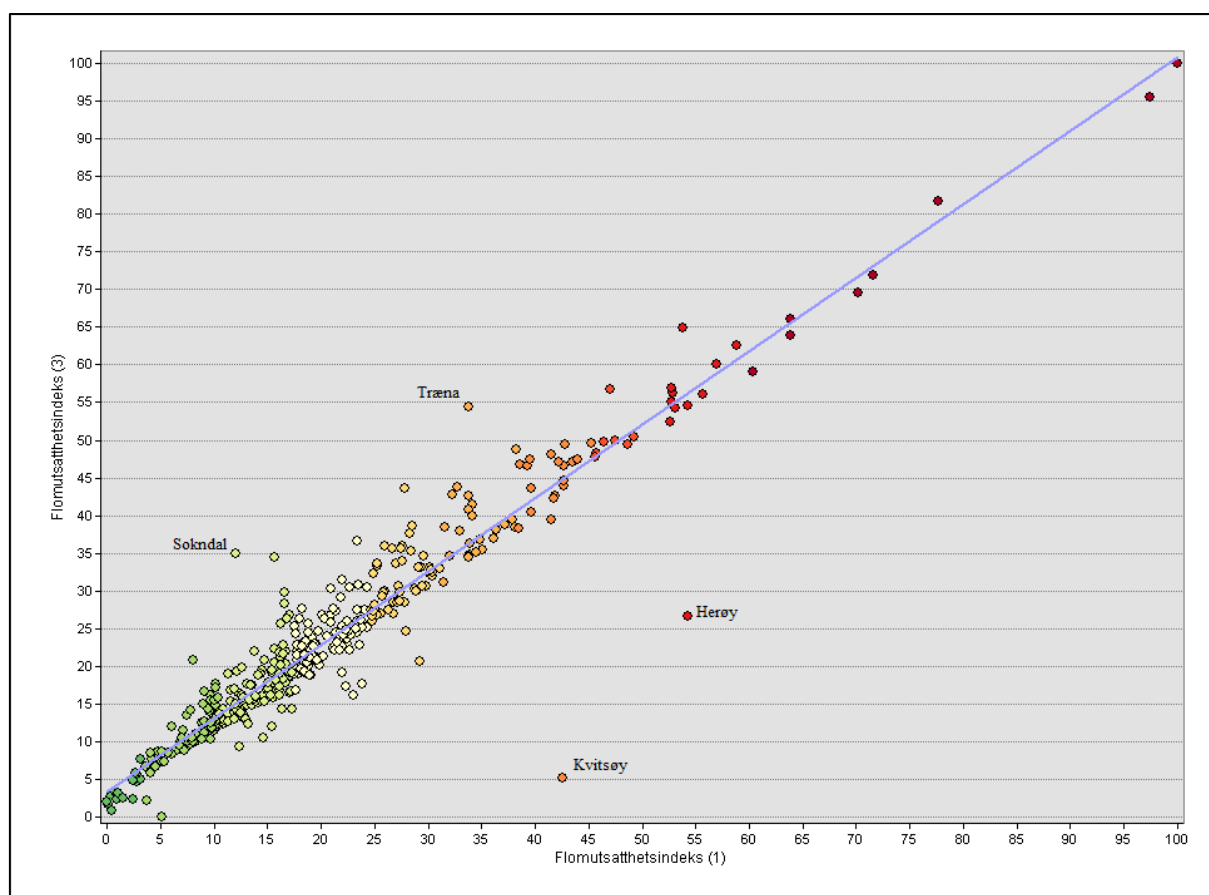




Figur 4.15: Flomutsatthetsindeks (3). Indeksen viser i hvilken grad norske kommuners jordbruksareal (uten innmarksbeite) er utsatt for flom.



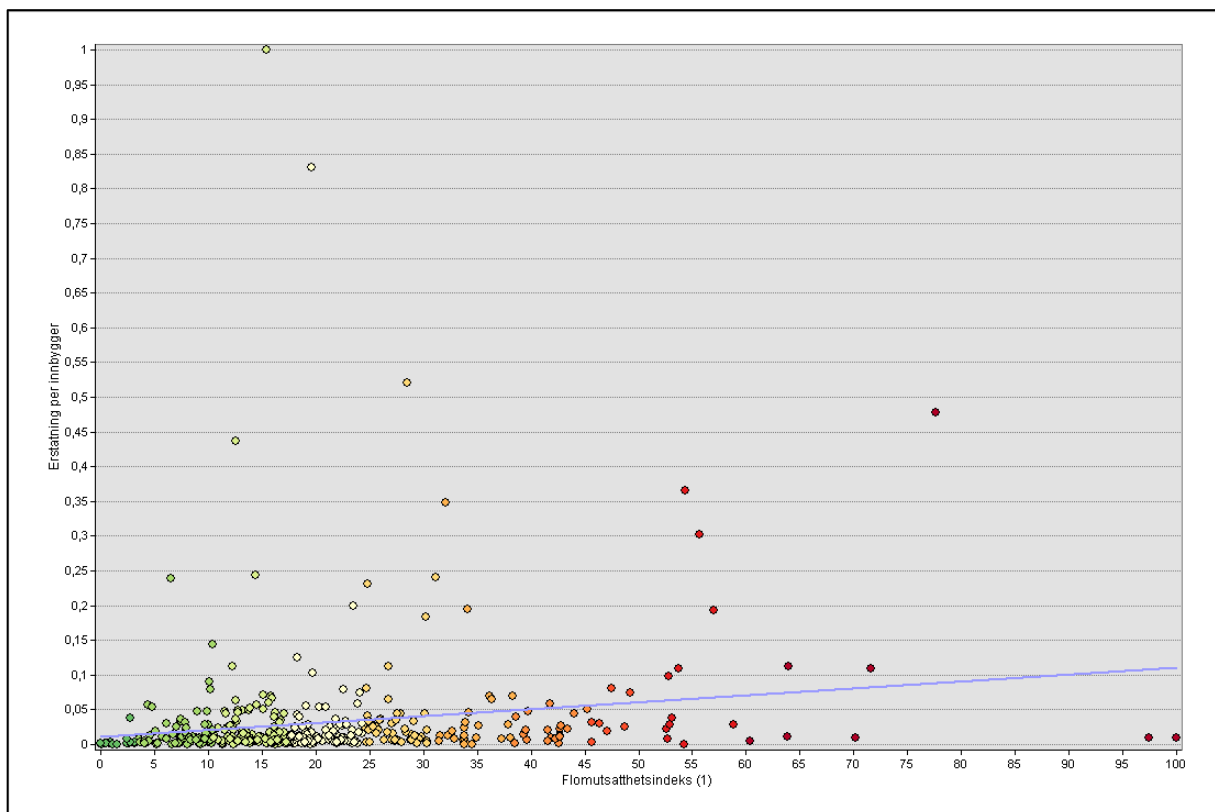
Figur 4.17: Spredningen av kommunene i flomutsatthetsindeks (3). De 15 utvalgte kommunene er uthevet.



Figur 4.16: Hvordan flomutsatthetsindeks (1) og flomutsatthetsindeks (3) korrelerer.

#### 4.6 Validering av flomutsatthetsindeks (1)

Valideringen av flomutsatthetsindeks (1) skulle helst skulle vært basert på data tilknyttet naturskade på jordbruksarealer. Denne dataen er ikke tilgjengelig. Derfor er det forsøkt å validere indeksen ved bruk av naturskadeutbetalinger gjort på bygg og løsøre, som følge av flom. Naturskadeutbetalingene har blitt inflasjonsjustert for hvert år med bruk av en faktorverdi (se vedlegg A). Deretter har de nye inflasjonsjusterte verdiene blitt slått sammen slik at hver kommune har fått en summert variabel for alle naturskadeutbetalinger i fra 1980 til 2014. Videre har tallene blitt justert for befolkningstall, slik at forsikringstallene som brukes i



Figur 4.18: Hvordan flomutsatthetsindeks (1) og erstatning per innbygger korrelerer.

valideringen beskriver totale naturskadeutbetalinger, per innbygger i årene 1980 – 2014. Figur 4.18 viser forholdet mellom flomutsatthetsindeks (1) og skadeutbetalinger per innbygger. Hver sirkel i spredningsdiagrammet representerer en kommune. Fargene er lik fargene kommunene har blitt tildelt i figur 4.3. Det ser ut som det er liten grad av korrelasjon, med en korrelasjonskoeffisient som er ganske lav ( $r = 0,16$ ). Det viser seg at det er vanskelig å bruke denne dataen for å validere indeksen. Den er langt ifra optimal siden erstatningene er utbetalt til bygg og løsøre og ikke til jordbruksarealer. Dataen viser seg å ikke være relevant for validering av indeksen.



## 5 Diskusjon

I dette kapittelet blir resultatene diskutert opp mot teorien for å belyse problemstillingene som er presentert i kapittel én.

### 5.1 Forsøk på og utfordringer med å generere en flomutsatthetsindeks

Ved forsøk på å generere en flomutsatthetsindeks er det noen utfordringer. Informasjon kan falle bort ved å rangere kommunene ved bruk av en indeks, og plassere disse på kartet. Flomutsatthetsindeks (1) rangerer kommunene i forhold til hverandre. Det kan, som Lujala m. fl., (2013) påpeker, skjule forskjeller innad i hver kommune, og geografiske mønstre som oppstår uavhengig av kommunegrensene blir ikke synliggjort.

For det første er det en situasjon at flomutsatthetsindeks (1) ikke forteller noe om de geografiske forskjellene innad i kommunene. Det er for eksempel stor forskjell på situasjonen som gjør at Kautokeino kommune er utsatt, i forhold til situasjonen som gjør at Modalen kommune er utsatt. Dette kommer til syne ved å studere figur 4.7 og figur 4.9. I figur 4.7, som viser situasjonen i Kautokeino kommune, er det en situasjon hvor jordbruksarealene er spredt rundt omkring i kommunen. Situasjonen er annerledes i Modalen kommune. Dette vises i figur 4.9, hvor så og si alt av jordbruksarealet i Modalen kommune er konsentrert, og befinner seg lokalisert langs Budalsevla.

For det andre vil en plassering av kommunene på kartet føre til at det oppstår geografiske mønstre basert på kommunegrensene. Slike mønstre er også tilstede i flomutsatthetsindeks (1). Figur 4.3 viser at det er en slik situasjon spesielt på indre Østlandet. Her har kommunene Rendalen, Stor-Elvdal og Åmot kommune høy utsatthet, mens på den andre siden har kommunene Ringeby, Øyer og Ringsaker kommune lav grad av utsatthet. I Figur 4.12 vises situasjonene som forklarer grad av utsatthet i kommunene. I de utsatte kommunene befinner jordbruksarealene seg i all hovedsak langs Glomma, Tysla og Unsetåa. Dette viser at store deler av det totale kommunearealet i disse kommunene ikke er utsatt. Det utsatte arealet er konsentrert rundt elvene, men på grunn av skravurkartet og tildelingen av farger kan det se ut som at skillet går der kommunegrensene er. Det er derfor viktig å belyse dataen som ligger bak rangeringen av kommunene.

Kombinasjonen av skravurkartet og tildeling av en sterk rødfarge viser også en situasjon som er fremtredende i figur 4.3. Kautokeino og Karasjok kommune har veldig stort landareal. I kombinasjon med den sterke rødfargen stikker disse kommunene seg ut, og det kan fort tolkes slik at disse kommunene på grunn av sitt store areal, er mer utsatt enn en kommune som har et mindre totalt landareal. Samtidig kan det også være tilfelle at ikke alt jordbruksareal i kommunene er like utsatt. Det er her Fekete (2012) påpeker at kartet ikke må leses slik at alt innenfor hver enhet er like utsatthet. Indeksen, og kartet, er ikke en fasit, men konstruert, slik Harley (1989) påpeker. Indeksen er generalisert og forteller hva som potensielt kan være situasjonen i fremtiden, og det er den relative graden av utsatthet som belyses i indeksen.

Nettopp utfordringen med at indekser skal si noe om hva som kan skje i fremtiden, når indeksen er basert på historiske data, påpekes av Birkmann (2006). Flomutsatthetsindeksen skal fortelle hvilke områder som kan være utsatt i fremtiden ved en ekstrem flomsituasjon. Det er en generell usikkerhet med framskrivninger av flom i henhold til hvor de vil oppstå, og hvor store disse blir i fremtiden (Vatne, 2013). Denne usikkerheten underbygger at flomutsatthetsindeksen beskriver hva som kan være tilfellet i fremtiden. Videre er flomaktsomhetskartet fra NVE, som flomutsatthetsindeksen er basert på, utviklet blant annet for å skape oppmerksomhet rundt flomfare. På bakgrunn av dette kan flomutsatthetsindeks (1) og resultatene være med på å rette oppmerksomhet på flomfare. Indeksen, og kommunenes rangering må ikke tolkes direkte. Den må derimot sees på som en rangering av relativ flomutsatthet, hvor oppmerksomheten blir satt på kommuner med jordbruksarealer som kan stå i fare for å bli rammet av flomhendelser i fremtiden.

På den ene siden retter indeksen oppmerksomheten på hvilke kommuner som er mer utsatte. Siden det er kommunene som har ansvaret for at naturfarer blir tatt hensyn til, er det positivt at kommuner som er mer utsatt enn andre blir belyst. Det er denne informasjonen som blir fremhevet av Preston m. fl., (2011) og Hinkel (2011). Informasjonen kan være med på å støtte opp rundt klimatilpasningen, ved at det settes søkelys på hvilke kommuner, hvor det eventuelt kan være aktuelt å gjennomføre klimatilpasning.

På den andre siden er det viktig å huske på at undersøkelsene som er gjort i denne oppgaven tar utgangspunkt i å belyse alle kommunenes flomutsatthet. Det er gjort en nasjonal screening, med en ovenfra-og-ned tilnærming slik Aall m. fl., (2008) legger frem. Resultatene sier ingenting

om hvor i kommunene det burde utføres tilpasning. Derfor kan det diskuteres hvor stor verdi resultatene har for klimatilpasning. Selv om de mest utsatte kommunene er identifisert, burde det gjøres ytterligere undersøkelser, på et mer lokalt nivå. Det er også dette som er foreslått av Aall m. fl., (2008), hvor det gjennomføres ytterligere undersøkelser nedefra-og-opp på det lokale nivået. Ved å gjøre ytterligere undersøkelser på mer lokalt nivå, er det mulig å identifisere hvor de mest utsatte jordbruksarealene innad i kommunene befinner seg. For å underbygge dette poenget, er det for eksempel i figur 4.4 vist at Modalen, Herøy og Båtsfjord kommune har høy grad av utsatthet i flomutsatthetsindeks (1). Disse kommunene er ikke representert i flomutsatthetsindeks (2), da det ikke er kartlagt 200-års flomsone her. Det er en utfordring med at flomutsatthetsindeks (1) unngår å fortelle noe mer om hvordan situasjonen er på det mer lokale nivået. En mulig forklaring at for eksempel Modalen kommune ikke har fått kartlagt 200-års flomsone, kan være at dette er en kraftkommune, hvor elvene er godt regulert og tilpasset eventuelle ekstremisituasjoner. Det kan også være at flomsonekartlegging er dyrt å beregne i disse områdene. Disse tre kommunene underbygger momentet med at flomutsatthetsindeks (1) identifiserer de utsatte kommunene, men den unngår å si noe om situasjonen på det lokale nivået.

## **5.2 Hvilke kommuner er de mest utsatte? Hvorfor er noen kommuner utsatte?**

Med mest utsatt er det tatt utgangspunkt i kommunene som er markert med de tre sterkeste rødfargene i indeksen, vist i figur 4.3. I diskusjonen vil jeg bruke eksempelkommuner fremhevet i resultatkapittelet.

De mest utsatte kommunene befinner seg spredt rundt omkring i landet. Som vist i figur 4.3 gjelder dette fire kommuner i Finnmark, som alle har høy grad av utsatthet. Videre er det også en klar samling av kommuner i indre deler av Østlandet, som har høy grad av utsatthet. Modalen kommune er den kommunen med høyest grad av utsatthet. Herøy kommune har også høy grad av utsatthet. I tillegg til kommunene som er trukket frem, er det flere kommuner som har høy grad av utsatthet. Disse befinner mer spredt rundt omkring i landet.

Det som gjør at en kommune har en høy grad av utsatthet, handler om forholdet mellom hvor stor andel av kommunens jordbruksareal som befinner seg i flomaktsomhetssonen. Jo større andel av kommunens jordbruksareal som befinner seg innenfor flomaktsomhetssonen, desto

mer utsatt vil kommunen være. På den ene siden kommer dette tydelig fram ved å sette fokuset på Modalen kommune. Det uthevede området i figur 4.9 viser at nesten alt jordbruksareal i Modalen kommune er innenfor flomaktsomhetssonen. På den andre siden er situasjonen motsatt i kommunene som har lav grad av utsatthet. Lindås kommune er en av kommunene med lavest grad av utsatthet. I det uthevede området i figur 4.9 er situasjonen motsatt av Modalen kommunes situasjon. Jordbruksarealet er mer spredt rundt i kommunen, men det viktige er at jordbruksarealet befinner seg i veldig stor grad utenfor flomaktsomhetssonen. Derfor har denne kommunen lav grad av utsatthet.

Dette forholdet mellom lav og høy grad av utsatthet finnes også på indre deler av Østlandet. I figur 4.12 vises denne situasjonen. Rendalen, Stor-Elvdal og Åmot kommune har relativt lite jordbruksareal i forhold til Ringebu, Øyer og Ringsaker kommune. Det er allikevel de tre førstnevnte kommunene som har høy grad av utsatthet. I disse kommunene er store deler av jordbruksarealet i flomaktsomhetssonen. Motsatt, i de tre mindre utsatte kommunene, er store deler av jordbruksarealet utenfor flomaktsomhetssonen.

Flomaktsomhetskartet er basert på flom som oppstår i vassdrag, sjø og innsjø. De fleste kommunene som har høy grad av utsatthet befinner seg i innlandet. Det er også tydelig i eksemplene at de mest usatte kommunene har jordbruksarealer som befinner seg langs vassdrag. Dette kommer meget tydelig fram i Båtsfjord, Tana og Kautokeino i nord, i Modalen kommune i vest, og i de seks kommunene på indre Østlandet. På den andre siden har også Herøy kommunene høyere grad av utsatthet. Her er det ingen større vassdrag. Figur 4.8 viser dette. Her er situasjonen at mye av jordbruksarealet befinner seg i flomaktsomhetssonen, og står i fare for å bli oversvømmet ved en stormflohendelse. Av de kommunene som har høy utsatthet, og som befinner seg langs kysten, kan stormflo ha en påvirkning. Flomaktsomhetskartet beskriver enn ekstremsituasjon hvor 1000-års stormflo er beregnet. I oppgaven er det ikke gjort noen beregninger på skillet mellom flom som oppstår i vassdrag, og flom som oppstår i innsjø eller sjø. Det er ikke vist hvor mye eventuelt stormflo har å si i forhold til elveflom, siden datasettet er klassifisert slik at klassen som beskriver flomaktsomhetssonen, beskriver alle tre årsakene til flom (vassdrag, sjø og innsjø).

Konklusjonen er at rent teknisk sett, er det de kommunene som har mest av jordbruksarealet i flomaktsomhetssonen som er mest utsatt. Det å være mer flomutsatt, innebærer at jordbruksarealet står i fare for å bli oversvømmet på bakgrunn av høy vannføring i elv, sjø og



innsjø. Med det sagt er det viktig å poengtere at indeksen viser en relativ grad av utsatthet. De ulike kommunene er rangert i forhold til hverandre. Hva som menes med mest utsatte er også relativt, og hvor skillet går mellom høy og lav utsatthet, er definert av de ulike klassene, og ikke minst fargene som er tilegnet disse klassene. Derfor er det viktig at resultatene blir sett på som relative, slik Birkmann (2007) og Fekte (2012) påpeker.

### **5.3 Kan forsikringsdata brukes for å validere flomutsatthetsindeksen over hvor utsatte jordbruksarealer i norske kommuner er?**

Det legges fram av Preston m. fl., (2011) at vurderinger av sårbarhet inneholder en iboende usikkerhet, på grunn av at undersøkelsene forsøker å beskrive hva som skjer i fremtiden. Spørsmålet er om sårbarhetsvurderingene inneholder god nok informasjon slik at beslutningstakere kan ta gode avgjørelser basert på disse. Det er på grunn av usikkerheten resultatene burde testes opp mot annen data. Derfor er det i oppgaven gjort et forsøk på å validere resultatene av hvor utsatte jordbruksarealer i norske kommuner er. Spørsmålet er om forsikringsdata kan brukes for å validere flomutsatthetsindeksen, over hvor utsatte jordbruksarealer i norske kommuner er.

Svaret på om forsikringsdata kan brukes til en validering, handler om, og er avhengig av de foreliggende data på området. For å kunne validere resultatene i oppgaven er det nødvendig å ha data som er passende til formålet. En validering burde være naturskadeerstatningsdata som inneholder erstatninger utbetalt på jordbruksarealer, som har blitt flomskadet. Slike data burde i tillegg være aggregert til kommunenivå, siden det er på dette nivået flomutsattheten er blitt undersøkt.

Det er Landbruksdirektoratet som administrerer Statens naturskadefond. På nettsidene til direktoratet finnes det oversikt over «erstatning fordelt på skadeobjekt», og en oversikt over «erstatning fordelt på årsak» (Landbruksdirektoratet, udatert). Tall fra 2015 viser at det er flom som oftest er årsak til skade, med 73,7 %. Blant skadeobjektene er jordbruksareal involvert i 22,7 %, av totalt utbetalte 111,1 millioner kroner. Det er finnes til min kjennskap ikke en oversikt over hvor mye av erstatningene som er utbetalt for skadet jordbruksareal hvor årsaken er flom, per kommune. En slik oversikt på kommunenivå hadde vært mulig å benytte seg av for å validere indeksen.

På den andre siden finnes det forsikringsdata fra Norsk Naturskadepool som beskriver naturskadeerstatninger som følge av flom, på bygg og løsøre. Denne dataen er også aggregert på kommunenivå. På bakgrunn av viktigheten av å validere indekser opp mot annen data, er det i oppgaven gjort et forsøk på en validering ved bruk av den tilgjengelige dataen. Vurderingen som er gjort i oppgaven er at data som beskriver utbetalinger gjort på bygg og løsere, også forteller en historie om jordbruksarealer, da disse arealene også kan tenkes å allerede ha blitt rammet av flom, når bygg og løsøre allerede har blitt rammet.

Resultatene av forsøket på en korrelasjon mellom flomutsatthetsindeks (1) og naturskadeerstatningsdataen fra Norsk Naturskadepool er lite tilfredsstillende. Det er gjort forsøk på å få dataen til å gi mening i denne sammenheng. Figur 4.19 viser at det er liten sammenheng, og resultatene er ikke med på å øke validiteten til flomutsatthetsindeksen. Forsikringsdataen som er tilgjengelig er rett og slett ikke god nok for et valideringsformål. Dette resultatet belyser problemene som ifølge Preston m. fl., (2011) ofte oppstår i henhold til validering av indekser. Det er ønskelig å validere resultatene, men dataen er ofte ikke tilgjengelig, og en validering er derfor vanskelig å utføre. Hvis det finnes en oversikt hvor det er mulig å se i hvilke kommuner det er flest skadeserstatninger som følge av flom på jordbruksarealer, kun denne informasjonen vært brukt til å validere indeksen. Dette kunne vært med å sette oppmerksomheten på utsatte jordbruksarealer.

## 6 Avslutning

Oppgaven har gjort forsøk på å identifisere flomutsatte jordbruksarealer i norske kommuner, ved å lage en flomutsatthetsindeks. Bakgrunnen for dette er at det i fremtiden forventes økt nedbør. På bakgrunn av regjeringens mål om økt matvaresikkerhet og at jordbruksarealer står i fare for å bli skadet som følge av flom, kan det være av interesse å identifisere flomutsatte jordbruksarealer i norske kommuner. Ved å identifisere de mest utsatte kommunene kan det gjøre at man kan redusere utsatthet, og dermed redusere risiko for at arealer blir skadet i fremtiden.

Resultatene av analysen viser at de mest utsatte kommunene befinner seg i ulike deler av landet. De mest utsatte kommunene befinner seg videre i innlandet, med en konsentrasjon rundt større vassdrag. Det er ikke nødvendigvis de kommunene med størst totalt jordbruksareal som er mest utsatt. Det er andelen av jordbruksarealet som befinner seg i flomaktsomhetssonen som avgjør hvor vidt kommunen har høy flomutsatthet eller ikke.

Det er utfordringer med å fremstille en flomutsatthetsindeks da den skjuler situasjonen innad i kommunene, og det oppstår mønstre på bakgrunn av kommunegrensene når kommunene blir rangert med relativ grad av flomutsatthet. I tillegg til dette gjør tildelingen av rødfarge til de utsatte kommunene til at hele enheten kan oppfattes som utsatt, men det er kun den relative graden av flomutsatthet som er identifisert og resultatene må tolkes dit hen. Det er også usikkerhet i henhold til at indeksen er basert på flomdata, da det er usikkert hva som skjer i fremtiden. På bakgrunn av usikkerheten var det et mål om å validere resultatene som er fremskaffet i denne oppgaven opp mot annen data. Dette forsøket har ikke vært tilfredsstillende. Det hadde vært bedre hvis det hadde vært mer egnet data tilgjengelig. Flomutsatthetsindeksen fremstilt i denne oppgaven, er en nasjonal screening gjort av norske kommuner. Resultatene kan være med å rette oppmerksomhet og eventuelt føre til ytterligere diskusjon rundt hvilke jordbruksarealer som kan være utsatte i fremtiden. Ytterligere undersøkelser kan derfor være hensiktsmessig å gjøre, men på et mer lokalt nivå.



## Litteraturliste

- Aall, C., Heiberg, E., Høyer, K. G., & Storm, H. (2008). Indikatorer for lokale klimasårbarhetsanalyser. Kunnskapsstatus og skisse til en metode for utprøving i norske kommuner. *Vestlandsforskningsrapport, 5/2008*, 90.
- Ahlstrøm, A. P., Bjørkelo, K., & Frydenlund, J. (2014). *KLASSIFIKASJONSSYSTEM: Klassifisering av arealressurser*. Vol. 06/14. *Rapport fra Skog og landskap*. Hentet fra [http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport\\_06-2014.pdf](http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport_06-2014.pdf)
- Askheim, S. (2013). *Naturkatastrofe*. Store Norske Leksikon. Hentet fra <https://snl.no/naturkatastrofe>
- Bakken, S. G. (2014, 31.10.). Vi har ikke kartlagt flomfaren godt nok, *Nrk.no*. Hentet fra [http://www.nrk.no/hordaland/\\_vi-har-ikke-kartlagt-flomfaren-godt-nok-1.12017036](http://www.nrk.no/hordaland/_vi-har-ikke-kartlagt-flomfaren-godt-nok-1.12017036)
- Birkmann, J. (2006). Indicators and criteria for measuring vulnerability: Theoretical bases and requirements. *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies*, 55-77.
- Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7(1), 20-31.
- Bjørddal, I., & Bjørkelo, K. (2006). *AR5 Klassifiseringssystem. Klassifisering av arealressurser* Vol. 01. *Håndbok fra skog og landskap* Hentet fra [http://www.skogoglandskap.no/filearchive/netthb\\_0106.pdf](http://www.skogoglandskap.no/filearchive/netthb_0106.pdf)
- Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper*, 38, 1-16.
- Bye, L. M., Lein, H., & Rød, J. K. (2013). Klima, sårbarhet og tilpasning. I L. M. Bye, H. Lein & J. K. Rød (Red.), *Mot en farligere fremtid? Om klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge* (s. 9-15). Trondheim: Akademika forlag.
- Cardona, O.-D., van Aalst, M. K., Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., & Mechler, R. (2012). Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. I.C.B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor & P. M. Midgley (Red.), *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (s. 65-108). Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

- Carter, T. R., Jones, R. N., Lu, X., Bhadwal, S., Conde, C., Mearns, L. O., . . . Zurek, M. B. (2007). New Assessment Methods and the Characterisation of Future Conditions. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. I M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden & C. E. Hanson (Red.), (s. 133-171). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- ClimRes. (udatert). *About the Project*. Hentet 28.11.2015, fra <http://www.climres.no/projects/>
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598-606. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social science quarterly*, 84(2), 242-261.
- Cutter, S. L., Golledge, R., & Graf, W. L. (2002). The big questions in geography. *Professional Geographer*, 54(3), 305-317.
- Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. (2000). Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the association of American Geographers*, 90(4), 713-737.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2016, 1.1.2016). *Sikkerhet mot flom og stormflo*. Hentet 30.3.2016, fra <https://dibk.no/byggeregler/tek/2/7/7-2/>
- ESRI. (2013, 16.12.). *About raster data in the ArcGIS Spatial Analyst extension*. Hentet 29.1.2016, fra [http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#/About\\_raster\\_data\\_in\\_Spatial\\_Analyst/0059000000004000000/](http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#/About_raster_data_in_Spatial_Analyst/0059000000004000000/)
- ESRI. (2014a, 3.3.). *Polygon to Raster (Conversion)*. Hentet 30.11.2015, fra <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#/001200000030000000>
- ESRI. (2014b, 3.3.). *Snap Raster (Environment setting)*. Hentet 17.2.2016, fra <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#/001w0000000m000000>
- ESRI. (2014c, 10.4.). *Understanding reclassification*. Hentet 20.1.2016, fra <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#/009z000000st000000>
- ESRI. (2016a). *Rasterizing features for 3D*. Hentet fra <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/3d-analyst/rasterizing-features-for-3d.htm>

- ESRI. (2016b). *How Zonal Statistics works*. Hentet 30.3.2016, fra <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/h-how-zonal-statistics-works.htm>
- Fekete, A. (2012). Spatial disaster vulnerability and risk assessments: Challenges in their quality and acceptance. *Natural Hazards*, 61(3), 1161-1178. doi: 10.1007/s11069-011-9973-7
- Fergus, T, Hoseth, K. A., & Sæterbø, E. (2010). *Vassdragshåndboka: håndbok i vassdragsteknikk*. Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- French, S. (2009). Risk: mastering time and space. I N. J. Clifford, S. L. Holloway, S. P. Rice & G. Valentine (Red.), *Key Concepts in Geography* (s. 392-404). London: Sage.
- Geonorge. (udatert). *Det offentlige kartgrunnlaget*. Hentet 9.2.2016, fra <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/kartverket/det-offentlige-kartgrunnlaget/e4eb3a1d-481e-45a2-8a58-ead15240a9b0>
- Goodchild, M. F. (2011). Scale in GIS: An overview. *Geomorphology*, 130(1), 5-9.
- Grinderud, K., & Rasmussen, H. (2010). Anvendelsen. I Knut Grinderud (Red.), *GIS - Geografiens språk i vår tidsalder* (s. 10-31). Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Hanssen-Bauer, I, Førland, EJ, Haddeland, I, Hisdal, H, Mayer, S, Nesje, A, . . . Sorteberg, A. (2015). *Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015* Vol. 2/2015. *NCCS report* Hentet fra <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M406/M406.pdf>
- Harley, J. B. (1989). Deconstructing the map. *Cartographica: The international journal for geographic information and geovisualization*, 26(2), 1-20.
- Hinkel, J. (2011). "Indicators of vulnerability and adaptive capacity": towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*, 21(1), 198-208.
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Johannessen, J. (2015, 3.10.15). Slik rammer ekstremværet landbruket, *Nationen*. Hentet fra <http://agrianalyse.no/file=3566>
- Johannessen, O. (2005, 4.3.2005). *Varmere, våtere og villere*. Hentet 12.9.2015, fra <http://forskning.no/meninger/kronikk/2008/02/varmere-vatere-og-villere>

- Jordloven. (1995). *Lov om jord*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1995-05-12-23>.
- Klima- og forurensningsdirektoratet. (2012). *FNs klimapanel: Spesialrapport om håndtering av risikoen for ekstreme hendelser og katastrofer for å forbedre tilpasningen til klimaendringer. Sammendrag for beslutningstakere. Oversettelse til norsk*. Oslo: Klima- og forurensningsdirektoratet.
- Landbruksdirektoratet. (2016, 12.10.2016). *Avlingssvikt - klimabetingede tap*. Hentet 17.10.2016, fra <https://www.slf.dep.no/no/erstatning/klimabetingende-skader/avlingssvikt#avlingssvikt-eller-naturskade>
- Landbruksdirektoratet. (udatert). *Naturskadeerstatning*. Hentet 14.3.2016, fra <https://www.slf.dep.no/no/statistikk/naturskadeerstatning>
- Lavell, A., Oppenheimer, M., Diop, C, Hess, J, Lempert, R, Li, J, . . . Myeong, S. (2012). Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. I.C.B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K Plattner, S. K. Allen, M. Tignor & P. M. Midgley (Red.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (s. 25-64). Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Lein, Haakon. (2013). Om klimaendringer, samfunn og naturkatastrofer i et globalt perspektiv. I Linda M. Bye, Haakon Lein & Jan Ketil Rød (Red.), *Mot en farligere fremtid? Om klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge* (s. 17-29). Trondheim: Akademika forlag.
- Li, X. (2009). *Map Algebra and Beyond: 1. Map Algebra for Scalar Fields*. Hentet 30.03.2016, fra <http://slideplayer.com/slide/5822638/>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2011). *Geographic information systems & science*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Lujala, P., Holand, I. S., & Rød, J. K. (2013). Sosial sårbarhet kartlagt for norske kommuner. I L. M. Bye, H. Lein & J. K. Rød (Red.), *Mot en farligere fremtid? Om klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge* (s. 109-216). Trondheim: Akademika forlag.
- Meld. St. nr. 9 (2011-2012). (2011). *Landbruks-og matpolitikken*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/adb6bd7b2dd84c299aa9bd540569e836/no/pdfs/stm201120120009000dddpdfs.pdf>.



- Meld. St. nr. 33 (2012-2013). (2013). *Klimatilpasning i Norge*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/e5e7872303544ae38bdbdc82aa0446d8/no/pdfs/stm201220130033000dddpdfs.pdf>.
- NIBIO. (2007). *Dokumentasjon av AR50*. Hentet 18.1.2016, fra [http://www.skogoglandskap.no/artikler/2007/nedlastingsinfo\\_ar50/newsitem](http://www.skogoglandskap.no/artikler/2007/nedlastingsinfo_ar50/newsitem)
- NIBIO. (2015, 20.8.2015). *Om NIBIO*. Hentet 23.9.2015, fra <http://www.nibio.no/infoside/om-nibio>
- Norsk Naturskadepool. (2016a). *Naturskader*. Hentet 3.6.2016, fra <http://www.naturskade.no/no/hoved/naturskader/>
- Norsk Naturskadepool. (2016b). *Flom*. Hentet 2.6.2016, fra <http://www.naturskade.no/no/Hoved/Naturskader/Skadearsaker/Flom1/>
- Norsk Naturskadepool. (2016c, 30.9.). *Om NASK*. Hentet fra <http://www.naturskade.no/no/Hoved/statistikk/>
- Norsk Naturskadepool, & Statens naturskadefond. (2016). *Naturskader og erstatning*. Hentet fra [http://www.naturskade.no/Global/Naturskade/Naturskade2016\\_ok2-sh.pdf](http://www.naturskade.no/Global/Naturskade/Naturskade2016_ok2-sh.pdf)
- NOU 1996:16. (1996). *Tiltak mot flom*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/21e6f5f6fe424757a8d418a33259c223/no/pd/fa/nou199619960016000dddpdfa.pdf>
- NVE. (2013, 2.12.2013). *Flaum og skred*. Hentet 3.10.2015, fra <http://www.nve.no/no/Flaum-og-skred/>
- NVE. (2014). *Flaum- og skredfare i arealplanar*. Vol. 2. *Retningslinjer fra NVE*. Hentet fra [http://webby.nve.no/publikasjoner/retningslinjer/2011/retningslinjer2011\\_02.pdf](http://webby.nve.no/publikasjoner/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_02.pdf)
- NVE. (2015, 9.12.). *Elvenettverk / ELVIS*. Hentet 18.10.2016, fra <https://www.nve.no/karttjenester/kartdata/vassdragsdata/elvenettverk-elvis/>
- Næss, L. O., Norland, I. T., Lafferty, W. M., & Aall, C. (2006). Data and processes linking vulnerability assessment to adaptation decision-making on climate change in Norway. *Global Environmental Change*, 16(2), 221-233. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.01.007
- O'Brien, K., Eriksen, S., Sygna, L., & Naess, L. O. (2006). Questioning complacency: Climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway. *Ambio*, 35(2), 50-56. doi: 10.1579/0044-7447(2006)35[50:QCCCIV]2.0.CO;2
- O'Brien, K., Aandahl, G., Orderud, G., & Sæther, B. (2003). Sårbarhetskartlegging—et utgangspunkt for klimadialog [Vulnerability mapping—a point of departure for a climate dialog]. *Plan*, 5, 12-17.

- Peereboom, I. O. (2016). *Fom - Fare og Aktsomhet*. Hentet fra [http://www.kartverket.no/globalassets/arkiv/kartkontor/oslo/ptuoa/fagdag-flom/flomaktsomhet\\_peerebom\\_nve.pdf](http://www.kartverket.no/globalassets/arkiv/kartkontor/oslo/ptuoa/fagdag-flom/flomaktsomhet_peerebom_nve.pdf)
- Peereboom, I. O. (udatert). Identification of areas exposed to flooding in Norway at a national level. [http://gis3.nve.no/metadata/rapporter/SmallScaleFloodAssesment\\_v3.pdf](http://gis3.nve.no/metadata/rapporter/SmallScaleFloodAssesment_v3.pdf)
- Preston, B. L., Yuen, E. J., & Westaway, R. M. (2011). Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks. *Sustainability Science*, 6(2), 177-202.
- Prytz, S.K. (2010). *Norsk Naturskadepool - en modell for Europa*. Vol. 19(1). *Nordisk försäkringstidskrift* Hentet fra <http://www.nft.nu/sv/norsk-naturskadepool-en-modell-europa>
- Regjeringen. (2014). *Fakta om kommunereformen*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/kommuner-og-regioner/kommunereform/Hvorfor-kommunereform/id752904/>
- Regjeringen. (2016, 29.4.2016). *Jordvern*. Hentet 13.03.2016, fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/landbruk/innsikt/jordvern/jordvern/id2009556/>
- Rød, J. K. (2009). *Verktøy for å beskrive verden. Statistikk, kart og bilder*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Rød, J. K. (2013). Naturskadeforsikring og utbetalinger etter 1980. I L. M. Bye, H. Lein & J. K. Rød (Red.), *Mot en farligere fremtid? Om klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge* (s. 175-189). Trondheim: Akademika forlag.
- Rød, J. K. (2015). *GIS - Verktøy for å forstå verden*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Rød, J. K., Berthling, I., Lujala, P., Opach, T., & Vatne, G. (2013a). Beregning og kartlegging av steders sårbarhet for flom, skred og storm. I L. M. Bye, H. Lein & J. K. Rød (Red.), *Mot en farligere fremtid? Om Klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge* (s. 91-107). Trondheim: Akademika forlag.
- Rød, J. K., Bye, L. M., & Opach, T. (2013b). Integrert sårbarhetskartlegging for norske kommuner. I L. M. Bye, H. Lein & J. K. Rød (Red.), *Mot en farligere fremtid? Om klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge* (s. 127-140). Trondheim: Akademika forlag.
- Sivertsen, S. (2008). *Flomsonekartlegging*. Vol. 2. *Fakataark fra NVE* Hentet fra [http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2008/faktaark2008\\_02.pdf](http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2008/faktaark2008_02.pdf)

- Skarbøvik, E., Kjeve, M. N., Kollerud, J., Skallebakke, O. P., Staubo, I., Stolte, J., & Øygarden, L. (2015). *Tap av jord som følge av flom og ras. Hva vet vi og hva kan gjøres?* Vol. 1/11. *NIBIO POP* Hentet fra [http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/123124/NIBIO\\_POP\\_2015\\_11.pdf](http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/123124/NIBIO_POP_2015_11.pdf)
- Statens kartverk. (1997). *SOSI-koder for SOSI-3.0. Temakodeliste* Hentet fra [http://159.162.103.4/standard/sosi/pdf3/del5\\_3/temakode.pdf](http://159.162.103.4/standard/sosi/pdf3/del5_3/temakode.pdf)
- Sæterbakk, I. J. (2015, 22.9.2015). *Utfordrende klimasituasjon for landbruket fram mot 2100*. Hentet 3.10.2015, fra <http://www.bondelaget.no/nyhetsarkiv/utfordrende-klimasituasjon-for-landbruket-fram-mot-2100-article82278-3805.html>
- Tate, E., Cutter, S. L., & Berry, M. (2010). Integrated multihazard mapping. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(4), 646-663.
- Tobin, G., & Montz, B. (2009). Risk: Geophysical processes in natural hazards. I N. J. Clifford, S. L. Holloway, S. P. Rice & G. Valentine (Red.), *Key Concepts in Geography* (s. 405-423). London: Sage.
- Vaaje-Kolstad, T. (red.). (2011). *Arealressurskart AR5, AR50, AR250, CLC*. Vol. 1/2011. Hentet fra [http://www.skogoglandskap.no/filearchive/arealressurskart\\_brosjyre.pdf](http://www.skogoglandskap.no/filearchive/arealressurskart_brosjyre.pdf)
- Vatne, G. (2013). Klima og flom- i fortid og fremtid. I L. M. Bye, H. Lein & J. K. Rød (Red.), *Mot en farligere fremtid? Om klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge* (s. 33-50). Trondheim: Akademika forlag.
- Ørstavik, E. (2015). *Geografisk informasjonssystem*. Store Norske Leksikon. Hentet fra [https://snl.no/geografisk\\_informasjonssystem](https://snl.no/geografisk_informasjonssystem)



## Vedlegg A: Faktorverdi

The NPP data for 2013 and 2014 are included as the last fields. Fields titled from V02 to V36 are population data for the years 1980 – 2014.

The inflation adjustment I am using is as follows:

```
inflationAdjustment = [  
    [1980,3.4054726],  
    [1981,3.002193],  
    [1982,2.6948819],  
    [1983,2.4845735],  
    [1984,2.3361775],  
    [1985,2.2116317],  
    [1986,2.0648567],  
    [1987,1.8987517],  
    [1988,1.7802341],  
    [1989,1.7027363],  
    [1990,1.6356033],  
    [1991,1.5808314],  
    [1992,1.5451467],  
    [1993,1.5110375],  
    [1994,1.4896627],  
    [1995,1.4532909],  
    [1996,1.4365163],  
    [1997,1.3997955],  
    [1998,1.369],  
    [1999,1.3382209],  
    [2000,1.2976303],  
    [2001,1.2594296],  
    [2002,1.2434151],  
    [2003,1.2136525],  
    [2004,1.2082966],  
    [2005,1.1894005],  
    [2006,1.1631266],  
    [2007,1.1543002],  
    [2008,1.112104],  
    [2009,1.089101],  
    [2010,1.0628882],  
    [2011,1.0498466],  
    [2012,1.0418569],  
    [2013,1.0201192],  
    [2014,1]
```