

Marius B. Thorvaldsen

Bærekraftige hytter.

- En livsløpsvurdering av ulike hyttekonsept med fokus på biodiversitetstap.

Masteroppgave i MTENERG

Veileder: Johan Berg Pettersen

Juni 2019



Jøldalen i Trollheimen (Foto: Marius B. Thorvaldsen)

Marius B. Thorvaldsen

Bærekraftige hytter.

- En livsløpsvurdering av ulike hyttekonsept med fokus på biodiversitetstap.

Masteroppgave i MTENERG
Veileder: Johan Berg Pettersen
Juni 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for energi- og prosesssteknikk

Sammendrag

I dag bygges hytter både større og tettere enn før, og de siste 20 årene har det i gjennomsnitt blitt registrert nesten 5000 nye hytter hvert år. Forenklete beregninger i introduksjonen av denne oppgaven viser at det arealet som hvert år brukes til nye hytter tilsvarer en vindmøllepark med en installert effekt på 200 MW. Et arealbruk jeg anser som betydelig. Over halvparten av denne hyttebyggingen skjer nå i innlandskommuner og i nærheten av, eller i, attraktive fjellområder. Der motiveres mange til å kjøpe hytte av muligheten til å gå tur i den hittil «urørte» naturen, men med videre hytteutbygging er det ikke sikkert denne naturen forblir urørt. Økt arealbruk er ikke bare en trussel for vår mulighet til å oppleve «urørt» natur, den er også en viktig driver bak biodiversitetstap. Denne oppgaven skal da finne ut hvordan nye måter å tenke hytte på, nye hyttekonsept, kan være med på å redusere både et lokalt biodiversitetstap (gjennom en mer arealeffektiv hyttebygging) og et globalt biodiversitetstap (gjennom reduserte klimagassutslipp).

Analysen er gjennomført ved at jeg har benyttet meg av LCA (livsløpsvurdering) og dataprogrammet SimaPro. Her har jeg bygd opp en modell for det å være hyttebruker som inkluderer både den fysiske hytta (materialer), det direkte arealbruket hytta har gjennom reguleringsplaner (direkte arealbruk), transporten av hyttebrukere til og fra hytta (transport) og energibruken på selve hytta (energi). Ved hjelp av ReCiPe har jeg med dette sett på biodiversitetstapet med fokus på arealbruk og global oppvarming som de viktigste driverne. Den funksjonelle enheten er satt til persondøgn (antall døgn hytta er i bruk ganger hvor mange som bruker den det døgnet).

Ut fra dette har jeg modellert tre forskjellige hyttetyper; tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta. Tradisjonshytta skal representere hytta slik den bygges i dag, i hyttefelt med høy standard og komfort. Seterhytta skal bygges mindre og tettere med tilrettelegging for større grad av kollektivtransport og ulike delingsløsninger. Urbanhytta skal være et leilighetskompleks i et tettsted hvor mulighetene for kollektivtransport er enda større og hvor det kan bli naturlig at hytta brukes til flere formål enn kun hytteferier. Både seter- og urbanhytta er hyttekonsept som springer ut fra prosjektet «Grønn fjellhageby» eid av «Nasjonalparken næringshage» og er kun tenkte, og ikke realiserte, hyttekonsept.

Resultatene av LCA-en viser tydelig at tradisjonshytta slik jeg har definert den kan forbedres ved å tenke nytt om hvordan en hytte bygges og brukes. Både seter- og urbanhytta kommer bedre ut både med tanke på arealbruk, klimagassutslipp og biodiversitetstap. Det er allikevel en del antagelser som gjør at bildet er mer nyansert. Spesielt viktig er det hvor ofte, og hvor lenge av gangen, de ulike hyttetyperne brukes. Jeg har antatt at en gjennomsnittlig hyttetur er på tre døgn for alle de tre hyttetyperne, og at tradisjonshytta brukes i 57 døgn pr. år, seterhytta i 140 døgn pr. år og urbanhytta i 300 døgn pr. år. Jeg setter også antallet bruksdøgn likt for alle tre hyttetyperne (100 døgn pr. år), noe som tydelig endrer effektene fra materialbruken og det direkte arealbruket. Jeg endrer også lengden på oppholdet fra tre til syv døgn, noe som påvirker effektene fra transporten. De konkrete tiltakene som ellers reduserer biodiversitetstapet fra hytta er først at de bygges tettere, deretter at transportvanene til og fra hytta endres og til slutt å bruke minst mulig ved til oppvarming. Dette siste tiltaket er relevant fordi et redusert vedforbruk reduserer arealbruket knyttet til skogbruk, men det er et tiltak som også vil problematiseres gjennom andre fordeler med ved framfor elektrisitet.

Hvorvidt antall arter er den beste måten å måle biodiversitet på er noe som problematiseres og diskuteres. En annen innvendig mot analysen er at den antar at en videre utbygging av norsk natur i utgangspunktet er ønskelig. Dette gjør den gjennom å sette den funksjonelle enheten til persondøgn slik at økt bruk, og dermed økt total transport er fordelaktig framfor redusert bruk. En tredje innvending, som også er den største, kommer fra sammenligningen med andre tilgrensende studier hvor resultatene mine blir veldig små i forhold. Både for arealbruk og klimagassutslipp er forskjellene såpass store at det er stor sannsynlighet for at det totale biodiversitetstapet jeg kommer fram til egentlig er større. Modellen er derfor ikke perfekt, men den generelle konklusjonen om at måten vi bygger hytter på i dag har et forbedringspotensial når det kommer til å redusere biodiversitetstap påvirkes ikke av dette.

Abstract

Today, Norwegian cottages are built larger and closer to each other than ever before and looking at the past 20 years there has been registered in average almost 5000 new cottages each year. Simplified calculations I have done show that the land use of these 5000 cottages is about the same size as a 200 MW windmill farm. A considerable amount of land use. More than half of the newly built cottages are localized inland, in rural communities close to mountain areas with good opportunities for hiking. Which again is the main motivation for people wanting to buy cabins. The challenge is what will happen to these mountain areas and hiking opportunities if a large number of cabins continues to be built. The increased land use will then not only be a threat to our possibility to utilize nature for recreational activities, but also a threat to biodiversity. The objective of this report is therefore to see how new ways to build and use cabins will affect biodiversity, both locally (through reduced land use) and globally (through reduced greenhouse gas emissions).

The methodology used in this study is LCA (life cycle analysis) and the digital tool SimaPro. With this I have built a model representing a cabin-user and included the building (materials), the direct land use represented by documents from the public sector (direct land use), the transport of people to and from the cabin (transport) and the energy used when being at the cabin (energy). The LCIA (life cycle impact assessment) method used is the ReCiPe where I have focused mainly on the different types of midpoint categories for "land use", and the one midpoint category for "greenhouse gas emissions". The functional unit of the study is "persondays" (how many days a year the cabin is used, times how many who uses it each day).

With this as a background, I have modelled three types of cabins; "tradisjonshytte" (the traditional cabin), "seterhytte" (the summer-mountain-pasture-cabin) and "urbanhytte" (the urban cabin). "Tradisjonshytte" represents how cabins are built today, in cabin-villages with a high level of comfort. "Seterhytte" is built in a similar type of cabin-village, but even closer to each other and with smaller units. There is also an increased attention towards sharing facilities and a change in the mode of transportation towards bus. "Urbanhytte" is supposed to be an apartment block built close to a rural center where the attention towards sharing facilities and public transportation are even strengthened. The "urbanhytte" is also supposed to facilitate different uses of the cabin than only holiday-visits. Both "seterhytte" and "urbanhytte" are concepts that originate from a project by "Nasjonalparken næringshage" called "Grønn fjellhageby" (green mountain village) and are thus not realized as actual buildings.

The results from the LCA show a considerable possibility for reducing the loss of biodiversity by changing the way we build and use cabins. Both "seter-" and "urbanhytte" performs better in all of the three categories; land use, greenhouse gas emissions and loss of biodiversity. The model still has some assumptions that alter the results, especially how often, and for how long, each cabin is used. I have assumed that each cabin is used for three days in each trip, and that the total amount of days at the cabin during the year is 57 for "tradisjonshytte", 140 for "seterhytte" and 300 for "urbanhytte". But I also change these numbers from three to seven for the length of the stay, and from the base case to 100 for the total number of days the cabin is used each year. The other things that could be done to reduce the loss of biodiversity is firstly to build more area efficient cabin villages, secondly to change the transport mode towards public transport and thirdly to reduce the use of wood as source of heating.

This third point about the use of wood will also be discussed as there are other aspects that would favor wood compared to other alternatives as energy supply.

An important thing to discuss in connection with this study is how to measure biodiversity. I indicate that there might be ways that in theory are better than the number of species in an area, but in practice is too hard to implement. Another important discussion is if we really want new cabins in Norwegian nature, or if we should stop building altogether. The study assumes that a continued development of cabin-villages is wanted, and favors through the functional unit cabins that are used often to cabins that are used more seldom. Even though cabins that are used more also generate more emissions from transport. A third important discussion, which also might be the most important one, is the comparison to other somewhat equal studies. Both the greenhouse gas and the land use midpoints are considerably larger for other studies than they are for mine. This makes me think that the total biodiversity might be even larger than what I have found, but that the general conclusion that the way we build and use cottages today can be improved, stays strong.

Forord

Å jobbe med masteroppgaven har vært gøy. Jeg synes jeg har fått et tema som jeg har kunnet relatere til samt at det har vært lett å koble tema opp mot min kompetanse innen industriell økologi og LCA. Prosessen med å komme i gang med å jobbe var allikevel ikke problemfri. Jeg føler selv det har tatt ganske lang tid før jeg har fått et tydelig bilde av hva det er jeg egentlig skal komme fram til. Johan maste lenge velmenende om at jeg skulle komme med effektive forskningsspørsmål uten at jeg helt forsto hva som gjorde noen forskningsspørsmål mer «effektiv» enn andre. Når jeg derimot begynte å se på resultatene mine og tenke på hvordan jeg ønsket å bygge opp en diskusjon ble det heldigvis tydeligere, og jeg er fornøyd med forskningsspørsmålet:

- Hvordan endrer mer arealeffektive hyttekonsept biodiversitetstapet av det å være hyttebruker?

Mot slutten av masterskrivingen føler jeg nå at ting har gått fort, men at tiden har strekt til. Når jeg sitter her nå har jeg fortsatt en del tid igjen til gjennomlesing og finpussing av oppgaven. Dette betyr selvfølgelig at jeg kunne sittet med marginale forbedringer i modellen av hytta og tilpasninger i databasen, men samtidig føler jeg at det jeg har gjort er gjort etter beste evne og at det som ikke stemmer helt med norske forhold nå ikke vil ha store utslag på resultatene. Derfor vil jeg si meg veldig fornøyd med det jeg nå leverer inn til sensur og vil i spenning vente på resultatet.

Før du som leser kommer til selve innholdet av masteroppgaven må du først komme deg gjennom noen korte takkeavsnitt. For selv om jeg har skrevet denne oppgaven på egenhånd er det flere som på ulike måter har stått tett på og fulgt meg og/eller oppgaven tett. Først vil jeg takke Johan som har veiledet det hele, som har kommet med innspill og med bekreftelser på at det jeg gjør er relevant. Så synes jeg også NTNU som utdanningsinstitusjon og lånekassen skal ha takk for at de har tatt meg inn og vært med meg gjennom hele studiet, sammen utgjør dere et godt team.

I tillegg er det på sin plass å takke mamma og pappa som har stilt arbeidsværelse, kjøleskap og andre fasiliteter tilgjengelig for meg ved behov. Dere har også vært minst like nysgjerrig som meg på hvordan det skal gå med både masterskriving og videre jobb. Til slutt må jeg også nevne Nasjonalparken Næringshage med Tina i spissen som har latt meg ta del i Grønn fjellhagebyprosjektet. Gjennom både møter i Trondheim, Oppdal og kommunikasjon på mail har jeg fått gode og viktige innspill til oppgaven. Det var en spesielt fin dag i mars hvor jeg fikk komme på besøk, sitte å jobbe samt være med på det dere gjør der. Til andre studenter som vurderer å skrive i samarbeid med dere vil jeg si kjør på! En ekstra liten takk vil jeg også sende til Lundhytta og Jan Perry som tok seg tid til å se gjennom materialregnskapet for hytta mi, slik jeg foreslo at den skulle bygges kunne den fort blåst vekk som et hus på sandgrunn.

Da gjenstår det bare for meg å ønske meg selv lykke til med resten av livet og deg som leser god lesing!



Marius B Thorvaldsen

11.Juni 2019 - Trondheim

Generell informasjon om oppgaven

Fakultet	IV – Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt	Institutt for energi- og prosesseteknikk
Studieprogram	MTENERG
Emnekode	194_TEP4936_1

Studentens navn	Marius B Thorvaldsen
Type oppgave	Masteroppgave
Oppstartsdato for oppgaven	15.01.2019
Leveringsfrist for oppgaven	11.06.2019
Problembeskrivelse	Gjøre en LCA av ulike forretningsmodeller (hyttetyper) for mer bærekraftig hyttebygging hentet fra prosjektet Grønn fjellhageby eid av Nasjonalparken Næringshage. Fokus i LCAen vil ligge på arealbruk og global oppvarming og konsekvensene dette har for biodiversitetstap med direkte arealbruk, materialer, energi og transport som delene i livsløpsregnskapet.
Veileder	Johan Berg Pettersen

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	1
Abstract.....	3
Forord.....	5
Generell informasjon om oppgaven	6
Innholdsfortegnelse	7
Engelsk-Norsk Ordliste.....	9
Figurliste.....	10
Tabelliste.....	12
1 Introduksjon.....	14
2 Teori.....	18
2.1 Den norske hytta.....	18
2.2 LCA, SimaPro og ReCiPe	21
2.3 Direkte arealbruk	25
2.4 Energi	26
2.5 Transport.....	28
2.6 Materialer	29
2.7 Hyttestatistikk	31
2.8 Tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta.....	32
2.8.1 Tradisjonshytta.....	33
2.8.2 Seterhytta.....	33
2.8.3 Urbanhytta.....	34
2.9 Biodiversitet.....	34
3 Metode.....	36
3.1 Materialer	36
3.2 Transport.....	37
3.3 Direkte arealbruk	38
3.4 Energi	39
3.5 Hyttebruk.....	41
4 Resultat	45
4.1 Materialregnskap.....	45
4.2 Biodiversitetstap	45
4.2.1 Tradisjonshytta.....	47

4.2.2	Seterhytta.....	49
4.2.3	Urbanhytta.....	51
4.3	Arealbruk.....	54
4.4	Global oppvarming.....	56
5	Diskusjon.....	58
5.1	Direkte arealbruk.....	58
5.2	Transport.....	60
5.3	Energi.....	62
5.4	Materialer.....	64
5.5	Fritidsaktiviteter.....	65
5.6	En samlet hyttebebyggelse.....	66
5.7	Arealbruk som mellompunktkategori.....	67
5.8	Global oppvarming som mellompunktkategori.....	68
5.9	Hvilken type hytte vil folk ha?.....	70
	Konklusjon.....	72
	Referanseliste.....	74
	Vedlegg 1 SimaPro.....	82
	Vedlegg 2 Direkte arealbruk av tradisjonshytte.....	105
	Vedlegg 3 Resultatgrafer.....	110
	Vedlegg 4 ReCiPe.....	114

Engelsk-Norsk Ordliste

Livsløpsvurderinger og studier knyttet til dette er for det meste skrevet på engelsk, derfor har jeg lagt ved en ordliste for å hjelpe den vante LCA-praktikant å forstå hva jeg mener med de ulike norske oversettelsene av engelske fagord. Jeg har etter beste evne forsøkt å holde meg til språkdrakten i ISO14040.

Agricultural land occupation = Areal okkupert som landbruk

Characterization factor = Karakteriseringsfaktor

Endpoint indicator = Endepunktkategori

Functional unit = Funksjonell enhet

Goal and scope definition phase = Fastsettelse av hensikt og omfang.

Input = Inngangsfaktor

Input-Output analysis = Kryssløpsanalyse

Life cycle analysis (LCA) = Livsløpsvurdering

Life cycle impact assessment (LCIA) = Livsløpseffektvurdering

Life cycle inventory (LCI) = Livsløpsregnskap

Midpoint indicator = Mellompunktkategori

Natural land transformation = Transformasjon av naturlig areal

Output = Utgangsfaktor

Potentially disappeared fraction of species = Potensielt utryddet fraksjon av dyrearter

Radiative forcing = Strålingspådriv

The interpretation phase = Tolkningsfasen

Urban land occupation = Areal okkupert som urbant

Figurliste

Figur 1 viser utviklingen i antallet hytter i Norge fra 1965 og fram til i dag. Mellom 1965 til 1973 er det antatt en vekst på ca. 15 000 pr. år med 250 000 hytter i 1973 Aall (2011). Deretter står SSB (2019) for tallene fra 2001 fram til 2019. I samme periode er også den årlige tilveksten av hytter vist med de grå punktene og på motsatt loddrette akse.	14
Figur 2 viser systemgrensene til livsløpsvurderingen. De heltrukne linjene er de delene jeg behandler kvantitativt og de stiplede er de jeg har utelatt. Figuren bygger på en tanke om en forenklet LCA fra Bribrán et al. (2009).	23
Figur 3 viser hvordan mange LCIA-metoder tenker biodiversitetstap som konsekvens av arealbruk. Når et areal brukes på en ny måte (t_1) endres økosystemkvaliteten (fra Q_{nat} til Q_{NY}), når denne nye bruken opphører (t_2) vil arealet finne tilbake til sin naturlige tilstand (Q_{nat} ved t_3).....	24
Figur 4 viser en tenkt reguleringsplan til et hyttefelt med det som i oppgaven kalles "tradisjonshytter". De oransje feltene er tomter, de svarte firkantene er hytter og de svarte strekene er vegger. Resten er friområde.	33
Figur 5 viser en tenkt reguleringsplan til et hyttefelt med det som i oppgaven kalles "seterhytter". De oransje feltene er tomter, de små svarte firkantene er hytter, de store svare firkantene er fellesbygg for alle hyttene på samme tomt og den svarte streken er veg. Resten skal stå utrørt.....	33
Figur 6 viser biodiversitetstapet fra de tre hyttetypene når alle hyttetypene har 100 bruksdøgn, har bil som transportmiddel, kun bruker elektrisitet som energikilde og har gjennomsnittlig 3 dagers opphold på hytta av gangen. Biodiversitetstapet er brutt opp i de fire regnskapene og normalisert på den funksjonelle enheten persondøgn.	45
Figur 7 viser biodiversitetstapet til tradisjonshytta fordelt på de fire regnskapene og på de fire mest betydelige mellompunktskategoriene under antagelsene 100 bruksdøgn, bil som transportmiddel, urbant friområde, elektrisitet som energikilde og 3 dager opphold på hytta av gangen.....	47
Figur 8 viser effektene av å endre definisjonen av friområdet fra en type med lav biodiversitet (urbant) til en type med høy biodiversitet (på arealbruksregnskapet alene) brutt opp i de fire mest fremtredende mellompunktskategoriene.	47
Figur 9 viser effektene av å endre måten å transportere seg til og fra tradisjonshytta på for transportregnskapet alene fordelt på de fire mest fremtredende mellompunktskategoriene.	48
Figur 10 viser effektene av å bytte ut vedfyring med ekstra elektrisitet på hytta sammenlignet med å benytte seg av begge deler for energiregnskapet alene brutt opp i de fire mest fremtredende mellompunktskategoriene.....	48

Figur 11 viser effektene av å redusere antallet bruksdøgn fra 100 til 57 og å øke lengden på hvert opphold fra 3 til 7 dager for Tradisjonshytta. Den viser også hvordan effektene fordeler seg mellom de fire regnskapene.	49
Figur 12 viser biodiversitetstapet til seterhytta fordelt på de fire regnskapene og på de fire mest betydelige mellompunktskategoriene under antagelsene 100 bruksdøgn pr. hytteenhet, bil som transportmiddel, elektrisitet som energikilde og 3 dager opphold på hytta av gangen.	50
Figur 13 viser effektene av å øke antallet bruksdøgn fra 100 til 140 og å øke lengden på hvert opphold fra 3 til 7 dager for seterhytta. Den viser også hvordan effektene fordeler seg mellom de fire regnskapene.....	50
Figur 14 viser biodiversitetstapet til urbanhytta fordelt på de fire regnskapene og på de fire mest betydelige mellompunktskategoriene under antagelsene 100 bruksdøgn pr. hytteenhet, bil som transportmiddel, elektrisitet som energikilde og 3 dager opphold på hytta av gangen.	51
Figur 15 viser effektene av å øke antallet bruksdøgn fra 100 til 300 og å øke lengden på hvert opphold fra 3 til 7 dager for urbanhytta. Den viser også hvordan effektene fordeler seg mellom de fire regnskapene.....	51
Figur 16 viser for alle tre hyttetyper forskjellen i biodiversitetstap mellom når alle hyttetyper har samme antagelser som i figur 1 og når de har de antagelser jeg har satt. Samme antagelser betyr at alle hyttetyper brukes i 100 døgn, hvert opphold varer i 3 døgn, alle kjører bil til hytta og at alle kun bruker elektrisitet. Ulike antagelser betyr for tradisjonshytta at bruksdøgnene endres til 57 og at deler av elektrisiteten byttes ut med ved. For seterhytta betyr det at bruksdøgnene endres til 140 og transportmetoden endres til buss. For urbanhytta betyr det at bruksdøgnene endres til 300 og transportmetoden endres til tog.	52
Figur 17 sammenligner biodiversitetstapet fra vedfyring og en elmiks med høye utslipp sammenlignet med norsk elmiks. Begge tallene er oppgitt for pr.m2 hytte.....	53
Figur 18 viser to stolpediagram, den til venstre tar for seg okkupasjonseffektene, den til høyre transformasjonseffektene for alle tre hyttetyper.	54
Figur 19 viser klimagassutslippene pr persondøgn fra de tre hyttetyper fordelt på de fire delene jeg har modellert at hyttene med.....	57
Figur 20 viser det totale klimagassutslippet fra en hytteenhet for de tre forskjellige hyttetyper under de ulike antagelsene som i figur 16.	69

Tabelliste

Tabell 1 oppsummerer verdiene som mine tre hovedkilder for energibruk på hytta oppgir, merk at det er kun tallene i Wahl (2007) som både inkluderer elektrisitet og ved.	27
Tabell 2 viser resultatene for arealbruk hos Dahlstrøm et al. (2012) under den funksjonelle enheten 50 år med 1 m2 boligareal. Tabell 12 viser disse tallene under min funksjonelle enhet persondøgn.....	30
Tabell 3 oppsummerer dataen fra tre kilder som bearbeider hyttestatistikk. Antall persondøgn er regnet ut ved å gange det gjennomsnittlige antallet bruksdøgn med det gjennomsnittlige antallet personer på hytta fra Jystad (2015) for alle tre statistikkene. Antallet hytteturer er regnet ut ved å dele det gjennomsnittlig antallet bruksdøgn på en antegelse om hytteturlengde på 3 døgn.	31
Tabell 4 viser den generelle tanken om hvordan materialbruken er normalisert. Se vedlegg 1 kapittel 1 for spesifikke normaliseringer for hver enkelt hyttetype.	37
Tabell 5 oppsummerer hvordan det er tenkt at de tre transportmetodene skal kunne brukes av hytteeiere i Oppdal og som har sin førstebolig i Trondheim. Se vedlegg 1 kapittel 2 for detaljerte tabeller.	37
Tabell 6 viser hvor mye areal de ulike hyttetyperne bruker i de ulike arealbrukskategoriene. Merk at tallene for seterhytta er for hele setertunet og at tallene for urbanhytta er et helt leilighetskompleks. .	39
Tabell 7 viser hvilke inngangsfaktorer for både okkupasjon og transformasjon i SimaPro som er brukt for å modellere de tre arealbrukstypene benyttet i denne oppgaven.....	39
Tabell 8 viser energiforbruket til de tre hyttetyperne fordelt på m2 overflateareal og fordelt på energikilde. Vedforbruket er hentet fra SSB (2017), elektrisitetsforbruket er hentet fra Aall (2011) for tradisjonshytta og en kombinasjon av de SSB (2017) og Aall (2011) for seterhytta. For urbanhytta er elektrisitetsforbruket hentet fra Gustavsson (2010). Utdypende informasjon finnes i vedlegg 1, kapittel 4.	41
Tabell 9 viser hvilken verdi hvert enkelt livsløpsregnskap skal normaliseres på for at de fire regnskapene skal kunne settes sammen til en hyttemodell under den funksjonelle enheten «persondøgn». Hva som ligger til grunn for alle tallene er beskrevet over og i vedlegg 1. Enhet er persondøgn^{-1}	44
Tabell 10 viser materialregnskapet for en enhet av de tre forskjellige hyttetyperne. En tradisjonshytte, en seterhytte (av de åtte på setertunet) og en urbanhytteleilighet (av alle leilighetene i leilighetskomplekset. Kolonnen helt til venstre viser navnet inngangsfaktoren har i SimaPro.	46
Tabell 11 viser hvordan en endring i seks av de ulike antagelsene påvirker resultatet totalt sett. Prosenttalene er i forhold til at transportmetode er bil (kolonnen buss og tog), antallet bruksdøgn er	

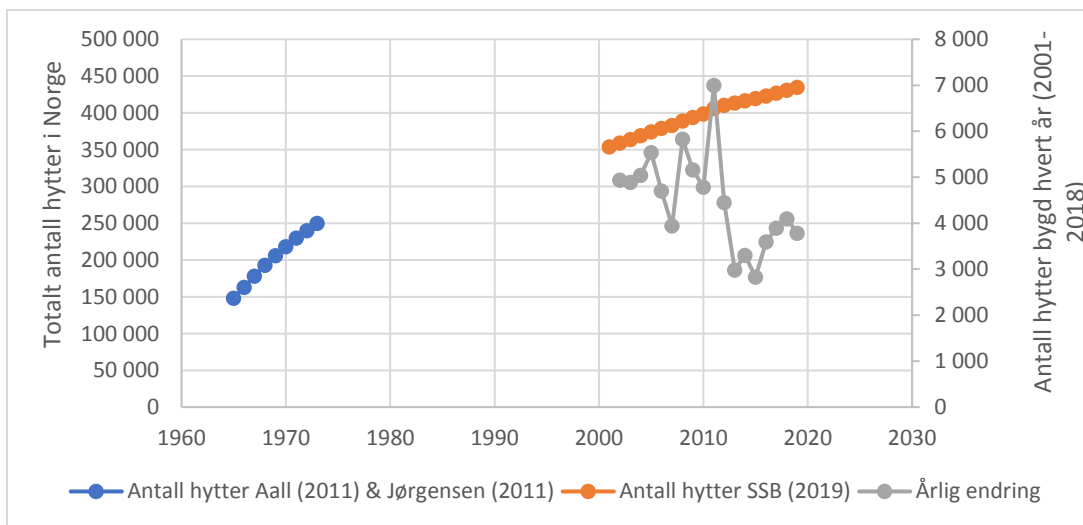
100 (kollonen bruksdøgn), lengden på oppholder er tre døgn (kollonen 7 dagerstur), at elektrisitet er eneste energikilde (vedfyring) og at friområdet for tradsjonshytta har lav biodiversitet som urbant (kollonen arealbruk).....	53
Tabell 12 viser hvordan okkupasjonen fordeler seg over forskjellige typer prosesser for alle de tre hyttetyperne.....	55
Tabell 13 viser hvordan transformasjonen fordeler seg over forskjellige typer prosesser for alle de tre hyttetyperne.....	56
Tabell 14 viser en sammenligning av arealbrukstallene fra min og Dahlstrøm et al. (2012) sin studie, begge med persondøgn som funksjonell enhet.	68
Tabell 15 sammenligner dataene for hyttebruk fra Brekke et al. (2018) med tilsvarede data fra min modell.	70

1 Introduksjon

Bærekraft er blitt et begrep som alle har et forhold til, det dukker opp i alle deler av samfunnet og spesielt i forbindelse med planlegging og utvikling av infrastruktur og annen utbygging. I den forbindelse snakkes det ofte om bærekraftens tre pilarer, den økonomiske, den sosiale og den miljømessige bærekraften (Kajikawa, 2008; Kastenhofer & Rammel, 2005), og at bærekraftig utvikling kun oppnås når det er tatt hensyn til alle de tre pilarene. I prosjektet «Grønn fjellhageby» har Nasjonalparken Næringshage satt seg som mål å finne ut hvordan den framtidige, mer bærekraftige hytta kan bygges og brukes (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017) gitt at alle de tre pilarene av bærekraft skal tas høyde for. Forholdet mellom fastboende, hytteeiere og offentlige myndigheter må bli godt (sosial bærekraft), det må være økonomisk lønnsomt for kommunen og regionen (økonomisk bærekraft) og byggene skal bygges slik at de har lavest mulig miljøforavtrykk og stimulerer til miljøvennlig bruk (miljømessig bærekraft).

Tradisjonelt i norsk fjellpolitikk har bærekraftig utvikling vært en avveining mellom bruk og vern av naturen (Skjeggedal & Overvåg, 2015; Stamnes, 2011). Dette har ført til opprettelsen av store og små nasjonalparker, men selv om disse er vernet betyr ikke det at de ikke brukes i det heletatt. I de norske nasjonalparkene kan du finne gammelt kulturlandskap med seterbygg, beiteområder for rein og annet dyrehold samt de rødmerkede turstiene og turistforeningens hytter. Dette skillet mellom bruk og vern er med andre ord ikke et absolutt skille og det ligger i de aller fleste områder en form for avveining mellom disse to. Disse bærekraftsspørsmålene (de tre pilarene samt forvaltningen av norske fjellområder) setter første del av konteksten for denne oppgaven.

Den andre delen av konteksten er at det i Norge i dag finnes i overkant av 450 000 hytter (SSB, 2019), et tall som har økt fra ca. 250 000 i 1973 ifølge Aall (2011). Jørgensen (2011) anslår videre, basert på arbeidet til fjellplanteamet (Sømme, 1965), at det på slutten av 1960-tallet, da hytteutbyggingen virkelig tok av, ble bygd ca. 15 000 nye hytter hvert år. Figur 1 viser en grafisk framstilling av denne veksten i



Figur 1 viser utviklingen i antallet hytter i Norge fra 1965 og fram til i dag. Mellom 1965 til 1973 er det antatt en vekst på ca. 15 000 pr. år med 250 000 hytter i 1973 Aall (2011). Deretter står SSB (2019) for tallene fra 2001 fram til 2019. I samme periode er også den årlige tilveksten av hytter vist med de grå punktene og på motsatt loddrette akse.

antallet hytter og trekker vi fra 15 000 hytter hvert år fra Aall sine 250 000 i 1973 er det ikke utenkelig at det i Norge på midten av 1960-tallet var ca. 150 000 hytter. Dette betyr at det på 60 år er registrert 300 000 nye hytter i Norge, eller i snitt 5000 nye hytter pr. år. Grunnen til at jeg skriver registrert og ikke bygd er at det også er vanlig at boliger blir omgjort til hytter, slik at alle de 300 000 nye hyttene ikke nødvendigvis er nybygde.

En annen arealkrevende aktivitet det skrives mye om for tiden er vindmøllebygging (Rasmussen, 2019), og for ikke lenge siden ga NVE ut sin rammeplan for vindkraftutbygging på land (Lundsbakken et al., 2019). I denne rammeplanen har de beregnet at 1 MW installert effekt krever et planområde på ca. 100 000 m². Senere i denne oppgaven (kapittel 3.3) vil jeg vise at en hytte som bygges i dag trenger et planområde på ca. 4000 m². Dette betyr at det for en MW vindpark er plass til 25 hytter (100 000 m²/4000 m²), eller at det hvert år bygges ut et «hytteareal» tilsvarende en vindpark på 200 MW (5000 hytter * 4000 m² / 100 000 m²). Vindkraftutbyggingen på Frøya har konsesjonsgitt ytelse på 60 MW (Trønderenergi, 2019). Så selv om det i dag er mye fokus på store vindmølleparker er det også et betydelig arealbruk fra hyttebygging. Så vil størrelsen på selve konstruksjonene være forskjellige, det vil også effektene både på biodiversitet og estetikk være. Slik er arealbrukene derfor ikke direkte sammenlignbare, men de setter hverandre i perspektiv og peker på at selv om enkeltbidragene fra et hyttefelt er mye mindre enn enkeltbidragene fra vindkraftverk er totalen av alle hyttefelt sammenlignbar.

Grunnen til å rette fokus på arealbruk fra norske hytter er biodiversitetstapet som oppstår som konsekvens av dette. Arealbruk er den driveren som bidrar mest til biodiversitetstap (Fischer et al., 2018; Watson et al., 2007) og andre har allerede løftet fram hyttebebyggelsen som en viktig del av arealbruket som driver biodiversitetstapet i norske områder (Finstan & Fjeld, 2019). I tillegg til den økende (direkte) arealbruken fra hytta trekker Støa, Manum og Aune (2011) fram to andre viktige miljøtrusler som jeg også kommer til å komme innom i løpet av denne oppgaven; økende energibruk og økende transportbehov. Det er derfor lett å argumentere for at kunnskap om hvordan hyttebygging påvirker norsk natur er et nødvendig bidrag til forvaltningen av norsk fjellareal. Nødvendig til vektingen mellom hvilke områder som skal brukes og hvilke som skal vernes, og da hvilken aktivitet som skal kunne godtas i slike områder. Spørsmålet blir da hvordan denne kunnskapen skal anskaffes, og min mening er at det trengs et bredt spekter av fagfolk og mange innspill før gode løsninger kan finnes. Ett av mange slike innspill er en LCA av det å bruke den norske hytta.

Livsløpsvurdering (LCA) er en metode som ofte brukes for å regne på klimagassutslipp fra hele livsløpet til et produkt. Den tar utgangspunkt i ISO 14040 standarden (ISO, 2016) og gir innblikk i hvor mye klimagasser som slippes ut fra en gitt prosess. I disse beregningene er både de direkte utslippene fra å bruke produktet og utslippene knyttet til produksjonen av det inkludert, samt tilsvarende utslipp fra produksjonsprosessene og produksjonsprosessene til produksjonsprosessene og så videre. Livsløpsvurderingen kan også brukes på andre områder enn bare klimagasser, alle miljøeffekter kan modelleres og biodiversitetstap er blitt mer og mer vanlig å regne på (Curran et al., 2016). Den dominerende måten å beregne endringen i biodiversitet som konsekvens av arealbruk kommer fra Milà i Canals et al. (2007) og tar utgangspunkt i at effektene fordeler seg over to hovedkategorier, okkupasjons- og transformasjonseffekter (se kapittel 2.2). Deretter er det mere uenighet om hvordan biodiversiteten skal måles (Buckland, 2009; Michelsen, 2007), men det som er blitt vanligst er å sette likhetstegn mellom antallet arter i et område og biodiversiteten (se kapittel 2.9).

De overnevnte grunnene er det som legger grunnlaget for analysen jeg har gjort og oppgaven jeg videre har skrevet. Problemstillingen jeg jobber med er hentet med inspirasjon fra Nasjonalparken Næringshage og det nevnte prosjektet «Grønn fjellhageby» hvor formuleringen er som følger:

- Hvordan endrer mer arealeffektive hyttekonsept biodiversitetstapet av det å være hyttebruker?

I denne formuleringen ligger det først en hypotese om at arealeffektiv hyttebygging har en effekt på biodiversitetstapet. Videre ligger det også innbakt i spørsmålet at dette ikke bare er en historie om hytta alene, det er også en historie om bruken og brukeren. Dette er to aspekt jeg derfor kommer til å være innom løpet av oppgaven.

Måten jeg kommer til å besvare problemstillingen på er gjennom å sette opp en modell som ikke bare viser effektene av å bygge hytta, men som nevnt også av å bruke den. Da inkluderer jeg energibruken på hytta og transporten til og fra hytta i tillegg til materialene og tomtearealet. Dette forsøker jeg å gjøre i samarbeid med folk som har mer spesifikk erfaring med hytter gjennom litteratur, Nasjonalparken Næringshage (Meland, Selbæk, & Flå, 2019), hytteutbyggeren Lundhytta (Lundhytta, 2019) og kart over hytteområder i Oppdal og Rennebu sør i Trøndelag (Norkart, 2019). Denne modellen vil så legge grunnlaget for en livsløpsvurdering av et persondøgn på hytta (se kapittel 2.2) hvor resultatene til slutt vil problematiseres og forsøkt satt inn i en større sammenheng knyttet til hvordan bruke den fritiden man har mest mulig bærekraftig. For å vurdere arealeffektiviteten introduserer jeg tre hyttetyper; tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta (se kapittel 2.8). Tradisjonshytta skal være en hytte slik den bygges i dag i hyttefelt og med like fasiliteter som hjemme. Seterhytta samler flere hytteenheter på samme tomt og står dermed mye tettere, det er også lagt opp til en fellesbygning hvor fellesfasiliteter kan plasseres. Urbanhytta er tenkt å være et leilighetskompleks nært ett tettstedet som ikke trenger noen ekstra infrastruktur for å bygges slik at både tog og buss blir naturlige transportmetoder til og fra hytta. Oppgaven vil videre være bygd opp som en vanlig forskningsrapport med et teorikapittel, et metodekapittel, et resultatkapittel, et diskusjonskapittel og et konklusjonskapittel. Deretter følger et antall vedlegg som gir utfyllende informasjon om de forskjellige tingene denne oppgaven har arbeidet med.

Teorikapitlet (kapittel 2) vil være ganske stort, det vil først ta for seg hytta og forskning som er gjort på den (**2.1 Den norske hytta**) før kapitlet fortsetter med en introduksjon av metodene jeg har brukt (**2.2 LCA, SimaPro og ReCiPe**) samt systemgrenser og funksjonell enhet. Som supplement til denne delen er det også lagt ved en oppsummering av dokumentasjonen til ReCiPe med beskrivelse av hvordan karakteriseringsfaktorene er regnet ut (**Vedlegg 4 ReCiPe**) Deretter følger en introduksjon av de fire delene som utgjør livsløpsregnskapet jeg har bygd opp (**2.3 Arealbruk, 2.4 Energi, 2.5 Transport, 2.6 Materialer**). Disse underkapitlene vil gi en introduksjon til de kildene jeg benytter for datainnsamling, hvilke typer kilder dette er og hvilke utfordringer de ulike delene av livsløpsregnskapet har. Så introduserer jeg mer av datagrunnlaget gjennom en oppsummering av **hyttestatistikk (2.7)** på relevante tall og en introduksjon av de tre hyttekonseptene jeg kommer til å jobbe med; **tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta (2.8)**. Teorien avsluttes med en introduksjon til konseptet **biodiversitet (2.9)** og hvordan biodiversitetstap skal tolkes gitt livsløpsvurdering som metode.

Metodekapitlet (kapittel 3) har fem underkapittel og går først igjennom hvordan de fire livsløpsregnskapene for **materialer (3.1), transport (3.2), direkte arealbruk (3.3) og energi (3.4)** er modellert. De kommer til å beskrive antagelser som er gjort og hvordan kildene introdusert i teorikapitlet er brukt for å lage disse livsløpsregnskapene. **Vedlegg 2** supplerer også hvordan det direkte

arealbruket er modellert. Deretter kommer et avsluttende delkapittel som beskriver hvordan alt dette er satt sammen til en modell og normalisert etter den funksjonelle enheten; persondøgn (**3.5 Hyttebruk**). **Vedlegg 1** er en utfyllende og mere detaljert gjennomgang av metoden.

Resultatkapitlet (kapittel 4) vil i hovedsak ta for seg de tre hyttetyperne og vise biodiversitetstapet fra disse (**4.2 Biodiversitetstap**) hvor jeg også viser hvordan jeg har testet antagelsene jeg har gjort i forbindelse med å bygge opp modellen. Dette vil presenteres gjennom stolpediagram og tabeller samt kommentarer og noen korte vurderinger som er nødvendige for å starte prosessen med å forstå tallene. I tillegg inkluderer resultatkapitlet en del hvor materialbruken til de tre hyttetyperne (**4.1 Materialregnskap**) sammenlignes og en del som ser på arealbruket knyttet til hyttetyperne (**4.3 Arealbruk**). Kapitlet avsluttes med en del som ser på klimagassutslippene (**4.4 Global oppvarming**) Det er også lagt ved noen ekstra figurer i **Vedlegg 3** for å støtte arealbrukstallene.

I **diskusjonsdelen (kapittel 5)** vil jeg så gå dypere inn i resultatene og betydningen av disse samt de antagelsene jeg gjorde da jeg bygde modellen. Jeg vil forsøke å indikere hvordan endrede systemgrenser og inngangsfaktorer vil påvirke resultatene. Jeg vil også vurdere i hvilken grad de antagelsene jeg gjør passer med hytten slik jeg ser den i dag og dermed kunne vurdere om effekten på resultatene av å endre systemgrensene og inngangsfaktorene egentlig er relevante eller ikke. I tillegg vil jeg forsøke å komme tilbake til hytten som konsept og forsøke å dra noen større linjer for hva hytten er nå og hvordan hyttebrukere kan finne på å bruke hytten i framtiden. Blant annet forsøker jeg å sammenligne mine resultat med resultat fra en LCA av en bolig. Jeg forsøker også å se på hvilke aktiviteter det å bruke hytta kan erstatte for å sammenligne dette med en studie av ulike måter å feriere på.

2 Teori

I dette kapitlet skal jeg introdusere det teoretiske grunnlaget for den videre oppgaven og presentere de ulike konseptene som er nødvendig får å kunne gjennomføre en LCA av hyttebruk med fokus på arealbruk, global oppvarming og biodiversitet. Kapitlet starter med **2.1 Den norske hytta** som er en introduksjon til hvilken litteratur som eksisterer, hvordan hytta har forandret seg og hva dette har å si for bærekraften til hytta. Deretter introduserer jeg LCA som verktøy for å vurdere miljøkonsekvenser og en introduksjon til hvordan modellene bak ReCiPe modellerer effektene av arealbruk og global oppvarming på biodiversitet i **2.2 LCA, SimaPro og ReCiPe**. I samme underkapittel vil også systemgrensene og den funksjonelle enheten beskrives. Så kommer fire deler som beskriver utgangspunktet for de fire delen av livsløpsregnskapet: **2.3 Direkte arealbruk, 2.4 Energi, 2.5 Transport og 2.6 Materialer**. Etter det kommer det et underkapittel som skal gi et innblikk i det som finnes av hyttestatistikk i **2.7 Hyttestatistikk**. Mot slutten kommer en introduksjon av de tre hyttetypene i **2.8 tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta**. Før kapitlet avsluttes med en kort innføring i begrepet biodiversitet i **2.9 Biodiversitet**.

2.1 Den norske hytta

Denne delen av teorien vil gi en liten introduksjon til den norske hytta og litteratur som allerede er utarbeidet rundt denne. Jeg vil gi et lite overblikk til å begynne med før jeg vil gå historisk til verks og legge ut om hva hytta var før og hvordan den har forandret seg fram til i dag. I siste halvdel vil jeg koble hytta tilbake på bærekraftsspørsmålet.

Jeg er ikke den første som har hytta som forskningsobjekt, det er et stort spenn i denne litteraturen og den eldste artikkelen jeg har funnet er Wolfe (1951) som analyserer fordelingen av hyttebefolkning i Ontario, Canada. Deretter er fjellplanteamets arbeid med hvordan det offentlige skulle forholde seg til hytteutbygging (Sømme, 1965) viktig i Norsk sammenheng. Hovedvekten av litteratur ser allikevel ut til å komme fra rundt 1990 og framover til i dag. En tidlig artikkel her er Jaakson (1986), som kobler hyttebruken til turisme, og argumenterer for at det å være bruker av ei hytte blir som å være turist i sitt eget land og forsøker å beskrive hvem en hyttebruker egentlig er. Det geografiske spennet er også stort, fra Canada og USA (Van Patten & Williams, 2008; Wolfe, 1951) til Europa (Bevan & Rhodes, 2005; Chaplin, 1999; Dijst, Lanzendorf, Barendregt, & Smit, 2005) og Norge (Gansmo, Berker, & Jørgensen, 2011; Jystad, 2015; Kaltenborn, 1998; Rye & Berg, 2011), til og med fra Kina (Huang & Yi, 2011) finnes det litteratur som behandler det at folk har flere hjem. Så må det nevnes at ikke alt av litteratur tar tak i hytta under den definisjonen jeg legger til grunn, og i mye av litteraturen er også hytta brukt som studie for å undersøke andre sammenhenger innenfor andre fagfelt enn bærekraft. Når det kommer til den miljømessige bærekraften til hytta er det vanskelig å finne litteratur. Brekke et al. (2018) og Nordby (2011) er eksempler på studier som tallfester miljøeffekter knyttet til hytta mens Gansmo et al. (2011) behandler bærekraftige hytter på et mer kvalitativt plan. Videre i dette kapitlet vil jeg presentere noe av denne litteraturen med fokus på å beskrive den norske hytta, hvordan den har endret seg igjennom historien og hvilke utfordringer dagens hytte er med på å skape. Men før det skal jeg redegjøre litt for hvorfor jeg kommer til å bruke begrepet «hytte», og ikke «fritidsbolig» eller «andrehjem».

De fleste nordmenn vil ha et klart bilde av hva du mener når du snakker om hytta, men det finnes som nevnt flere begrep som også kan benyttes og hvilke typer bolig begrepene omfatter kan variere. Det første jeg legger i begrepet «hytte» er at det er en bygning man kan bo i, deretter er det viktig at dette ikke er den eneste boligen brukeren benytter, men at det regnes som brukerens andre bolig. Det kan

også være den tredje, fjerde eller femte boligen brukeren har tilgang til (Farstad, Rye, & Almås, 2009). Så tenker jeg at aktivitetene som foregår der ikke har noen betydning for om det er en hytte eller ikke, om det er fritidsaktiviteter, jobb, hobby eller noe annet har ingen betydning. Heller ikke hvor mange, eller hvem, som bruker hytta har betydning for om det er en hytte eller ikke. Det kan være familien, naboen, den tyske turistene, deltakere på den lokale næringslivskonferansen, eller alle bare til forskjellige tider på året.

Med disse betingelsene kan både det begrepet norsk forvaltning bruker, fritidsbolig, og det begrepet som går igjen i mye av litteraturen, sekundærbolig (second home), være misvisende. Begrepet fritidsbolig er i utgangspunktet et godt begrep fordi det ofte er det en hytte nettopp er, en bolig man bruker fritiden sin i (Ericsson, Skjeggedal, Arnesen, & Overvåg, 2011). Likevel ser vi en dreining mot at hytten ikke lengre er en like separert enhet, og at økt mobilitet og tilgjengelighet gjør at flere for eksempel jobber fra hytta (Berker & Gansmo, 2011; Williams & Kaltenborn, 1999). Denne dreiningen vekk fra at hytta er en ren rekreasjonsbolig gjør at vekten begrepet fritidsbolig legger på fritid kan bli noe misvisende. Sekundærbolig på den andre siden skaper ikke den samme forventningen til hva hytta skal brukes til, annet enn som en bolig. Utfordringen med dette begrepet er at det åpner for at alt som ikke er den primære boligen, men som man overnatter i, kan regnes med. Dette er et problem i forhold til de som jobber så langt fra familien at de trenger en ekstra leilighet for ikke å måtte reise hele natten, eller som har en campingvogn eller en båt med overnattingsmuligheter (Flognfeldt, 1996; Jaakson, 1986). Disse har da også en sekundærbolig, men det er ikke det jeg i denne oppgaven vil kalle en hytte.

På bakgrunn av dette kommer jeg videre til å bruke begrepet hytte for å benevne konseptet jeg jobber med. Det er også min oppfatning gjennom egen erfaring at hytte som begrep er innarbeidet både blant de som har hytte som jobb og den hverdagslige nordmann. I tillegg er det dette begrepet Nasjonalparken Næringshage bruker i sin forrapport til Grønn fjellhageby (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017). Begrepet fritidsbolig vil likevel dukke opp i forbindelse med målingene av arealbruk på reguleringsplanene i Vedlegg 2.

Når de store teknologiske framskrittene i jordbruket kom gikk dette utover norske bønder. Der det tidligere var økonomisk lønnsomt å drive landbruk og dyrehold i høyereliggende fjellområder ble det vanskeligere og vanskeligere å holde på lønnsomheten. Kombineres dette med økt konkurranse fra produktive jordbruksområder sørover i Europa (globalisering) og fraflytting fra bygdene til byene (sentralisering) ender fjellkommuner opp i en vanskelig situasjon. Dette var det flere som i løpet av 60-tallet ble oppmerksomme på og Fjellplanteamet (Sømme, 1965) identifiserte potensialet til friluftsturisme som løsning på fraflytting og økonomisk nedgang (Teigen & Skjeggedal, 2015). Dette førte til at staten Norge ble mer bevisst på hva hytten kunne bety for regionene, og etter hvert også hvilke utfordringer den medførte. Konsekvensen av dette var at fokuset i fjellregionene gikk fra å være næring basert på produksjonsaktivitet til næring basert på rekreasjonsaktivitet.

Med fokus på norsk natur som et nasjonalromantisk motiv og som en viktig del av den norske kulturarven beskriver Rees (2011) hvordan hytta har vært del av den norske litteraturen så langt tilbake som til unionsoppløsningen med Danmark. Selv om tematikken i litteraturen endrer seg gjennom årene er fortsatt hytta et selvforklarende konsept og ifølge Rees et enkelt innredet sted med en kultur for nøyksomhet og fokus på det enkle liv. Annen forskning peker på eksistensen av den samme typen idealhytte (Rye & Berg, 2011; Williams & Kaltenborn, 1999), og Støa et al. (2011) skriver at hytta alltid har vært stedet man drar for å ha et enkelt liv. Kjennetegnene for idealhytta kan oppsummeres i det

Weaver (2005) kaller «hard økoturisme» (hard ecotourism) med få, men lange besøk hvor man har sterke bånd til stedet man besøker. I studier av hyttelitteraturen beskriver Berker & Gansmo (2011) også det de kaller en moralistisk fortellerlinje hvor livet på hytta skal ha et tydelig skille fra livet hjemme, både i aktiviteter og fasiliteter. Dette oppsummerer hvordan litteraturen beskriver den tradisjonelle, eller ideelle, hytta i sin tidligste utgave når fokuset i fjellregionene lå på produksjon framfor rekreasjon. Poenget til Støa et al. (2011) om at hytta alltid har vært et sted for det «enkle liv» har også en interessant tvist, at betydningen av et «enkelt» liv har endret seg gjennom tiden, fra et «enkelt» liv i nøysomhet med enkle kår, til et «enkelt» liv med økt teknologisk standard og høy komfort.

I tråd med at fjellregionene i utgangspunktet var et sted for produksjon medførte det at de fleste fastboende i fjellregionene jobbet med ulik form for dette, oftest innenfor landbruk. Dette gjorde at de ikke var like fleksible i forhold til arbeidstid som det dagens kontorarbeidere er, som igjen medfører at rekreasjon slik vi kjenner det i dag i utgangspunktet var et urbant fenomen (Teigen & Skjeggedal, 2015). Når den norske urbane middelklassen da fikk en mer fleksibel arbeidshverdag, større kjøpekraft, og økt mobilitet gjennom frislippet av privatbilismen i 1960 (Jørgensen, 2011) skyter hyttebyggingen fart, og på slutten av 60-tallet bygges det mellom 10 000 -15 000 nye hytter pr. år. (Rye & Berg, 2011; Skjeggedal, Overvåg, Arnesen, & Ericsson, 2015). Etter hvert som velstanden fortsetter å øke og teknologiske fremskritt gjør det mulig å utruste hytta med mer strømkrevende teknologi øker standarden videre. Rundt årtusenskiftet begynner det å komme hytter som ligner mer og mer på boliger i forhold til teknologisk standard og komfort (Ericsson et al., 2011; T. K. Johnsen, 2011). I tillegg bygges hyttene tettere og gjerne rundt større alpinanlegg (Erikstein-Midtbø & Helle, 2018; Skjeggedal et al., 2015; SSB, 2018a) eller andre fritidsaktiviteter som ikke er like lett tilgjengelige fra de urbane hjemstedene.

Den tradisjonelle hytta som av noen også beskrives som idealhytta er derfor blitt forandret. Hyttene blir som sagt større, står tettere og får høyere teknologisk standard. Den harde økoturismen har blitt til en myk økoturisme (soft ecotourism) kjennetegnet av mange men kortere besøk uten nødvendigvis noen sterk tilknytning til stedet (Berker & Gansmo, 2011; Weaver, 2005). Den moralistiske fortellerlinjen Berker & Gansmo (2011) omtaler blir også byttet ut med en fortellelinje hvor hytten ikke lengre er adskilt hverdagen, men heller en integrert del av den. Skeggedal et al. (2015) introduserer i forlengelsen av dette begrepet «flerhushjemmet», som nettopp beskriver dette med at konseptet 'hjem' ikke er det samme som 'bolig', selv om det tradisjonelt er slik vi har forstått det. Men at hjemmet i dag består av flere steder, flere boliger, som i funksjon utfyller hverandre.

De kritiske spørsmålene knyttet til det økende antallet hytter har også oppstått og endret seg i takt med veksten den norske hytta har opplevd. Til å begynne med var de fleste kritikerne opptatt av de estetiske konsekvensene det medførte å bygge en hytte i skogen. Axel Sømme (1963, p. 1) skriver det slik:

«det verste er likevel alle husene som byfolkene sprer tilfeldig utover fjellet, eller som de samler i hyttebyer med altfor mange stygge hus, malt i grelle farger, og uheldig plassert både hvor de ligger spredt og hvor de ligger tett»

Etter hvert som flere hytter bygges løftes også de mer moderne miljøutfordringene fram, økt energiforbruk, økt arealbruk og økt transportbehov fører med seg utslipp av klimagasser og press på norsk natur på andre måter enn kun det rent estetiske (Brekke et al., 2018; T. K. Johnsen, 2011; Støa et al., 2011). Jørgensen (2011) beskriver utfordringene på en god måte når han innfører 'hyttefjelllets tragedie' som fjellkommunenenes versjon av allmenningens tragedie (Hardin, 1968). Når da nærhet til natur og muligheten til å utfolde seg i den er en av hovedmotivasjonene til at folk ønsker hytte (Jaakson,

1986; Kaltenborn, 1997) er det interessant å stille seg spørsmålet om hytta ødelegger det vi bygger hytta for å oppleve? Dette spørsmålet er en måte å se utfordringene framtidens hytteutbygger må tenke på og oppsummerer også motivasjonen bak forskningsspørsmålet i denne oppgaven på en mer antroposentrisk og tabloid måte.

En studie som har forsøkt å kvantifisere disse «mer moderne» miljøeffektene fra norske hytter er Brekke et al. (2018) som gjør en LCA av ulike ferieformer. Denne studien er utført av Østlandsforskning på oppdrag fra norske bilforhandlere og modellerer ulike alternativ til det å reise på bobilferie. Et av alternativene er en ferie ved sjøhytta. Denne studien tar både tak i selve bygningen, transporten, aktivitetene og forbruket knyttet til hytta og vil derfor ha et noe likt fokus som meg men allikevel ulike systemgrenser. En annen forskjell er at Brekke et al. har som mål å sette opp et klimagassregnskap for de ulike feriealternativene og ser dermed ikke på biodiversitetstap eller arealbruk (Tabell 15 i kapittel 5 sammenligner min hyttemodell med Brekke et al. sin). Dette er en veldig interessant studie å ha som referanse videre i denne oppgaven og jeg vil gjøre noen interessante refleksjoner rundt denne i slutten av kapittel 5.

Før jeg avslutter denne delen av teorikapitlet vil jeg oppsummere litt de avgrensningene jeg hittil har gjort. Den første er å se på den miljømessige bærekraften med fokus på arealbruk, global oppvarming og biodiversitet som indikatorer. Denne avgrensningen er fornuftig i forhold til min kompetanse og kompleksiteten og omfanget av oppgaven. En annen viktig avgrensning er at jeg utelukkende vil se på fjellhytta og ikke sjøhytta. Dette er i tråd med fokuset til Nasjonalparken Næringshage på Oppdal og Rennebu som region, selv om hyttefenomenet er like mye tilstede langs kysten som på fjellet og at det totale antallet sjøhytter er like betydelig som det totale antallet fjellhytter (Grimstad & Lyngø, 1993; Overvåg & Berg, 2011). Jeg tror allikevel at mange av resultatene kan overføres til sjøhytter, og at problemstillingene og metoden her er like relevant for både fjell- og sjøhytter. Jeg har derfor ikke forsøkt å differensiere mellom fjell og sjøhytter når jeg har regnet ut gjennomsnittsverdier for f.eks energibruk eller bruksdøgn på hytta. Neste avgrensning er at jeg inkluderer tomten hytta står på, materialene brukt for å bygge hytta, transporten til og fra samt energibruket på hytten. Dette ekskluderer blant annet arealbruk og biodiversitetstap fra fritidsaktiviteter og generelt forbruk. Se Figur 2 og les kapittel 2.2 for å se nærmere på systemgrensene jeg setter ut ifra et LCA-perspektiv.

2.2 LCA, SimaPro og ReCiPe

Denne delen av teorien skal gi en kort introduksjon til LCA som metode på bakgrunn av ISO 14040 standarden samt at den tydelig skal avgrense oppgaven ved å introdusere systemgrenser og funksjonell enhet. I tillegg vil jeg bruke litt plass på å beskrive hvordan biodiversitetstap som konsekvens av arealbruk modelleres.

Livsløpsvurderingen (engelsk: life cycle assesment, LCA) er definert i ISO 14040 standarden. Der er det definert fire faser en LCA-studie må gå igjennom (ISO, 2016, p. 3):

- a) Fastsettelse av hensikten og omfanget (engelsk: goal and scope definition phase)
- b) Livsløpsregnskapsfasen (engalsk: the inventory analysis phase, LCI)
- c) Livsløpseffektvurderingsfasen (engelsk: the impact assessment phase, LCIA)
- d) Tolkningsfasen (engelsk: the interpretation phase)

I fastsettelsen av hensikten og omfanget av oppgaven er det viktig å sette tydelige systemgrenser, altså vise hva det er som skal inkluderes og hva det er som skal ekskluderes. Disse valgene burde også

begrunnes. Deretter er det viktig med en funksjonell enhet for systemet. Denne skal reflektere funksjonen til systemet på en best mulig måte slik at det er mulig å sammenligne ditt system med et annet system som har samme funksjon. Et eksempel på alt dette kan være å kjøre bil, systemgrensene kan enten settes rundt kun det å kjøre bilen og slik ekskludere produksjonen og vrakingen av bilen, eller de kan settes rundt både det å kjøre den og det å produsere den og kun ekskludere det å vrake den. Den funksjonelle enheten kan enten være en bil, slik at funksjonen til bilen er å eie en bil, eller den kan være å transportere en person en km, slik at funksjonen er persontransport. Disse valgene kan ha store betydninger for utfallet av studien (Islam, Jollands, & Setunge, 2015).

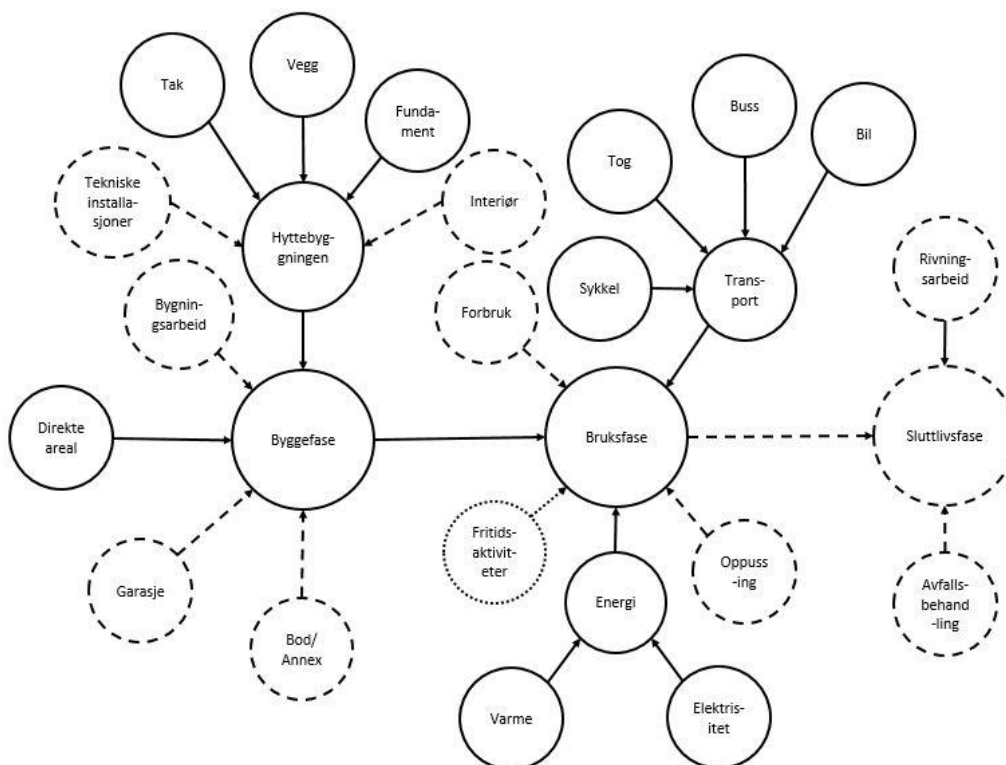
Livsløpsregnskapsfasen består i å finne ut hva som kommer inn gjennom systemgrensene i form av materialer, energi og andre ikke-fysiske ting, også kalt inngangsfaktorer (engelsk: inputs), og hva som går ut av systemgrensene i form av produkter/tjenester og utslipp (engelsk: outputs). I eksemplet med bilen vil materialene og energien som benyttes til å bygge bilen, samt drivstoffet som driver bilen være inngangsfaktorer. Utgangsfaktorene vil være utslippene fra forbrenningen av drivstoffet og den avstanden bilen har transportert deg.

Livsløpseffektvurderingsfasen består av modeller for hvordan disse inn- og utgangsfaktorene påvirker utvalgte miljøeffekter. Disse modellene kan ofte bli veldig komplekse, men de ender ut i store databaser med utslipps- og effekt tall for ulike produkter og prosesser samt karakteriseringsfaktorer som beskriver effekten disse har på utvalgte indikatorer. For en nøyere introduksjon til LCA og hvordan dette gjennomføres kan ISO standarden 14040 være et bra sted å starte, samt Hauschild & Huijbregts (2015). I eksemplet med bilen kan resultatet fra en livsløpseffektvurdering være et antall CO₂-ekvivalenter og konsekvensen dette har for global oppvarming, eller kvadratmeter arealbruk og konsekvensene dette har for biodiversitet.

Til slutt skal alle de tre foregående fasene tolkes, lettest er det kanskje å se for seg tolkningen av resultatene fra livsløpsvurderingen, men også livsløpsregnskapet, systemgrensene og den funksjonelle enheten burde dras med. Fokus burde ligge på å forklare hvorfor resultatene ser ut slik de gjør, hva hadde konsekvensene av en annen funksjonell enhet vært? Er det mye i livsløpsregnskapet som mangler fordi systemgrensene er satt slik de er gjort osv. Videre i denne oppgaven vil livsløpsregnskapet og effektvurderingen hovedsakelig beskrives i kapittel 3 om metoden samt i Vedlegg 1 og noe videre i dette underkapitlet. Selve beregningene vil gjøres av dataprogrammet SimaPro (M. Goedkoop, Oele, Leijting, Ponsioen, & Meijer, 2016) hvor jeg bruker bakgrunnsdatabasen Ecoinvent (ecoinvent, 2018) og effektvurderingen ReCiPe (Huijbregts et al., 2016). Tolkningen vil finne sted i kapittel 5. Men aller først skal jeg definere systemgrenser og den funksjonelle enheten.

Bribián et al. (2009) undersøker hvordan en LCA av bygninger gjennomføres, og problematiserer at det fort kan bli omfattende om alle aspekt ved en bygning, fra produksjon av materialer til rivning av bygget og sanering av materialene skal modelleres. Derfor foreslår de en forenklet LCA, og gjør en casestudie med denne av en spansk bolig. Det de der foreslår å inkludere er produksjon av materialer og energi fra bruksfasen av bygninger. Dette utelater drivere som selve byggeprosessen, vedlikeholdsarbeid og demontering av bygget, men Bribián et al. argumenterer med at den forenklete LCA-en de bruker fanger størsteparten av de miljøeffektene de er opptatte av, primærenergi og CO₂. LCA-en jeg kommer til å gjennomføre i denne oppgaven er noe lik den beskrevet over, men siden jeg ser på andre effektkategorier må jeg tilpasse systemgrensene noe.

Figur 2 viser et flytskjema over hyttens tre livsfaser (byggefase, bruksfase og sluttlivsfase) med noen av de prosessene jeg mener inngår i hver enkelt fase. Dette illustrerer godt hvordan jeg har satt systemgrensene, de heltrukne linjene viser de delene jeg kvantitativt vurderer og de stiplede er de jeg utelater. I hovedsak kan livsløpsregnskapet da deles opp i fire hoveddeler; materialer, direkte areal, transport og energi. I tillegg til dette vil jeg i løpet av oppgaven komme kvalitativt noe innom fritidsaktiviteter, derfor har denne sirkelen fått en litt annen stiplet kontur enn resten.



Figur 2 viser systemgrensene til livsløpsvurderingen. De heltrukne linjene er de delene jeg behandler kvantitativt og de stiplede er de jeg har utelatt. Figuren bygger på en tanke om en forenklet LCA fra Bribrán et al. (2009).

Hovedgrunnen til at jeg setter en systemgrense slik er tid og tilgang på data, hadde jeg hatt nok av de to ville jeg gjerne tatt en grundigere titt på alle prosessene for å forsøke å finne ut hvilke prosesser som har betydning og ikke. Men de prosessene jeg inkluderer er prosesser jeg mener er viktige for miljøeffektene av norske hytter. Materialene og energibruken på hytta inkluderer jeg fordi flere skriver at dette ofte er de to viktigste bidragsyterne til miljøeffekter av bygninger (Carre, 2011; Islam et al., 2015; Kristjansdottir et al., 2018). Det direkte arealet inkluderes fordi dette er den åpenbare arealbruken det er interessant å se hvor viktig er i forhold til de indirekte arealbrukene. Transporten er inkludert fordi det er et aspekt ved hyttebruk som skiller seg ut fra vanlige boliger, at det er en transportetappe som er koblet opp mot det å bruke hytta.

En god funksjonell enhet reflekterer som nevnt funksjonen til det systemet som analyseres som for meg er hytta. I likhet med eksemplet om bilen i de første avsnittene i dette underkapitlet kan jeg da si at funksjonen til hytta er å eie ei hytte. Dette ville vært en veldig enkel måte å gjøre det på og kunne vært fin hvis jeg bare skulle sammenligne forskjellige måter å bygge ei hytte på, men jeg ønsker å analysere en bærekraftig bruk av hytta. Funksjonen jeg da tillegger hytta må i større grad være knyttet opp mot

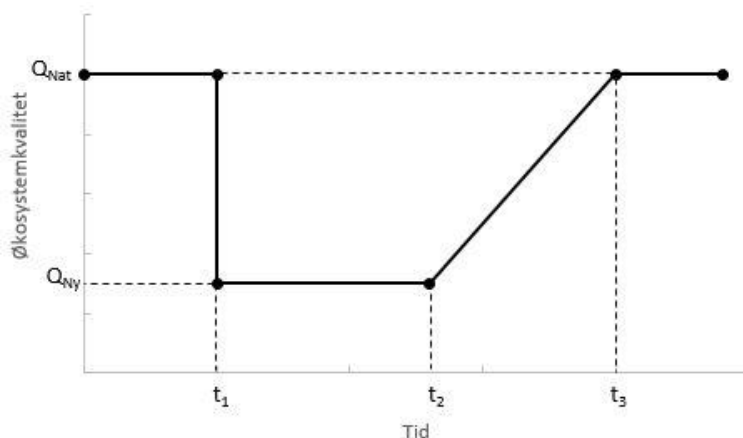
bruken av den. Da blir det naturlig å snakke om bruksdøgn (antall døgn hytta er i bruk), eller persondøgn, som er bruksdøgn ganger hvor mange som bruker hytta det døgnet. Forskjellen på bruksdøgn og persondøgn kan sammenlignes med forskjellen på km og personkm. Persondøgn er da den funksjonelle enheten jeg ønsker å bruke fordi jeg kommer til å analysere ulike hyttetyper som alle har forskjellig antall persondøgn. I tillegg legger denne funksjonelle enheten til rette for å se på hyttebruk som en måte å feriere på som kan erstatte persondøgn på et hotell ved stranden i Spania, dette vil jeg diskutere videre i kapittel 5.

Til slutt i denne delen av teorien vil jeg beskrive kort hvordan karakteriseringsfaktorene i livsløpseffektvurderingen til ReCiPe er modellert. Først for biodiversitetstap som konsekvens av global oppvarming, og så biodiversitetstap som konsekvens av arealbruk. Jeg oppgir ingen formler her, men kan referere til Huijbregts et al. (2016) og vedlegg 4 for en mer detaljert beskrivelse av modellene.

Grunnen for å modellere biodiversitetstap som konsekvens av global oppvarming er at endrede klimatiske forhold påvirker plante- og dyrearter. Dette er effekter som ikke bare sees der utslippene finner sted, men som påvirker biodiversiteten på et globalt plan. Urban (2015) har beregnet dette tapet for terrestriske økosystem til 0,037 PDF/°C. ReCiPe benytter denne verdien som et globalt gjennomsnitt samt inkluderer effekter på akvatiske økosystem. En mer detaljert beskrivelse med matematiske formler kan sees i kapittel V.4.1.

Når det kommer til biodiversitetstap som konsekvens av arealbruk er det viktig å skille mellom okkupasjon og transformasjon. Dette er konsept som har opphav i Milà i Canals et al. (2007) og som grafisk beskrives i Figur 3. Milà i Canals et al. (2007) deler arealbruket inn i tre faser som alle beskrives av en økosystemkvalitet og en tid. Disse fasene er: transformasjonsfasen, hvor areal går fra sin naturlige tilstand til en ny, okkupasjonsfasen, hvor den nye arealbruken er aktiv, og relaksjonsfasen, hvor den nye bruken forlates og naturen får mulighet til å gro tilbake. Siden transformasjonsfasen ofte er veldig kort sammenlignet med relaksjonsfasen slås disse to sammen og det snakkes bare om transformasjonseffekter. En interessant diskusjon for den som er interessert er hvordan økosystemkvalitet måles (de Baan, Alkemade, & Koellner, 2013). I ReCiPe, samt i mange andre kontekster, blir det gjort ved å tenke biodiversitet og dermed det senere diskuterte artsmangfoldet (kapittel 2.9).

Måten ReCiPe da modellerer karakteriseringsfaktorene for okkupasjonen på er først ved å ta utgangspunkt i studier av antall arter før og etter en endring i arealbruk. Deretter regnes dette om til et relativt artstap ved å dele hvor mange arter det er etter arealbruksendringen med hvor mange det var før (Koellner & Scholz, 2008). Så beregnes mellompunktskategorien ved å normalisere alle typer arealbruk på en felles «referansearealbruk» på samme måte som at alle klimagasser normaliseres til CO2-ekvivalenter. I SimaPro oppgis det to slike mellompunktskategorier hvor de har delt ulike



Figur 3 viser hvordan mange LCIA-metoder tenker biodiversitetstap som konsekvens av arealbruk. Når et areal brukes på en ny måte (t_1) endres økosystemkvaliteten (fra Q_{nat} til Q_{NY}), når denne nye bruken opphører (t_2) vil arealet finne tilbake til sin naturlige tilstand (Q_{nat} ved t_3).

arealbruk i to og normalisert de på hver sin referansearealbruk; «areal okkupert som landbruk» og «areal okkupert som urbant». Dette er en oppdeling som ikke kommer fram i dokumentasjonen av ReCiPe (Huijbregts et al., 2016). For å finne endepunktkategorien som kan summeres med biodiversitetstapet fra global oppvarming ganges det relative tapet opp med en gjennomsnittlig artstetthet for terrestriske økosystem (M. J. Goedkoop et al., 2013). Dette gjør at en halvering i biodiversitet er like alvorlig uansett hvor i verden den er og hvor mange arter det faktisk er snakk om.

Transformasjonen beregnes så ved å gange okkupasjonen med 0,5 og regenerasjonstiden til arealet (Curran, Hellweg, & Beck, 2014), denne tiden tilsvarer $t_3 - t_2$ i Figur 3 og vil variere basert på hva slags areal det var til å begynne med, og hvilken arealbruk det endres til. Dette gjør at transformasjonseffektene får et tidsaspekt integrert i karakteriseringsfaktoren som okkupasjonseffektene ikke har. Derfor må regnskapet for okkupasjonseffekter også ta med tiden okkupasjonen er aktiv, $t_2 - t_1$ i Figur 3. En mer detaljert beskrivelse med matematiske formler kan sees i kapittel V.4.2.

2.3 Direkte arealbruk

Overflatearealet på jorden er fra naturen sin side veldig ulikt fra sted til sted, skog, fjell, hav, gressletter, elver og ørken. Mennesket har brukt dette arealet på mange forskjellige måter, det er bygd byer, klargjort for landbruk, opparbeidet fyllinger osv. Og med økende bruk av areal, kommer også spørsmålet om hvor stor andel av overflatearealet på jorden det faktisk er bærekraftig for menneskeheten å bruke. Kan mennesker ta i bruk alt, eller er det nødvendig med uberørt natur? I denne delen av teorien skal jeg beskrive noen generelle tanker rundt arealbruk med fokus på det direkte arealbruket, at et geografisk område brukes av mennesker slik at det ikke er i sin «naturlige» tilstand. Jeg skal blant annet komme inn på hvilke effekter arealbruk kan ha og knytte direkte arealbruk opp mot hyttebebyggelsen slik det er forstått videre i oppgaven.

I en generell diskusjon av arealbruk er det et begrepspar som er viktig, og det er arealbruk (engelsk; land use) og arealdekke (engelsk; land cover) (Di Gregorio & Jansen, 2000). Arealdekket er en observasjon av hvordan arealdekket ser ut, arealdekket kan være skog, by, eng, fjell ol. Arealbruk er hvordan arealdekket brukes, en bruk som enten opprettholder eller endrer arealdekket, for eksempel kan arealbruken av arealdekket skog være skogbruk, en bruk som vil føre til et endret dekke. Et annet arealdekke er åker, som kan ha arealbruken årlige avlinger, som gjør at arealdekket åker opprettholdes. De forskjellige arealdekkene og arealbrukene har ulike konsekvenser for blant annet global oppvarming (Bala et al., 2007) og biodiversitetstap (Koellner et al., 2013b). Skogen absorberer CO₂ og er hjem for mange dyrearter, samtidig kan åpne sletter og lyse flater reflektere solstråling og være viktige habitat for andre arter. Videre vil jeg ikke skille mellom arealbruk og arealdekke, da metoden jeg skal bruke ikke krever dette. Begrepet arealbruk vil derfor brukes som en samlebetegnelse for både arealdekket og bruken av dette.

Når det så skal vurderes hvilken konsekvens et endret arealbruk har, vil det ha stor betydning hvilken arealbruk det endres fra og til. Koellner et al., (2013a) klassifiserer areal i fire nivåer av nøyaktighet, for å nettopp kunne skille mellom hvordan ulikt arealbruk har ulike egenskaper, og vil få ulike konsekvenser basert på hvordan arealbruken var tidligere. I sammenheng med dette har det også mye å si hvor i verden den endrede arealbruken skjer, et konsept kjent som regionalisering. Dette innebærer en anerkjennelse av at konsekvensen av lik bruk kan være ulik avhengig av hvor i verden bruken skjer. For noen typer konsekvenser, som global oppvarming, kan regionaliseringen være av liten betydning, men

for konsekvenser som biodiversitetstap og vannmangel, kan regionaliseringen ha mye å si (de Baan et al., 2013).

Hytten kommer inn i dette som en driver av arealbruk og som en av tre viktige miljøtrusler fra den norske hytta (Støa et al., 2011). Hytta trenger en tomt å stå på og en bilveg, sti eller annen adkomst. Mange trenger også infrastruktur for strøm, internett, vann og avløp. I tillegg kommer arealbruken knyttet til fritidsaktiviteter som ski, turgåing eller andre mindre vanlige aktiviteter (Kaltenborn, 1998). Dette legger grunnlaget for konflikter (Overvåg & Berg, 2011), hvor hytteeiere på den ene siden helst ser at arealet rundt hyttene forblir så naturlig som mulig, og hvor på den andre siden utbyggere og næringsliv gjerne vil bruke arealet til videre utvikling av sin region og sin næring. Andre igjen vil ønske vern eller at arealet gis til jordbruk eller dyrehold. Overvåg & Berg (2011) holder også fram at det er et skille mellom kystnære hytteområder og hytteområder i fjellet, hvor problemene hittil har vært størst langs kysten. Grunnen til dette tror de er at tettheten av fastboende er større i de kystnære strøkene enn på fjellet. Da kan vi jo stille spørsmålet om hva som skjer når tettheten av hytter også øker på fjellet.

Måten jeg tenker direkte arealbruk på når jeg skal finne tall å bruke i modellen min er basert på plan- og bygningsloven (Miljøverndepartementet, 2009) og reguleringsplanene som er beskrevet i paragraf 11.7. Disse reguleringsplanene er del av kommuneplanens arealdel som igjen er kommunens overordnede styringsdokument. Dette dokumentet skal gi rammene for kommunens planer og tiltak for å nå de overordnede mål kommunen har (introduksjon til paragraf 11). Dette kan sees som en strategiplan for hvordan kommunen ønsker å gå inn i framtiden, hvilke næringer som skal styrkes, hvordan befolkningen skal bosette seg osv. Rent konkret gir dette da kart over et område kommunen ønsker å regulere, der settes det av areal til fritidsboliger, veg og annen infrastruktur i tillegg til arealet det ikke skal bygges på. Grunnlaget for det direkte arealbruket jeg da snakker om er hele denne reguleringsplanen som også beskrives noe mere i Vedlegg 2.

2.4 Energi

Slik hytta var før kan det argumenteres for at den var en veldig miljøvennlig sak, den fyrte med kortreist ved, gjerne selvhogd, og folket der måtte klare seg med et lavere forbruk enn hjemme. Selv om ved har forblitt en vanlig energikilde for varme på hytta (Taugbøl et al., 2000) er det vanskeligere å argumentere for hyttas miljøvennlighet i dag og Støa, Manum og Aune (2011) trekker fram økende energiforbruk som en av tre viktige miljøtrusler som oppstår som konsekvens av den norske hytta. De fleste hytter begynner nå å være tilkoblet nettstrøm (Gurigard, 2004) og elektrisiteten utgjør over 50% av energiforbruket på hytta, resten er i hovedsak veden brukt til oppvarming (Wahl, 2007). For å få innsikt i dette, hvordan energibruken på hytta er, har jeg gått til litteraturen og vil trekke fram i hovedsak tre kilder. Den første er kapitlet til Aall i boken «Norske hytter i endring» (Aall, 2011), den andre er en masteroppgave som også er blitt et av kapitlene i samme bok (T. K. Johnsen, 2011), og den siste er temakapittelet i andre kvartalsrapport for kraftmarkedet i 2007 utgitt av NVE (Wahl, 2007). I de kommende avsnittene vil disse kildene presenteres og oppsummeres.

Aall (2011) har som utgangspunkt at han vil se på miljøeffektene av den norske hytta og anser energibruken som en god indikator på dette fordi energibruk ofte blir satt i sammenheng med utslipp av CO₂. Han ønsker å vurdere både direkte og indirekte energibruk og inkluderer derfor både bygging, vedlikehold, bruk og transport til og fra hytta. Han forenkler studien ved å kun inkludere nettstrøm, og utelater da andre energibærere som ved, parafin og gass. I tillegg setter han systemgrensene slik at han regner primærenergi og ikke kun den energien som blir nyttiggjort på hytta. Han ser også bort fra energi

produsert lokalt av for eksempel solceller. Tallene han da kommer fram til viser et gjennomsnittlig energiforbruk for en norske hytte i 2005 på nesten 4 700 kWh. Han sammenligner dette med energibruket fra norske hytter i 1997 og konklusjonen blir at energibruken øker raskere enn antallet hytter. Altså bygges det ikke bare flere hytter slik at totalt energiforbruk øker, strømforbruket på den enkelte hytte øker også, samt at hytter som før ikke var tilkoblet strømmettet nå blir det. Deretter mener han at den samme utviklingen vil fortsette inn i framtiden og at energiforbruket bare vil fortsette å øke.

Den andre kilden er NVE sin andre kvartalsrapport for 2007 hvor det publiseres en temaartikkel som tar for seg energiforbruket til norske hytter (Wahl, 2007). Denne artikkelen tar både høyde for elektrisitetsforbruk og vedforbruk og sier alle andre energikilder blir marginale i forhold. Tallene henter forfatteren fra SSB og egen virksomhet, og bygger opp under det Aall (2011) konkluderer med, at energiforbruket øker mer enn antallet hytter. Her tallfestes også økningen i antall hytter mellom 1998 og 2005 til 10% imens energiforbruket har en økning over samme tidsperiode på 34%. I 2005 gir dette da et gjennomsnittlig energiforbruk på 100 kWh/m²/år, eller 6 000 kWh pr. hytte med størrelse 60 m². Av dette viser tallene Wahl selv har at 42% av energien er ved og resten er elektrisitet (58%). Utfordringen med ved er at den må brennes, noe som medfører en virkningsgrad som varierer fra ovn til ovn og fra vedtype til vedtype. Dette gjør analysen litt vanskeligere, og Wahl forenkler dette selv ved å kun se på det teoretiske energiinnholdet uten å regne med tap gjennom forbrenningen. Noe som medfører at energien levert til hytta fra veden i form av varme er lavere enn hva verdien over viser. For å vurdere hvordan dette ser ut i framtiden setter Wahl opp tre scenarioer og sammenligner disse, i tillegg fastslår han at solceller kan være en teknologi som får større betydning i framtiden.

Johnsen (2011) ser også på energibruket til norske hytter, men kobler det mot teknologi og hvordan inntoget av moderne teknologi er med på å øke energiforbruket også på hytta. Hun knytter dette opp mot domestiseringsbegrepet og hvordan ulike strømkrevende teknologier er med på å forhandle hvilken betydning hytta har for menneskene som bruker den. Det interessante å trekke ut av denne studien er hvordan hytta på den ene siden står som en representant for det tradisjonelle og enkle med i all hovedsak lavteknologiske løsninger. Og på den andre siden en representant for det moderne og høyteknologiske hvor man ønsker å ta med seg den samme komforten man har hjemme til hytta, og i noen tilfeller lar hytta bli mer høyteknologisk enn hjemmet. Denne studien gir med andre ord mer innblikk i hvordan energien Aall (2011) og Wahl (2007) tallfester brukes, hvilke teknologier som driver energiforbruket og hvordan disse teknologiene er med å forme betydningen av hytta. Gjennom studien har Johnsen også spurt hytteeierne om å tallfeste hvor mye strøm de bruker, og da får hun svært varierende svar. I den ene enden er det en familie som eier en hytte på 75 m² og som bruker 1500 kWh, hvor det i den andre enden er en familie som har en hytte på 80 m² og som bruker 9000 kWh i året. Jeg har også fått oppgitt fra Oppdal E-verk at hyttene de betjener har et gjennomsnittlige elektrisitetsforbruk på 9500 kWh.

Tabell 1 oppsummerer verdiene som mine tre hovedkilder for energibruk på hytta oppgir, merk at det er kun tallene i Wahl (2007) som både inkluderer elektrisitet og ved.

Hyttestørrelse	Totalt energiforbruk	Energiforbruk pr overflateenhet	Kilde
60 m ²	4 700 kWh/år	78 kWh/m ² /år	Aall (2011)
75 m ²	1 500 kWh/år	20 kWh/m ² /år	Johnsen (2011)
80 m ²	9 000 kWh/år	112,5 kWh/m ² /år	Johnsen (2011)
60 m ²	6 000 kWh/år	100 kWh/m ² /år	Wahl (2007)

Det forbrukes med andre ord en del energi på hytta, både i form av elektrisitet og ved, og det er åpenbart ut ifra Tabell 1 store forskjeller fra hytte til hytte hvor mye energi som brukes. Forklaringene på dette kan være mange, men en åpenbar forskjell vil være antallet bruksdøgn pr. år, øker det vil også energibruken på hytta øke. En annen faktor kan være bruken av andre energikilder enn ved og elektrisitet, en gasskomfyr eller et solcellepanel kan dekke mye forbruk det også. Ellers er det nettopp dette Johnsen (2011) forsøker å finne ut av, og noe hun finner er at det også er store forskjeller i hvor bevisste folk er sitt eget energibruk på hytta.

2.5 Transport

I denne delen av teorien skal jeg se nærmere på transport i forbindelse med hytta. Et interessant begrep i den sammenheng er «hyttemobilitet» som skal beskrive det transportbehovet som oppstår som konsekvens av at hytta og hjemmet er geografisk adskilt (Hidle & Ellingsen, 2011). Jeg kommer ikke til å diskutere dette begrepet mye, men det åpner for en del spennende refleksjoner, spesielt med tanke på det Jørgensen (2011) skriver når han ser sammenhengen mellom frislippet av privatbilismen på 60-tallet og økningen i antallet hytter som ble bygd. Muligheten til å komme seg enkelt til og fra hytta med egen bil ser ut til å være en viktig faktor for bruken av den. Utfordringen med dette er flere, en ting er at mange veier i rurale områder ikke ble lagd for den mengden trafikk hyttefolket skaper. Støa, Manum og Aune (2011) trekker også fram økende transportbehov i forbindelse med hytta som en av tre viktige miljøtrusler hytta skaper.

Av den litteraturen jeg leser er det ingen som foreslår buss eller tog som reelt alternativ til å kjøre privatbil til hytta. Dette er for meg en tydelig indikasjon på at kollektivtransport til hytta pr. dags dato nettopp er det, et lite realistisk alternativ til privatbilen. Ut ifra det jeg har observert når jeg har vært på ulike hytter og hørt i samtaler med hyttefolk (både hyttebrukere og andre som jobber med hytter) synes jeg heller ikke det er så rart. Slik hytter er bygd fram til i dag (les: tradisjonshytta) er det lite som tyder på at det skal være mulig å reise kollektivt. Hyttene er spredt, ligger relativt langt fra tettsteder og ofte langs veier som ikke er dimensjonert for buss eller som har infrastruktur for tog. Dette gjør at det først er tungvint å komme seg til hytta hvis man ikke skal kjøre bil, og ikke minst at det blir vanskelig å komme seg rundt i området når man først er på hytta.

Etter dagens byggeskikk kan det derfor være vanskelig å få til noen form for kollektivtransport til hytta, men om vi tenker nytt om hvordan hytta bygges kan vi øke sannsynligheten for at kollektive løsninger blir reelle alternativ. De to nye hyttekonseptene introdusert av Nasjonalparken Næringshage, seterhytta og urbanhytta (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017), er eksempler på dette. Hvor hovedpoenget er å bygge hytter på en ny, mer arealeffektiv og generelt mer bærekraftig måte. Med seterhyttekonseptet vil mange hytter ligge samlet om samme setertun, kanskje ligger det flere setertun i samme område også. Dette gjør at når bussen stopper på et tun vil det kunne være flere som skal både av og på, i tillegg til at hyttebrukerne da har kort veg fra busstoppet til hyttedøra. Med Urbanhytta tett på togstasjonen er potensialet enda større da toget kan frakte både flere personer og mer bagasje. Samlingen av hytter på et setertun eller i sentrum av et tettsted kan også gjøre det lettere å transportere seg til butikk, skibakke eller andre aktiviteter siden bilkollektiv kan opprettes og det blir mere attraktivt for dagligvarebutikker å etablere seg nærmere hyttefolket når de blir flere.

Men det er ikke slik at kollektivtrafikken er uten miljøeffekter (Buø, 2015; Sundvor, 2013). Veg og togs Skinner opptar areal og er med på å stykke opp habitat og å skape barrierer som noen dyr ikke er i stand til å krysse (Fahrig & Rytwinski, 2009; Jordhøy, Strand, Sørensen, Andersen, & Panzacchi, 2012). I tillegg er det utslipp av klimagasser knyttet til både det å kjøre buss, og å ta toget. Fordelen med kollektivtrafikken er at disse effektene kan fordeles utover mange flere mennesker enn bare de tre-fire som sitter i bilen. NSB har utviklet en miljøkalkulator som beregner energiforbruket og CO₂-utslippene knyttet til en reise med enten tog, buss eller bil, og ved å prøve seg litt fram med den blir det tydelig at det har mye å si hvor høy fyllingsgrad toget og bussen har (NSB, 2019). Med en høy fyllingsgrad er det ingen tvil om at toget og bussen bruker vesentlig mye mindre energi, og slipper ut mye mindre CO₂ pr. person enn hva privatbilen gjør. En slik høy fyllingsgrad er det lettere å få til hvis det av hyttebrukere blir ansett som mere gunstig å reise kollektivt enn med egen bil.

2.6 Materialer

Alle bygninger består av materialer og alle materialer har en miljøeffekt (Fossdal, 1995). Derfor er det viktig å tenke på hvilke materialer som brukes når en bygning skal bygges, spesielt når målet er å få til bærekraftige bygg. I denne delen av teorien vil jeg presentere noe litteratur jeg har sett på i forhold til LCA av bygninger med fokus på de studiene jeg kommer til å bruke videre i oppgaven. Jeg kommer også til å forsøke å peke på hvordan en hytte bygges sammenlignet med hvordan de byggene kildene tar utgangspunkt i er bygd.

Litteratur på selve hyttebyggingen (den fysiske hytta) har jeg ikke funnet mye av, men Nordby (2011) har en vinkling inn mot dette som går på effektene av å etterisolere hytta. Mer konkret ser Nordby på om kravene myndighetene setter til energieffektivitet i bygg får den ønskede effekten også for hytter, og sammenligner ved hjelp av LCA klimagassutslippene fra å oppgradere tre forskjellige turistforeningshytter til TEK10 standard kontra å bare la dem være slik de er. Resultatet Nordby kommer fram til er at hyttene ikke nødvendigvis kommer bedre ut med tanke på klimagassutslipp, men at den økte materialbruken og transporten av denne inn til hytta motvirker effektene av det reduserte energiforbruket. Noe av det hun problematiserer ut ifra dette er at det ofte settes for mye fokus på bruksfasen til en bygning, og at selv om dette er den desidert viktigste fasen i en vanlig bolig trenger det ikke være det samme for hytta. Fordi når hytta brukes mindre blir det også færre bruksdøgn å fordele effektene fra materialer og byggefasen på, slik at denne «engangsinvesteringen» byggeprosessen kan sees som får større relativ betydning. Dette synes jeg er en veldig god grunn til å også inkludere materialer når jeg skal beregne miljøeffektene til norske hytter.

Det finnes en del litteratur som tar for seg miljøeffektene av bygninger, både eneboliger, leiligheter og kontorbygg. Innen LCA-litteraturen ligger fokuset ofte på urbane lav-energibygg (Cabeza, Rincón, Vilariño, Pérez, & Castell, 2014) og ikke rurale hytter. Det kan allikevel være nyttig å se på resultatene fra disse studiene for å danne seg et bilde av hvordan miljøeffektene fra bygninger generelt ser ut for så å kunne bruke dette som referanse for miljøeffektene fra hytta. Islam et al. (2015) gjør en litteraturstudie av bygnings-LCA og presenterer mange eksempler på klimagassutslipp fra livsløpet til ulike bygninger. Fordelt på de tre hovedfasene (konstruksjonsfase, bruksfase og sluttlevingsfase) til bygningen rapporteres det at mellom 67-91% av utslippene kommer fra bruksfasen, 8-28% fra konstruksjonsfasen og 1-5% fra destruksjonsfasen. Grunnen til den store spredningen mener de er koblet opp mot at det er få studier som egentlig er direkte sammenlignbare. Blant annet er bygg i geografisk forskjellige områder utsatt for helt forskjellige klima, levetiden på byggene varierer fra 40-100 år, det er ulike byggeskikker og

materialvalg i forskjellige land i tillegg til at både systemgrensene og den funksjonelle enheten ikke alltid er den samme. Det er derfor veldig viktig for meg å også være tydelig på dette og å definere hvor bygningen står (Oppdal/Rennebu), hvilken levetid jeg ser for meg at den har (se kapitel 3.5) og ikke minst systemgrensene og den funksjonelle enheten til livsløpsvurderingen (se kapitel 2.1).

En av studiene jeg har hentet materialdata fra er Dokka et al. (2013) hvor de ser på energibruket og utslippene fra det de kaller en typisk norsk bolig. Dette gjør de fordi de ønsker å se på hvor de største utslippene kommer fra slik at det igjen blir mulig å se hvor det må legges inn en innsats for at norske boliger skal kunne bli ZEB-OM (zero emission building – operation and materials). ZEB-OM betyr at bygget skal produsere nok energi slik at den både dekker sitt eget forbruk og energien som indirekte er brukt gjennom produksjon av materialene. Styrkene til denne kilden inn mot min oppgave er at det fokuseres på norske forhold, og at de forsøker å modellere en bolig slik den står i dag. Spørsmålet er om en norsk hytte egentlig er en typisk norsk bolig, og går vi litt tilbake i tid, til da hytta var et sted for et «enkelt liv» i nøysomhet og enkle kår, er det ikke sikkert dette hadde vært en god sammenligning. Men siden hytta i dag har blitt et sted for det «enkle liv» med økt teknologisk standard og høy komfort er sammenligningen mer reel. For å kvalitetssikre denne dataen opp mot hvordan en hytte er bygd har jeg også fått hjelp fra Lundhytta (Lundhytta, 2019), som har sett over studien og kommet med innspill og korrigeringer ut ifra hva som er realistisk for en hytte i Oppdal og Rennebu. Den andre studien jeg har hentet materialdata fra er Gustavsson et al. (2010) som gjør en LCA av et høyhus i Växjö i Sverige. Hovedfokuset ligger også her på energibruket og resultatet viser samsvar med tallene til Islam et al. (2015) at bruksfasen er den fasen som er viktigst for klimagassutslipp. Den store svakheten med denne studien er at bygningen er plassert sør i Sverige, og ikke i Trøndelag, noe som medfører et noe annet klima. Det er verdt å påpeke at jeg ikke har fått noen til å se over regnskapet fra Gustavsson et al. (2010), hverken Lundhytta eller andre utbyggere. Hvordan denne materialdataen er brukt vil beskrives i kapittel 3.1.

En annen relevant studie å se på er Dahlstrøm et al. (2012) som også gjennomfører en LCA av boliger bygd etter norske standarder og til norske forhold (på Stord i Hordaland). De sammenligner en enebolig bygd etter TEK10 og en etter passivhusstandard, i tillegg inkluderer de ulike energiforsyningsmetoder for å til slutt se på klimagassutslippene og energieffektiviteten til disse alternativene. Men det de også gjør er å oppgi alle effektkategoriene de får gjennom å bruke ReCiPe-metoden i SimaPro. Da oppgir de blant annet de tre forskjellige arealbrukene jeg også ser på, se Tabell 2. Disse resultatene vil være interessante å komme tilbake til i diskusjonen da de vil gi et grunnlag å sammenligne forskjellen på en hytte og et hus på. Den funksjonelle enheten Dahlstrøm et al. (2012) bruker er 50 år med 1 m² bolig det bor 4 mennesker i, en funksjonell enhet som er ulik min. I tillegg inkluderer de destruksjonsfasen, vedlikehold og energibruk knyttet til ventilasjon, noe jeg ikke gjør. Sammenligningen mellom denne studien og min kommer jeg tilbake til i kapitel 5.

Tabell 2 viser resultatene for arealbruk hos Dahlstrøm et al. (2012) under den funksjonelle enheten 50 år med 1 m² boligareal. Tabell 14 viser disse tallene under min funksjonelle enhet persondøgn.

Agricultural land occupation	114 m ² a
Urban land occupation	15 m ² a
Natural land transformation	0,44 m ²

2.7 Hyttestatistikk

Når jeg skal modellere hyttebruk har jeg behov for å ikke bare ha kvalitative vurderinger om hva en hytte er, slik som i kapittel 2.1, men jeg trenger også tall som beskriver hytta. Dette har jeg derfor oppsøkt hyttestatistikken for å finne. I denne delen av teorien vil jeg derfor presentere tre forskjellige statistikker og hvilke tall jeg kommer til å benytte meg av derfra. Jeg vil også gjøre noen generelle betraktninger av disse tallene.

Den statistikken jeg henter tallene mine fra er Hytteundersøkelsen i Oppdal 2015 (Jystad, 2015). Dette er fordi denne statistikken dekker det området jeg har tatt utgangspunkt i gjennom prosjektet Grønn fjellhageby (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017). Denne statistikken baserer seg på en spørreundersøkelse sendt rundt til hytteeiere i Oppdal hvor de svarte på spørsmål knyttet til hytta og bruken av den. Tilsvarende undersøkelse er gjennomført ved flere anledninger slik at det i presentasjonen av tallene også kan sees utviklingstrender fra tidligere undersøkelser. De tallene jeg henter ut av denne statistikken er at hytta har en gjennomsnittsstørrelse på 93,8 m², at den brukes 57 døgn i året og at det i gjennomsnitt er 3,3 personer på hytta hvert døgn.

Siden hytter ikke bare er et fenomen vi finner i Oppdal og Rennebu er det også verdt å se på hvordan disse tallene kan se ut for resten av Norge. Derfor har jeg sett på to andre kilder, først ut er en statistikk som er gjennomført av NINA. Denne omfatter hytteeiere i fjellområdene nord og vest for Lillehammer (Kaltenborn et al., 2005). Her finner de at hytta har en gjennomsnittsstørrelse på 96 m² og at den brukes i gjennomsnitt 52 døgn i året. Den andre statistikken er gjennomført av «Norsk senter for bygdeforskning» (nå RURALIS) og har som mål å ha et representativt utvalg av nordmenn som grunnlag (Farstad et al., 2009). Her finner de en gjennomsnittlig hyttestørrelse på 72,8 m² og et gjennomsnittlig antall bruksdøgn på 36 døgn i året.

Det er studien til Farstad et al. (2009) som viser de største forskjellene fra Jystad (2015) med omtrent 20 m² mindre hytter og 21 færre bruksdøgn. Siden Farstad et al. har som mål å ha et representativt utvalg nordmenn som grunnlag for statistikken kan dette tyde på at jeg ikke treffer på den gjennomsnittlige norske hytta når jeg velger å basere modellen min på Jystad. På den andre siden har jeg heller ikke noe mål om å representere en gjennomsnittlig norsk hytte. Som jeg kommer tilbake til i kapittel 2.8 så skal jeg forsøke å modellere en mer moderne hytte, bygd og brukt etter dagens standard. Når jeg da tar i betraktning hvordan hyttene i Oppdal bygges ligner dette mer på de høystandard hyttene jeg ønsker å modellere enn den gjennomsnittlige norske hytten som ellers beskrives i Farstad et al. Ser jeg på studien til Kaltenborn et al. (2005) ligner hyttene i området rundt Lillehammer også på den type hytte jeg ønsker å modellere samtidig som at tallene er like Jystad sine. Jeg synes derfor tallene for Oppdal blir de mest relevante for min oppgave. Tabell 3 trekker fram nøkkeltallene fra de tre statistikkene samt viser hvor mange persondøgn og antall hytteturer disse tallene gir. I mangel av noen statistikk om forteller om gjennomsnittlig hytteturlengde antar jeg dette til å være tre døgn.

Tabell 3 oppsummerer dataen fra tre kilder som bearbeider hyttestatistikk. Antall persondøgn er regnet ut ved å gange det gjennomsnittlige antallet bruksdøgn med det gjennomsnittlige antallet personer på hytta fra Jystad (2015) for alle tre statistikkene. Antallet hytteturer er regnet ut ved å dele det gjennomsnittlig antallet bruksdøgn på en antegelse om hytteturlengde på 3 døgn.

	Jystad (2015)	Kaltenborn et al. (2005)	Farstad et al. (2009)
Gjennomsnittlig hyttestørrelse	93,8 m ²	96 m ²	72,8 m ²
Gjennomsnittlig antall bruksdøgn	57 døgn	52 døgn	36 døgn
Gjennomsnittlig antall personer på hytta	3,3 personer	-	-
Antall persondøgn	188,1 persondøgn	171,6 persondøgn	118,8 persondøgn
Antall hytteturer	19 turer	17,3 turer	12 turer

I tillegg til disse statistikkene er det flere studier hvor forfatter har intervjuet hytteiere om ulike aspekter ved det å eie hytte. Noen av disse har også spurt etter hvor mange døgn intervjuobjektene tilbringer på hytta. Eksempler på dette er Støa et al. (2011) som finner et gjennomsnittlig antall bruksdøgn på 50 og Kaltenborn (1998) som finner 44,5 gjennomsnittlige bruksdøgn. Dette gjør at litteraturen viser et spenn av bruksdøgn fra 36 (Farstad et al., 2009) til 57 (Jystad, 2015) med et gjennomsnitt på 47,9 om alle fem kildene vektet likt. Hva det er som gjør at forskjellen er såpass stor er usikkert, men mulig forklaringer kan ligge i beliggenheten, reisetiden, den teknologiske standarden, vinterbrøyting av veg osv. Det er også verdt å merke seg at det er et stort spenn i når de ulike statistikkene er publisert, fra 44,5 bruksdøgn i 1998 til 57 i 2015. For de tre hyttecasene som presenteres i kapittel 2.8 er det i hovedsak tradisjonshytta som direkte benytter seg av denne dataen. For seter- og urbanhytta har jeg tilpasset dataene slik at de passer konseptene, dette beskrives nærmere i kapittel 3. Grunnen for dette er at tradisjonshytta er den eneste av de tre som allerede er bygd, med andre ord den eneste hyttetyperen det finnes statistikk på.

2.8 Tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta.

Denne delen av teorien kommer til å beskrive de tre hyttetyperne som senere skal brukes for å sammenligne effektene av det å bygge tettere. Tradisjonshytta blir en moderne versjon av de historiske, primitive og nasjonalromantiske hyttene beskrevet i litteraturen (Gansmo et al., 2011). Seterhytta og urbanhytta tar utgangspunkt i forprosjektet til Nasjonalparken næringshage utført av Pir2 (2017), men vil bli tilpasset oppgaven noe. Alle tre hyttetyperne er diskutert med Nasjonalparken næringshage og innspillene fra disse diskusjonene er tatt med når jeg har satt detaljene i denne oppgaven.

Figur 4 og Figur 5 er enkle forslag til hvordan reguleringsplanen til tradisjons- og seterhytta kan se ut. Det totale arealet er tenkt å være det samme (200 000 m²), men at et nesten likt antall hyttenheter (ca. 50) er plassert ulikt, begge har også en veg som passerer gjennom hele området. Når tradisjonshyttene bygges vil i utgangspunktet hele dette området ryddes, og hyttenhetene bygges hver for seg ettersom tomtene selges. For seterhytta tenker jeg at kun det arealet tettest på setertunene (seterhyttetomtene) må ryddes, slik at større deler av området rundt forblir urørt. Deretter vil hele setertunet bygges ut samlet uavhengig av om hytteenhetene er solgt eller ikke slik at felles funksjoner lettere kan implementeres. Urbanhytta har ikke fått noen forslag til reguleringsplan fordi den i utgangspunktet skal

være integrert i bybildet slik at det ikke tilfører noen innsikt å tenke på hvordan reguleringsplanen ser ut.

2.8.1 Tradisjonshytta

Tradisjonshytta blir en slags referansehytte fordi den er tenkt å representere hytta slik den bygges i dag med høy teknologisk standard og komfort og samlet i større hyttefelt. Størrelsen på denne typen hytte er hentet fra Jystad (2015) hvor den gjennomsnittlige Oppdalshytta er funnet å være 93,8 m². Den er ikke en av hyttetypene beskrevet i prosjektet Grønn fjellhageby, men er modellert etter hva jeg oppfatter som dagens byggeskikk. Hytta ligger tydelig adskilt fra både tettsted og lokalbefolkning (Arnesen, Kvamme, & Skjeggedal, 2018) mens naturopplevelser og mulighetene for naturbasert friluftsliv som ski og fotturer er viktige grunner til at folk ønsker å bruke denne typen hytte. Her er det tenkt at alle hytter har bilveg helt inn til døra og med tilhørende parkeringsplass, gjerne med garasje og annekset/bod. Når det kommer til energiforsyning og andre tekniske løsninger er tradisjonshytta tilkoblet strømmettet. Ellers deles kun fasiliteter som vann, avløp og renovasjon. Hytta er privat eid og brukes for det meste kun av eier og eiers familie og nærmeste venner. Figur 4 viser hvordan et tenkt hyttefelt med slike tradisjonshytter kan se ut. De oransje feltene er hyttetomter, de svarte firkantene er hytter og de svarte strekene er vegger. Eksempler på slike hyttefelt kan være Sørøyan eller Mjuken som det er mulig å se nærmere på i Vedlegg 2.

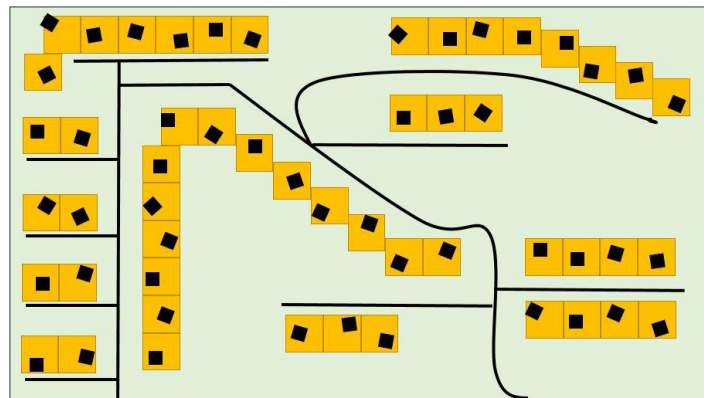
2.8.2 Seterhytta

Seterhytta tar utgangspunkt i et av hyttekonseptene til Nasjonalparken næringshage og Pir 2, og i rapporten fra forprosjektet skriver de følgende om seterhytta (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017, pp. 13–14):

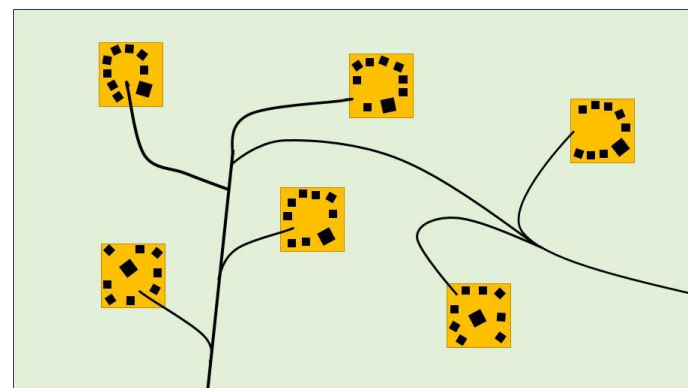
Seterhytter plasseres i tilknytning til jordbruks- og seterlandskapene. Disse ligger i dalsidene. Store deler av arealene er dekket av skog og videre arbeid kan utforske hvordan hytteutvikling kan bidra til rikere kulturlandskap på bekostning av skog og andre arealer med lavere mangfold og rikdom.

- hytter med begrenset teknisk standard
- innlagt strøm, fellesarealer med innlagt vann og avløp
- kjøreadkomst til felles parkering, bilfritt hytteområde
- fleksibel, sporadisk bruk av hver bruker
- deles av flere brukere (time-share)/ utleie i tillegg

Denne typen hytte tenker jeg, i likhet med tradisjonshytta, ligger tydelig adskilt fra tettstedene noe beskrivelsen fra Grønnfjellhagebyprosjektet også indikerer med at der ligger dalsidene heller enn i dalbunnen. Jeg tenker at for denne hyttetypen er det



Figur 4 viser en tenkt reguleringsplan til et hyttefelt med det som i oppgaven kalles "tradisjonshytter". De oransje feltene er tomter, de svarte firkantene er hytter og de svarte strekene er vegger. Resten er friområde.



Figur 5 viser en tenkt reguleringsplan til et hyttefelt med det som i oppgaven kalles "seterhytter". De oransje feltene er tomter, de små svarte firkantene er hytter, de store svarte firkantene er fellesbygg for alle hyttene på samme tomt og den svarte streken er veg. Resten skal stå utørt.

satt av en felles tomt hvor det er plassert flere hytteenheter, i kapittel 3 har jeg satt tomtestørrelsen på 2500 m² hvor det står 8 hytter med grunnflate 60 m². Inne på denne tomten tenker jeg at det også ligger et fellesbygg som inneholder for eksempel lagringsplass, sanitære anlegg, skismørebod, sykkelparkering ol. Standarden på hyttene er generelt like høye som for tradisjonshytta, men de tekniske løsningene kan deles av flere boenheter. Altså kan det være en felles varmpumpe eller et felles solcellesystem som forsyner flere enheter med elektrisitet og varme, i tillegg til at setertunet kan være tilkoblet strømmettet og evt. fjernvarmenett. Eierskapet er også lagt opp til å kunne være delt, slik at det kan oppnås flest mulig overnattingsdøgn og færrest mulig kalde senger (netter med ledig overnattingskapasitet, begrep brukt av Berker & Gansmo (2011)) i løpet av et år. Figur 5 viser hvordan et tenkt hyttefelt med slike hytter kan se ut. De oransje feltene er hyttetomter, de små svarte firkantene er hytter, de store svarte firkantene er fellesarealer og de svarte strekene er vegger.

2.8.3 Urbanhytta

Urbanhytta tar utgangspunkt i et av de andre to hyttekonseptene til Nasjonalparken næringshage og Pir 2, og i rapporten fra forprosjektet skriver de følgende om Urbanhytta (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017, pp. 13–14):

«Urbanhytter plasseres i sentrum og i eksisterende tettsteder. De er koblet til eksisterende infrastruktur med hovedveier og jernbane i dalbunnen.

- *hytter med middels til høy standard*
- *innlagt strøm, vann og avløp*
- *kjøreadkomst helt fram eller nær ved*
- *brukes ofte, i helger og ferier og i lengre perioder*
- *utleie/ mål 365-dagers hytte*

Dette er altså ei hytte nært et tettsted, gjerne også nært sentrum og med det kriterium at det ikke skal være nødvendig å bygge ekstra infrastruktur kun på grunn av hytta. Den har enkel tilgang på kollektivtransport, butikker og et større spekter av fritidsaktiviteter enn bare ski og fotturer. Jeg ser for meg denne hyttetypen som et leilighetskompleks med mange hytteenheter som ligner på leiligheter man finner i mer urbane områder. Forskjellene er at det må legges til rette for at leiligheten brukes mye til fritidsaktiviteter og at det skal være enkelt å komme seg ut på ski, sykkel eller til fots. Skismørebod og sykkelverksted er eksempler på hva disse leilighetskompleksene også kan inneholde utenom kun boenheter. I tillegg kan det legges til rette for at flere får brukt leilighetene når eierne ikke gjør det, at sameiet i blokka har en resepsjonist som administrerer utleie, eller at det eksisterer et samarbeid med et lokalt hotell for å øke deres sengekapasitet. Slik kan kanskje et mål om en 365-dagers hytte nås, selv om dette i utgangspunktet er et mål jeg synes høres usannsynlig ut. En kan også spørre seg hva forskjellen mellom dette og et hotell egentlig blir, og hvis 365-dagersmålet skal nås kan det godt hende urbanhytta tilnærmet blir et hotell. I så fall må vi også vurdere om det er interessant for folk som vil ha hytte å heller dra på et hotell, men det har ikke jeg gjort noen vurdering av.

2.9 Biodiversitet

Denne siste delen av teorien vil gi en kjapp introduksjon til hva det omfattende begrepet biodiversitet, eller biologisk mangfold er og hvordan begrepet tolkes i kontekst av LCA. Dette baserer jeg på definisjonen til konvensjonen om biologisk mangfold (United Nations, 1992):

«mangfoldet blant levende organismer fra alle kilder, inkludert blant annet terrestriske, marine og andre akvatiske økosystemer og de økologiske kompleksene de er del av; dette inkluderer mangfold innen arter og mellom både arter og økosystemer.» (egen oversettelse fra engelsk)

Styrken ved denne definisjonen er at den fanger et stort spekter av mulige funksjoner biodiversitet kan ha. Definisjonen legger blant annet opp til tre «lag» av biodiversitet, det genetiske mangfoldet, artsmangfoldet og mangfoldet av økosystemer (Gaston & Spicer, 2004). Det genetiske mangfoldet legger til grunn genetisk variasjon innad i en art, eller den totale variasjonen av gener flere arter imellom. Mangfoldet i økosystemer bygger på at økosystem i ulike deler av verden, et land eller en region, er bygd opp ulikt, og på den måten kan tilby ulike økosystemtjenester. Tjenester som dyrkbar jord, flomvern, pollinering av planter og nedbryting av dødt organisk materiale, som alle er med på å opprettholde jorden slik den er i dag. Mace et al. (2012) skriver om hvor tett biodiversitet og økosystemtjenester henger sammen, og at en reduksjon i biodiversitet vil svekke økosystemets evne til å yte de økosystemtjenestene menneskene er avhengige av. The Millenium Ecosystem Assesment (Watson et al., 2007) peker på det samme og tegner en fortellerlinje fra biodiversitet, gjennom økosystemtjenester og til menneskers helse (engelsk; human health), hvor redusert biodiversitet blir en medvirkende faktor til dårligere helse. Det siste «laget» av biodiversitet er artsmangfoldet, dette blir å zoome ut fra genetisk mangfold, eller å zoome inn fra mangfoldet av økosystem. Dette er kanskje den mest kjente måten å tenke biodiversitet på og det er i alle fall slik det oftest måles, i antall arter innenfor et område. Grunnen til at antallet arter ofte er foretrukket har mye med at dette er målinger det er lett å gjøre, sammenlignet med å samle nok genprøver til å kunne se på den genetiske diversiteten til en hel populasjon, eller å prøve å tallfeste noe så komplekst som et sett økosystemtjenester (de Baan et al., 2013; Gaston & Spicer, 2004). Diskusjonen om hvorvidt dette er en god måte å måle biodiversitet på er viktig, og både de Baan et al. (2013) og Buckland (2009) har en diskusjon om hvorfor og hvilke konsekvenser ulike enheter får for hvordan natur bør forvaltes, (Michelsen, 2007) foreslår også en alternativ metode å beregne karakteriseringsfaktorene som ligger til grunn i beregningen av biodiversitetstap fra arealbruk. I LCA-sammenheng er det allikevel denne siste måten å tenke biodiversitet på som benyttes og at biodiversitetstap måles i enheten «PDF» eller potensielt utryddet fraksjon av dyrearter (engelsk: potentially disappeared fraction of species).

Når man da snakker om biodiversitetstap og tap av arter er det mest nærliggende å tenke på de dyrene som faktisk dør ut. For eksempel er det lett å tenke at når denne oppgaven snakker om biodiversitetstap fra norske hytter er det hvor mange elger eller ekorn som dør ut det er snakk om, men så konkret er ikke LCA som metode. Det som kan leses ut fra resultatene til en LCA er tall som sier noe om alvorlighetsgraden av det analysen gjøres på. Tallene er basert på metoder som bygger på hvor mange arter det er i før og etter situasjoner samt effektene andre miljøtrusler som global oppvarming har på artsmangfoldet i området som helhet. Hva som da konkret skjer med ekornet får bli opp til en biolog, men gjennom en LCA kan man heller se hvilke prosesser det er verdt å ha fokus på og om det er alternative metoder å gjøre ting på som er bedre enn andre. Hovedpoenget er i alle fall man gjennom resultatene fra denne oppgaven ikke kan si hvordan elgen som art påvirkes, men hva alvorlighetsgraden ulike deler av det å eie og bruke hytte er, samt hvor tiltak for å redusere biodiversitetstap vil ha størst effekt.

3 Metode

Dette kapitlet skal gi en innføring i hvordan hyttebruken er modellert for de tre hyttetypene beskrevet i kapittel 2.8. Dataprogrammet som er benyttet er SimaPro med Ecoinvent som bakgrunnsdatabase og ReCiPe (H) som beregningsmetode for effekter. Livsløpsregnskapet er delt i fire deler og hver av disse delene er modellert separat før de er satt sammen under samme funksjonelle enhet. Strukturen på dette kapitlet er slik at måten de fire delene er bygd opp på, for alle de tre hyttetypene (tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta), vil presenteres først i **3.1 Materialer**, **3.2 Transport**, **3.3 Direkte arealbruk** og **0 Energi** før måten de er sydd sammen på presenteres til slutt i **3.5 Hyttebruk**. En grundigere dokumentasjon av metoden er også gitt i Vedlegg 1.

Før jeg starter med denne gjennomgangen av metoden vil jeg introdusere kort hvordan SimaPro fungerer. Gjennom Ecoinvent eller andre bakgrunnsdatabaser har SimaPro allerede modellert mange prosesser. Hvordan disse modellene er satt sammen og hvilke kilder de baserer seg på er godt dokumentert slik at det for meg er mulig å vurdere om disse prosessene passer i min modell eller ikke. Hvis jeg da ser at disse prosessene ikke passer antagelsene i min modell, som for eksempel at jeg vil ta tog med norsk strømmiks mens prosessen å kjøre tog i SimaPro bruker Sveitsisk strømmiks, kan jeg gå inn, lage en kopi av prosessen og endre på dette. Siden det i SimaPro allerede er modellert en norsk strømmiks er det i dette tilfellet bare å bytte strømmiks, men hvis det ikke hadde vært det er det også mulig å kopiere den sveitsiske strømmiksen og endre på den slik at den blir mest mulig norsk. Når det da kommer til hvordan jeg har gjort dette i denne oppgaven så er alle material- og energiinngangsfaktorer ujusterte fra SimaPro sine standarder. De fleste transportprosessene er justert etter mine standarder og arealbruken er modellert selv.

3.1 Materialer

Denne delen av metoden beskriver de materialene den fysiske hytta er bygd av for alle de tre hyttetypene. Data for dette er hentet fra i hovedsak to studier som begge er beskrevet i kapittel 2.6. Inventarene disse studiene oppgir er total materialbruk for henholdsvis en «typisk norsk» enebolig (tradisjonshytta og seterhytta i Dokka et al. (2013)), og et svensk leilighetskompleks (urbanhytta i Gustavsson et al. (2010)). Denne dataen har jeg så normalisert på størrelsene til byggene i de to studiene slik at jeg kan tilpasse materialbruket til størrelsen på hyttene i modellen min. For å få studien mest mulig presis har jeg valgt å ikke bare normalisere alt på bygningenes overflateareal, men å dele bygningene opp og normalisere på hver enkelt del som vist i Tabell 4. Siden urbanhytta er en annerledes type bygning normaliseres den på litt flere kategorier som vist i V.1.1.3. I tillegg har jeg kontaktet Lundhytta (Lundhytta, 2019) og fått de til å justere materialinngangsfaktorene fra Dokka et al. (2013) slik at disse skal representere ei hytte best mulig (materialnavnene jeg fikk tilsendt fra Lundhytta har jeg måttet oversette til inngangsfaktorer i SimaPro). Jeg har også justert mengden isolasjon som benyttes i Gustavsson et al. (2010) siden det ifølge yr.no og værhistorikken de har der blir opp til 10 grader kaldere i Oppdal enn i Växjö på vinterstid (Meteorologisk institutt, 2019). Hvor store de tre forskjellige hyttetypene skal være er satt i samarbeid med Nasjonalparken Næringshage i møter vi har hatt og basert på statistikk fra Oppdalsområdet (Jystad, 2015; Meland et al., 2019). Disse størrelsene er 93,8 m² for tradisjonshytta (gjennomsnittlig størrelse på hyttene i Jystad (2015)), 60 m² for hver seterhyttenhet og 400 m² grunnflate for urbanhytta (Gustavsson et al., 2010). Ytterveggarealet er beregnet ut ifra formel V.1.1 og innerveggarealet er antatt å være 15% av ytterveggarealet for tradisjonshytta og seterhytta, og 147% for urbanhytta. Grunnen til at urbanhytta har så mye mer innervegg enn hva de to andre er fordi det innenfor de sammen ytterveggene er mer enn bare en hytteenhet. I tillegg er det for

seterhytta lagt til materialer for fellesbygningen som er satt til 100 m². Denne er modellert å ha sammen materialbruk som seterhytta, noe som ikke nødvendigvis stemmer helt da selve hyttebygningen mest sannsynlig har større varmebehov og dermed større behov for godt isolerte vegger enn hva fellesbygningen har. I realiteten kan derfor materialbruket til seterhytta være noe mindre enn hva Tabell 10 viser. Tabell V1-3 og Tabell V1-4 viser de normaliserte verdiene for material inngangsfaktorene.

Tabell 4 viser den generelle tanken om hvordan materialbruken er normalisert. Se vedlegg 1 kapittel 1 for spesifikke normaliseringer for hver enkelt hyttetype.

Fundament	Normalisert på totalt overflateareal
Gulv	Normalisert på totalt overflateareal
Yttervegg	Normalisert på totalt ytterveggareal
Innervegg	Normalisert på totalt innerveggareal
Tak	Normalisert på totalt overflateareal

3.2 Transport

Denne delen av metoden beskriver transporten av hyttebrukere til og fra hytta for alle de tre hyttetyperne. Denne transporten er basert på at hyttebrukeren bor i Trondheim og har hytte i Oppdal slik at både bil, buss og tog er potensielle transportmetoder. Det er allikevel noen utfordringer knyttet til å benytte seg av kollektivtransport til og fra hytta. Disse utfordringene går på at buss og tog ikke uten videre kan ta deg fra dør til dør. Dette har jeg derfor inkludert i modelleringen av transporten slik at både etappen fra hjemmet og til toget eller bussen, samt transporten fra toget eller bussen til hytta, er med. Når det kommer til seter- og urbanhytta blir bildet litt annerledes fordi de legger opp til at det i mindre grad trengs noe transport fra busstopp/togstasjon og til hytta. For å se på effektene av å benytte seg av ulike transportmetoder til og fra hytta har jeg modellert alle tre transportmåtene for alle de tre hyttetyperne, Tabell 5 oppsummerer hvordan dette er gjort. Jeg har innført bybussen som er en buss som går fra hjemmet og til der toget eller hyttebussen går fra, samt en bybuss i Oppdal som kan frakte folk fra hyttebuss eller tog til seterhytta. I tillegg har jeg innført Oppdal taxi som tilbyr av hytteskys fra tog eller hyttebussen til i hovedsak tradisjonshytta. Hyttebussen er den bussen som tar folk fra Trondheim og til Oppdal.

Tabell 5 oppsummerer hvordan det er tenkt at de tre transportmetodene skal kunne brukes av hytteeiere i Oppdal og som har sin første bolig i Trondheim. Se vedlegg 1 kapittel 2 for detaljerte tabeller.

	Bil	Buss	Tog
Tradisjonshytta	Bilen kjører direkte fra hjemmet og til hytta.	Bybuss til hyttebussen, taxi til hytta.	Bybuss til togstasjonen, taxi til hytta.
Seterhytta		Bybuss til hyttebussen, men bussen kjører rett til hytta.	Bybuss til togstasjonen, bybuss til hytta.
Urbanhytta			Bybuss til togstasjonen, men toget stopper rett ved hytta.

Når det kommer til hvilke transportmiddel jeg finner det sannsynlig at hyttebrukere benytter til og fra hytta så er det gjort en kvalitativ vurdering av dette i kapittel V.1.2.1-V.1.2.3 basert på egne vurderinger. Konklusjonen der er at bil er realistisk for alle de tre hyttetyperne, mye fordi den er en god dør til dør løsning og tilbyr stor fleksibilitet når man først er på hytta. Bussen er vurdert som realistisk for både

seterhytta og urbanhytta mens toget kun er vurdert realistisk for urbanhytta. Det som gjør at jeg i hovedsak tenker at buss og tog er aktuelle transportmetoder for seter- og urbanhytta er muligheten til å stoppe i nærheten av mange hytteenheter samtidig. På den ene siden gjør dette at flest mulig hytteeiere får gåavstand til hytta fra der toget eller bussen slipper dem av samtidig som at med et økt antall hytter som kan betjenes vil også lønnsomheten for busselskapet øke. I tillegg til dette er det nok også en del flere faktorer som påvirker valget av transportmetode, men det er utenfor denne oppgavens omfang å vurdere.

Kildene for dataen brukt til å modellere dette er i hovedsak hentet direkte fra Ecoinvent. Der er det allerede modellert ulike busser, biler og tog som jeg kopierer og justerer noe. For å justere inngangsfaktorene til transportprosessene i SimaPro benytter jeg NSB sin miljøkalkulator (NSB, 2019) for å finne norske tall på energiforbruket til de forskjellige transportmetodene. Detaljerte beskrivelser av de forskjellige prosessene som er kopiert fra Ecoinvent kan finnes i kapittel V.1.2.4-V.1.2.6. I resultatene vil jeg først anta at alle hyttetypene har bil som transportmetode før jeg ser hva forskjellene blir når man kjører buss til seterhytta og tog til urbanhytta isteden.

3.3 Direkte arealbruk

Denne delen av metoden skal beskrive det direkte arealbruket hytta har, da i form av tomten den står på og det området som er regulert til fritidsbebyggelse rundt. Slik dette gjøres i dag utarbeider noen en reguleringsplan for et område man ønsker å bygge på. Denne må godkjennes av kommunen, men etter det ryddes typisk det området reguleringsplanen omfatter for skog og hyttene bygges opp etter hvert som de blir solgt til privatpersoner (Meland et al., 2019). Innenfor dette arealet vil det da være både enkelte hyttetomter, veger og en del areal regulert til friområde. Se kapittel 2.3 eller Vedlegg 2 for en innføring i hvordan reguleringsplanene er benyttet i denne oppgaven. Vedlegg 2 gir også en kort oppsummering av prosjektoppgaven jeg gjorde som forberedelse til masteren og som er datagrunnlaget for det direkte arealbruket til tradisjonshytta.

I denne oppgaven har jeg differensiert mellom tre typer arealbruk basert på beskrivelsen over, det er hyttetomt, friområde og veg. For da å kunne se på effektene av å bygge tettere har jeg bygd opp de tre hyttetypene slik at de bruker mindre og mindre direkte areal. Tradisjonshytta er beskrevet over og er modellert med alle de tre arealtypene. Siden jeg i prosjektoppgaven konkluderte med at friområdet er en viktig bidragsyter til arealbruk (Thorvaldsen, 2018) har jeg valgt å for seterhytta ikke inkludere dette og si at alt regulert areal enten er veg eller hyttetomt (se Figur 4 og Figur 5). For urbanhytta har jeg redusert dette enda mer og ut ifra definisjonen til urbanhytta sagt at det heller ikke trengs noen ekstra veg i forbindelse med denne typen hytte. Det er allikevel inkludert veg i transportprosessene, noe som er videre diskutert i kapittel 5.

Når det kommer til hvilke tall som er benyttet bruker jeg for tradisjonshytta som nevnt de tallene som er funnet i prosjektoppgaven (Thorvaldsen, 2018). Disse passer godt fordi de er basert på eksisterende hyttefelt i området Oppdal-Rennebu. For Seterhytta og Urbanhytta er størrelsene satt i samarbeid med Nasjonalparken Næringshage og ut ifra størrelsen på leilighetskomplekset i Sverige (Gustavsson et al., 2010; Meland et al., 2019) , Tabell 6 viser disse tallene fordelt på de tre arealbrukskategoriene jeg har satt.

Tabell 6 viser hvor mye areal de ulike hyttetypene bruker i de ulike arealbrukskategoriene. Merk at tallene for seterhytta er for hele setertunet og at tallene for urbanhytta er et helt leilighetskompleks.

	Hyttetomt	Veg	Friområde	Totalt	Enhet
Tradisjonshytta (en hytte)	1035	240	3020	4295	m2
Seterhytta (et setertun)	2500	1915	0	4415	m2
Urbanhytta (et leilighetskompleks)	400	0	0	400	m2

Tolkningen av disse dataene er at en tradisjonshytte i et hyttefelt bruker 1035 m² til tomt, 240 m² til veg og 3020 m² til friområde. Et seterhyttetun har en tomtestørrelse på 2500 m² med vegareal på 1915 m² og ikke noe friområde mens urbanhytta bare behøver 400 m² med hyttetomt. Disse arealbrukstypene må så tilpasses de arealbrukene det skiller mellom i SimaPro både for okkupasjons og transformasjonseffekter (se kapittel 2.2). Tabell 7 viser dette både for okkupasjonen og transformasjonen. Denne tilpasningen er det mulig å problematisere, og i resultatene har jeg variert hvordan jeg har definert friområdet og sett hva forskjellene er hvis friområdet er urbant eller hvis det er mer landlig.

Tabell 7 viser hvilke inngangsfaktorer for både okkupasjon og transformasjon i SimaPro som er brukt for å modellere de tre arealbrukstypene benyttet i denne oppgaven.

	Okkupasjon	Transformasjon
Veg	Occupation, traffic area, road network	Transformation, to traffic area, road network
Hyttetomt	Occupation, urban, discontinuously built	Transformation, to urban, discontinuously built
Friområde	Occupation, urban, green areas	Transformation, to urban, green areas

For hver av de tre hyttetypene oppretter jeg en prosess med inngangsfaktorer fra bakgrunnsdatabasen i SimaPro basert på Tabell 6 og Tabell 7. Deretter normaliserer jeg de ulike arealbrukstypene på det totale arealet hyttetypen trenger før jeg ganger okkupasjonsarealene med så lenge jeg i kapittel 3.5 antar arealbruken vil vare (100 år). Dette er nødvendig for okkupasjonsarealet og ikke transformasjonsarealet fordi tiden det tar for et område å vokse tilbake til slik det var før en endring i arealbruk er definert av hvilken tilstand arealet er i da det begynner å gro tilbake mens hvor lenge et areal er okkupert kommer helt an på den som okkuperer det (i dette tilfellet hytta). Disse prosessene har så en utgangsfaktor 1 m² arealbruk fra tradisjons-, seter- og urbanhytte.

3.4 Energi

I denne delen av metoden skal jeg beskrive energibruken til hytta, en energibruk som avgrenses til energi fra bruksfasen av hytta. Dette inkluderer elektrisitets- og vedforbruket og ekskluderer energien som går med under konstruksjon og destruksjon av hytta, samt vedlikehold og eventuell lokal energiproduksjon (f.eks. solceller). Den største svakheten med denne avgrensningen kan være at det ofte går med mye energi når en bygning bygges, kanskje også i enda større grad når det kommer til hytter fordi arbeidsfolket og utstyret må transporteres lengre og kanskje langs dårligere veier slik at det må benyttes mindre kjøretøy og slik kjøres flere turer enn om det var en urban bolig.

Slik dagens energisituasjon på hytta er, rapporterer Wahl (2007) at alle andre energikilder enn ved og elektrisitet er neglisjerbare slik at det antagelsen om å la være å inkludere andre energikilder i

bruksfasen styrkes. Samtidig sier Wahl at solceller i framtiden kan få en viktigere rolle slik at det i et framtidsscenario burde tas høyde for at ikke alt av elektrisitet kommer fra strømmettet. Men det er ikke innenfor denne oppgavens omfang å vurdere ulike energiløsninger for seter- eller urbanhytta, dette er det en annen masteroppgave ved NTNU våren 2019 som ser på (Gørbitz, 2019), denne med fokus på seterhytta.

Statistikk på strøm og vedforbruk finnes, Aall (2011) beskriver strømforbruket til norske hytter på nasjonal basis og SSB (2017) har samlet data på vedforbruket. I tradisjonshytta bruker jeg denne dataen direkte fordi den representerer dagens hyttebebyggelse, noe tradisjonshytta er ment å være. Tallene som hos både SSB og Aall er fra hele landet er delt på antallet hytter i Norge slik at jeg sitter igjen med et nasjonalt gjennomsnitt. Dette kan problematiseres med at det i Norge fortsatt finnes en del eldre hytter med en helt annen energiprofil enn den mer moderne hytta som bygges i 2019, for eksempel finnes det fortsatt hytter som ikke er tilkoblet strøm (Wahl, 2007). I tillegg inkluderer denne statistikken både sjø- og fjellhytter, slik at en eventuell forskjell i energiforbruk fra disse to ikke differensieres.

Energibruket til tradisjonshytta er hentet direkte fra energiforbruket beskrevet i Aall (2011) og vedforbruket i SSB (2017). Vedforbruket i SSB er oppgitt både i teoretisk energiinnhold og i levert energi, og siden jeg er ute etter hvor mye ved som brukes, og ikke hvor mye energi som leveres fra veden, bruker jeg det teoretiske energiinnholdet her. Energien som leveres til hytta vil også være avhengig av effektiviteten til ovnen veden forbrennes i, slik at disse tallene gir grunnlag for større usikkerhet i min analyse enn hva det teoretiske energiinnholdet gjør. Videre finner jeg det rimelig å anta at siden seterhytta er bygd på samme måte som tradisjonshytta har den totalt sett et likt energibehov per kvadratmeter som tradisjonshytta (totalt levert energi pr kvadratmeter er den samme). Men siden tradisjonshytta dekker deler av dette behovet med vedfyring og seterhytta ikke gjør det erstatter jeg den leverte energien pr. kvadratmeter fra vedfyring i tradisjonshytta med tilsvarende mange kWh pr. kvadratmeter elektrisitet for seterhytta. Det er også i resultatene vist hva effektene av å bytte ut vedforbruket for tradisjonshytta med elektrisitet på samme måte som for seterhytta.

Siden urbanhytta bygges på en helt annen måte enn hva de to andre hyttetyperne gjør benytter jeg meg av en annen kilde når jeg skal finne tall på energiforbruket her. Tallene jeg da legger til grunn er de Gustavsson et al. (2010) selv finner at høyblokken deres bruker. Utfordringene med dette er at dataene er for en boligblokk og ikke en «hytteblokk» og at bygget har en annen geografisk beliggenhet og i et land som potensielt har en annen energikultur enn norske hyttebrukere. Den geografiske beliggenheten mener jeg å ha løst gjennom å legge til ekstra isolasjon i materialdelen, derfor gjør jeg ikke noe med energibruken i forhold til det. Når det kommer til forskjeller i energikultur er ikke dette noe som faller innenfor oppgavens omfang. At dataene kommer fra en boligblokk tenker jeg i utgangspunktet er et problem fordi det betyr en annen bruk enn om det hadde vært en hytte, men siden urbanhytta har et mål om å være 365-dagers hytte (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017) og at hyttene som vist i kapittel 2.1 har en tilnærmet like høy teknologisk standard som vanlige boliger trenger ikke dette egentlig være noe problem. Tabell 8 oppsummerer de verdiene for energibruk jeg benytter for alle tre hyttetyperne.

Tabell 8 viser energiforbruket til de tre hyttetyperne fordelt på m2 overflateareal og fordelt på energikilde. Vedforbruket er hentet fra SSB (2017), elektrisitetsforbruket er hentet fra Aall (2011) for tradisjonshytta og en kombinasjon av de SSB (2017) og Aall (2011) for seterhytta. For urbanhytta er elektrisitetsforbruket hetet fra Gustavsson (2010). Utdypende informasjon finnes i vedlegg 1, kapittel 4.

	Elektrisitet	Ved
Tradisjonshytta	84,5 kWh/m2/år	61,2 kWh/m2/år
Seterhytta	95 kWh/m2/år	-
Urbanhytta	97 kWh/m2/år	-

I SimaPro er elektrisiteten modellert med prosessen «Electricity, low voltage {NO}| market for | Alloc Def, U». Dette er en strømmiks med lave klimagassutslipp sammenlignet med mange andre som reflekterer tilstanden i norsk energisektor i dag. Hvorvidt dette er en god representasjon i framtiden etter hvert som Norge utveksler mer strøm med land som har mer CO2-intensiv strømmiks er usikkert, og siden livstiden til hytta er satt til 50 år (se kapittel 3.5) kan det være verdt å se på effekten av at strømmiksen i framtiden kan bli mer CO2-intensiv. Derfor har jeg også sett på effektene av dette ved å i SimaPro bytte ut den norske prosessen med «Electricity, low voltage {RoW}| market for | Alloc Def, U» som kanskje også har urealistisk høye klimagassutslipp, men som da haller viser et verst tenkelig utfall for å få et perspektiv på hva strømmiksen har å si totalt sett.

3.5 Hyttebruk

I denne delen av metoden beskrives det hvordan de fire delene, materialer, transport, areal og energi normaliseres etter den funksjonelle enheten persondøgn og settes sammen til et samlet hyttebruk. Til slutt vil det også gis en kort introduksjon til hvordan resultatene av analysen vil bli presenter.

Det første som da må defineres er hvor mange persondøgn hver av de tre hyttetyperne har. Her har jeg i resultatene sett på to muligheter, den ene er at alle hyttene har 100 bruksdøgn, den andre er som følger. For tradisjonshytta har jeg benyttet tall fra Hytteundersøkelsen i Oppdal (Jystad, 2015), denne sier at antallet døgn hytta er i bruk er 57, og at den i gjennomsnitt brukes av 3,3 personer. Dette gir et antall persondøgn på 188. For seterhytta blir det annerledes fordi det her er flere hytteenheter som deler felles løsninger som for eksempel skismørebod. I tillegg deler de en tomt, slik at jeg ikke bare kan ta antallet persondøgn for en hytteenhet, men også trenger antallet persondøgn for setertunet samlet. For å finne dette ser jeg for meg at seterhytta brukes i alle helger og større skoleferier, nærmere beskrivelse av dette finnes i kapittel V.1.5.2, slik at jeg ender med 140 bruksdøgn for 8 enheter med gjennomsnittlig antall besøkende som for tradisjonshytta (3.3 personer). Dette gir 462 persondøgn for en seterhytteenhet og 3696 for hele setertunet samlet. Antallet persondøgn for urbanhytta beregnes nesten helt likt som for seterhytta. Jeg tar utgangspunkt i 365-dagersmålet, men velger å være litt mer konservativ i forhold til resultatene og setter antall bruksdøgn til 300. Antall enheter setter jeg til 16 med 3,3 personer per bruksdøgn, likt som for begge de to andre hyttetyperne. Detaljer bak dette kan finnes i kapittel V.1.5.3 og gir 990 persondøgn per urbanhytteenhet og 15 840 persondøgn for hele urbanhytta. Formlene under oppsummerer hvordan persondøgnene for de tre hyttetyperne er beregnet.

$$\begin{aligned} \text{Persondøgn tradisjonshytta} &= \text{Antall døgn hytta er i bruk} * \text{Antall personer på hytta} \\ &= 57 \text{ døgn} * 3,3 \text{ personer} = 188 \text{ persondøgn} \end{aligned}$$

Persondøgn seterhytta

$$\begin{aligned} &= \text{Antall hytteenheter på setertunet} * \text{Antall døgn hver hytteenhet er i bruk} \\ &* \text{Antall personer som bruker hytteenheten samtidig} \\ &= 8 \text{ hytteenheter} * 140 \text{ døgn} * 3,3 \text{ personer} = 3696 \text{ persondøgn} \end{aligned}$$

Persondøgn urbanhytta

$$\begin{aligned} &= \text{Antall hytteenheter i leilighetskomplekset} \\ &* \text{Antall døgn hver hytteenhet er i bruk} \\ &* \text{Antall personer som bruker hytteenheten samtidig} \\ &= 16 \text{ hytteenheter} * 300 \text{ døgn} * 3,3 \text{ personer} = 15\,840 \text{ persondøgn} \end{aligned}$$

Disse persondøgnene skal så brukes for å normalisere de fire delene i livsløpsregnskapet; materialer, transport, areal og energi. En oppsummering av dette, hvilke verdier inngangsfaktorene til alle de fire delene for alle de tre hyttetyperne får når de normaliseres på persondøgn, kan sees i Tabell 9. Før jeg kan begynne med det må jeg også ha levetiden til en hytte og en hyttetomt. Islam et al. (2015) og Sharma et al. (2011) rapporterer i sine litteraturstudier av bygnings-LCA livstider for mellom 40 og 100 år, med en stor overvekt av studier som benytter 50 år. Bygninger som lever lengre er gjerne bygninger bygd mere lik høyblokken i Gustavsson et al. (2010) enn boligen i Dokka et al. (2013). Men en livstid på 50-100 år betyr ikke at bygningen står i 50 år, rives også blir tomten forlatt. En livstid for bygninger er ofte satt med utgangspunkt i hvor lang tid det tar før bygget må renoveres såpass mye at det blir en «engangsinvestering» i form av materialer og arbeid som er såpass stor at det tilsvarer å bygge en ny bygning. Det er derfor ikke uvanlig å tenke at etter en viss tid er også hyttene mine pusset såpass mye opp at innsatsen i denne oppussingen tilsvarer innsatsen i å ha bygd en ny hytte. Dette er også en effektiv måte å slippe å gå i detalj på hvordan oppussingen foregår og bare anta at den i sum tilsvarer å bygge nytt.

Når det kommer til hyttebyggingen har jeg ingen grunn til å tenke at den har noen annen livstid enn hva en bolig har. Selv om en tradisjonell hytte på den ene siden brukes sjeldnere enn en enebolig er mange hytter også mer værutsatt enn vanlige boliger. Jeg setter derfor livstiden til selve hyttebyggingen til 50 år for tradisjons- og seterhytta, og 75 år for urbanhytta på bakgrunn av diskusjonen i avsnittet over. Dette kan da være meningsfulle livstider for hyttebyggene, men når det kommer til tomtearealet blir spørsmålet annerledes fordi tomte ikke pusses opp på samme måte som hyttebyggingen. Når hytten først er bygd kommer tomten til å være i bruk fram til hytten ikke står der lengre. Dette er en livstid det er naturlig å tenke at vil være veldig lang, såpass lang at det ikke blir meningsfullt å inkludere den da jeg vil risikere at arealbruken dominerer alle effekter kun fordi livstiden varer evig. Jeg setter derfor en livstid på 100 år.

Med levetidene til både hyttebyggingen og tomte definert kan jeg begynne å normalisere regnskapene, og starter med materialene. Med en levetid på 50 år blir disse å regne som en engangsinvestering siden

oppussing er tatt høyde for i livstiden. Materialene må da fordeles over alle persondøgnene for hele livstiden til hytta:

- For tradisjonshytta blir dette 50 år ganger 188 persondøgn pr. år.
- For seterhytta må jeg også ta høyde for fellesfunksjonene slik at det materialbruket jeg skal normalisere ikke bare blir materialbruket for en hytteenhet, men for alle enhetene på tunet inkludert fellesbygget. Deretter fordeles dette på 50 år ganger 3696 persondøgn pr. år.
- For urbanhytta er hele leilighetskomplekset allerede inkludert i materialregnskapet slik at det bare er å fordele det på 75 år og 15 840 persondøgn pr. år.

Transporten skiller seg litt ut fra resten av regnskapene fordi den ikke avhenger av selve hytta. Det som er viktig for transporten er heller hvor lenge man er på hytte når man først er der. Jeg har antatt at et gjennomsnittlig hytteopphold varer i tre døgn, dette baserer jeg på at en helg varer i overkant av to døgn (fredag ettermiddag til søndag kveld), en langhelg gjerne i overkant av tre (man har fri på fredag eller mandag og kan reise opp/ned en dag tidligere/senere) og andre ferier opp mot og kanskje over en uke. Dette gjør at personkilometerne til og fra hytta (som allerede er fordelt på antall personer gjennom enheten personkm) må deles på antallet dager hytteturen varer (tre døgn). Denne utregningen vil være lik for alle de tre hyttetypene. I tillegg har jeg sett på hva som skjer når jeg øker dette tallet fra tre til sju døgn.

Videre er det arealbruken som skal normaliseres og det gjør jeg veldig likt som for materialene. Den eneste forskjellen er at arealbruken har en annen livstid enn hva den fysiske hytta har. Normaliseringen for arealbruken vil da se ut som følger:

- For tradisjonshytta fordeles 1000 m² tradisjonshytteareal på 100 år ganger 188 persondøgn pr. år.
- For seterhytta fordeles 2500 m² seterhytteareal på 100 år ganger 3696 persondøgn pr. år.
- For urbanhytta fordeles 400 m² urbanhytteareal på 100 år ganger 15 840 persondøgn pr. år.

Til slutt er det energibruket som skal normaliseres. Dette er oppgitt i m² pr. år, slik at jeg ikke er avhengig av noen livstid, kun størrelsen på hytta. For tradisjons- og seterhytta knyttes også energibruket kun opp mot den enkelte hytteenheten slik at jeg ikke trenger å bry meg om antallet enheter, men for urbanhytta må jeg det. Energibruket blir da normalisert på følgende måte:

- For tradisjonshytta ganges energiforbruket opp med 93,8 m² og deles på 188 persondøgn.
- For seterhytta ganges strømforbruket opp med 60 m² og deles på 462 persondøgn. Jeg har ikke prøvd å legge til ekstra energibruk for fellesbygningen.
- For urbanhytta ganges strømforbruket opp med det totale arealet for hele leilighetskomplekset fordi oppgang og andre fellesarealer også må fordeles på alle enhetene. Dette blir 1200 m² som fordeles på 15 840 bruksdøgn.

Tabell 9 viser hvilken verdi hvert enkelt livsløpsregnskap skal normaliseres på for at de fire regnskapene skal kunne settes sammen til en hyttemodell under den funksjonelle enheten «persondøgn». Hva som ligger til grunn for alle tallene er beskrevet over og i vVedlegg 1. Enhet er persondøgn^{-1} .

	Tradisjonshytta	Seterhytta	Urbanhytta
Materialer	1,06E-04	5,41E-06	8,42E-07
Transport	0,33	0,33	0,33
Areal	0,0532	0,00676	2,53E-04
Energi	0,499	0,13	0,0758

Det er mange antagelser og deler som kan endres i denne oppgaven, og før jeg starter med å presentere resultatene mine vil jeg fortelle hvilke resultater jeg kommer til å presentere. På grunn av alle variablene denne oppgaven inneholder kommer jeg til å presentere to situasjoner i resultatene. Den ene situasjonen er hvor alle tre hyttetyper har tilnærmet like antagelser. Dette innebærer likt antall bruksdøgn pr hytteenhet (100), samme transportmetode (bil) og kun elektrisitet som energiforsyning. Deretter vil jeg se på effektene av å endre på disse og andre antagelser før jeg i den andre situasjonen presenterer effektene fra hyttetyperne slik som dette metodekapitlet definerer dem.

4 Resultat

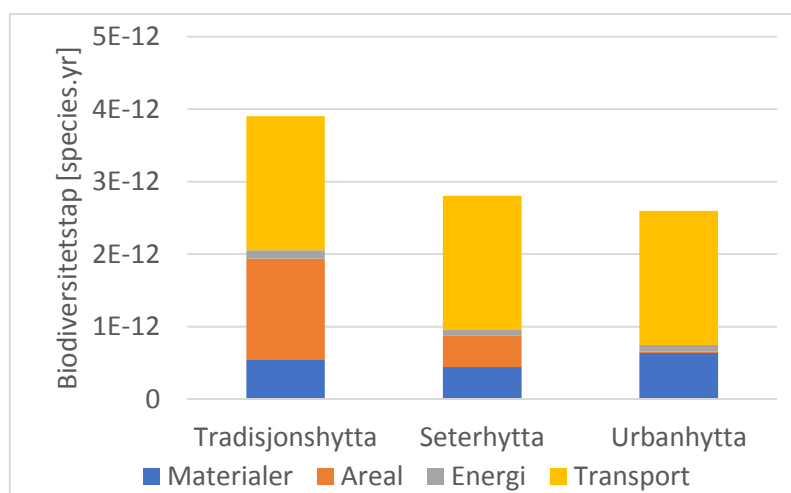
I dette kapitlet skal jeg presentere en rekke resultater fra livsløpsvurderingen jeg har gjennomført. Jeg kommer først til å i **4.1 materialregnskap** gå gjennom materialregnskapene for hver av de tre hyttetypene (tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta). Deretter går jeg over på biodiversitetstapet og en sensitivitetsanalyse av utvalgte antagelser som kan ha betydning for resultatet samt en sammenligning av de tre hyttetypene i **4.2 biodiversitetstap**. Til slutt presenterer jeg resultatene fra de to viktigste driverne av biodiversitetstapet, først arealbruksresultatene både for areal okkupert som landbruk, areal okkupert som urbant og transformasjon av naturlig areal i **4.3 arealbruk**, så klimagassutslippene i **4.4 Global oppvarming**.

4.1 Materialregnskap

I denne delen av resultatene vil jeg presentere materialinngangsfaktorene for de tre hyttetypene. Det jeg da kommer til å presentere er materialregnskapet for en enhet av de ulike hyttene; en tradisjonshytte, en seterhytte (av de åtte på setertunet) og en urbanhytteleilighet (av alle leilighetene i leilighetskomplekset). Tabell 10 viser dette regnskapet mens Tabell V1-3 og Tabell V1-4 viser de samme tallene bare normalisert på areal for de ulike hytteenheterne.

4.2 Biodiversitetstap

For å sette konteksten presenterer jeg først resultatet av analysen når hyttetypene er modellert mest mulig likt. Dette innebærer at alle hyttetypene har 100 bruksdøgn pr. hytteenhet, alle kjører bil til hytta og at alle kun bruker elektrisitet som energikilde. Figur 6 viser biodiversitetstapet fra de tre forskjellige hyttetypene brutt opp i de fire livsløpsregnskapene når hyttetypene er forsøkt modellert slik. Det jeg leser ut av denne figuren er at tradisjonshytta har størst biodiversitetstap og at forskjellen mellom den og de to andre (seter- og urbanhytta) er stor. Hyttetypen som har nest størst biodiversitetstap er seterhytta men forskjellen mellom den og urbanhytta ikke er like betydelig. Videre er det tydelig at transportmetoden har mye å si for alle tre hyttetypene. Deretter varierer det ved at tradisjonshytta har et stort bidrag fra den direkte arealbruken, urbanhyttas nest største bidrag kommer fra materialene og for seterhytta er bidraget fra materialene og den direkte arealbruken omtrent like stort.



Figur 6 viser biodiversitetstapet fra de tre hyttetypene når alle hyttetypene har 100 bruksdøgn, har bil som transportmiddel, kun bruker elektrisitet som energikilde og har gjennomsnittlig 3 dagers opphold på hytta av gangen. Biodiversitetstapet er brutt opp i de fire regnskapene og normalisert på den funksjonelle enheten persondøgn.

Tabell 10 viser materialregnskapet for en enhet av de tre forskjellige hyttetyperne. En tradisjonshytte, en seterhytte (av de åtte på setertunet) og en urbanhytteleilighet (av alle leilighetene i leilighetskomplekset). Kolonnen helt til venstre viser navnet inngangsfaktoren har i SimaPro.

		Tradisjonshytte	Seterhytte	Urbanhytte
Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for Alloc Def, U	m3	18,76	12,00	
Concrete, 30-32MPa {GLO} market for Alloc Def, U	m3			3,96
Concrete, 35MPa {GLO} market for Alloc Def, U	m3			83,61
Concrete, 50MPa {GLO} market for Alloc Def, U	m3			9,69
Limestone, crushed, for mill {GLO} market for Alloc Def, U	kg			22 425,35
Limestone, crushed, for mill {GLO} market for Alloc Def, U	kg			10,31
Polystyrene foam slab for perimeter insulation {GLO} market for Alloc Def, U	kg	888,29	568,20	328,58
Polyethylene, low density, granulate {RER} production Alloc Def, U	kg	51,97	35,62	
Polypropylene, granulate {GLO} market for Alloc Def, U	kg			2,16
Polyurethane, rigid foam {GLO} market for Alloc Def, U	kg			134,89
Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Alloc Def, U	kg			9,72
Synthetic rubber {GLO} market for Alloc Def, U	kg			3,46
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER} market for Alloc Def, U	m3	13,61	9,68	6,30
Sawnwood, hardwood, kiln dried, planed {RER} market for Alloc Def, U	m3			1,27
Glued laminated timber, for indoor use {GLO} market for Alloc Def, U	m3			21,53
Steel, low-alloyed {GLO} market for Alloc Def, U	kg	1 472,66	942,00	
Reinforcing steel {GLO} market for Alloc Def, U	kg			6 134,25
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Alloc Def, U	kg			53,51
Glass wool mat {GLO} market for Alloc Def, U	kg	1 637,70	1 143,85	
Rock wool {GLO} market for Alloc Def, U	kg			2 689,39
Gypsum plasterboard {GLO} market for Alloc Def, U	kg	1 879,71	1 365,25	7 628,31
Kraft paper, unbleached {GLO} market for Alloc Def, U	kg	87,21	69,75	
Flat glass, coated {GLO} market for Alloc Def, U	kg	3 139,28	2 510,80	1 103,10
Ceramic tile {GLO} market for Alloc Def, U	kg	2 166,00	1 432,00	427,93
Fibreboard, soft {GLO} market for Alloc Def, U	m3	1,88	1,20	
Particle board, for indoor use {GLO} market for Alloc Def, U	m3			0,42
Plywood, for indoor use {RER} market for Alloc Def, U	m3			0,04
Concrete roof tile {GLO} market for Alloc Def, U	kg	4 408,60	2 820,00	
Oriented strand board {GLO} market for Alloc Def, U	m3	2,81	1,80	
Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {GLO} market for Alloc Def, U	kg			108,05
Adhesive mortar {GLO} market for Alloc Def, U	kg			2 245,82
Acrylic filler {GLO} market for Alloc Def, U	kg			309,90
Fibre cement roof slate {GLO} market for Alloc Def, U	kg			1,64
Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for Alloc Def, U	kg			33,68

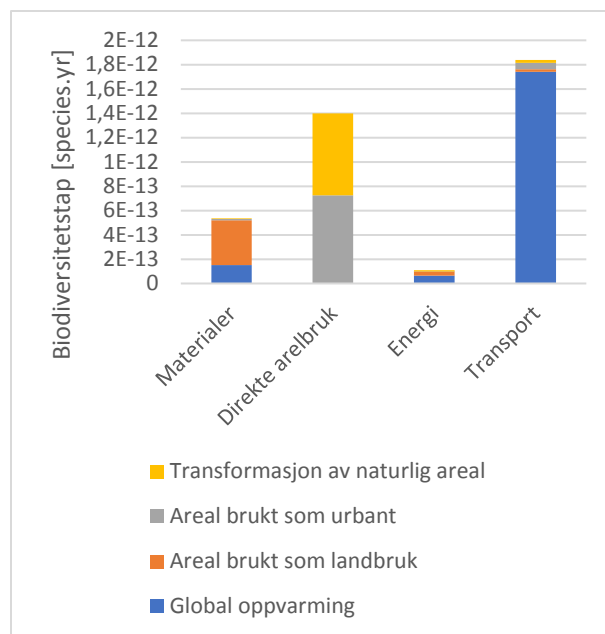
4.2.1 Tradisjonshytta

I denne delen av resultatet vil jeg se nærmere på tradisjonshytta og først se på hvilke mellompunktskategorier som utgjør biodiversitetstapet. Jeg vil deretter se på effektene av å variere antagelsene gjort i figur 6 slik at tradisjonshytta blir slik den er beskrevet i kapittel 2.8.1 og 3.

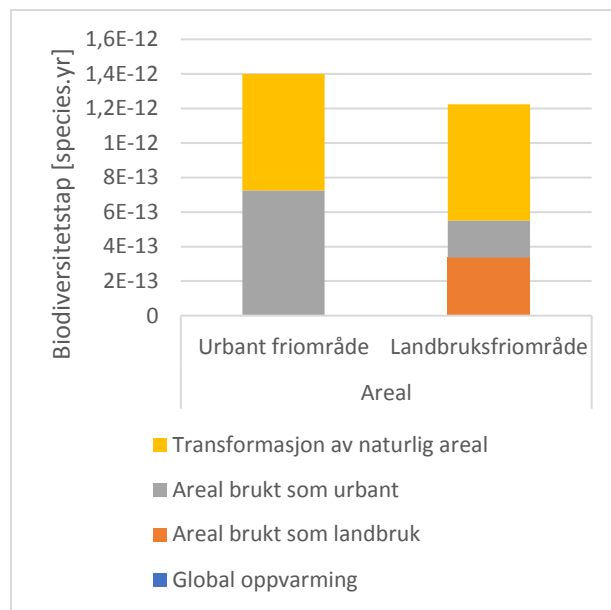
Tidligere, i kapittel 1, har jeg vist til at arealbruken fra norske hytter er stor og at dette kan ha konsekvenser for biodiversiteten i området. Men arealbruk er ikke det eneste som skaper biodiversitetstap og i Figur 6 er alle ni mellompunktskategoriene¹ SimaPro regner seg fram til inkludert. Av disse ni er det fire som skiller seg ut som de med desidert størst betydning for biodiversitetstapet; global oppvarming (climate change), areal okkupert som landbruk (agricultural land occupation), areal okkupert som urbant (urban land occupation) og transformasjon av naturlig areal (natural land transformation). De øvrige 5 mellompunktskategoriene er for små til at jeg finner dem verdt å bruke tid på.

Figur 7 viser disse fire mellompunktskategoriene og hvordan hver enkelt bidrar til effektene fra de fire delene av regnskapet. Det som sees her er at det ikke bare er arealbruk som driver biodiversitetstapet fra hytta, men at global oppvarming også er en betydelig driver. Det er også verdt å merke at det er fra transporten at den globale oppvarmingen har desidert størst betydning og at det er ulike former for arealbruk som er viktigst for de andre regnskapene. Energibruken skiller seg ut og har liten betydning her. Det jeg videre skal se på, med utgangspunkt i Figur 7, er antagelsene jeg har gjort i de fire regnskapene. For tradisjonshytta har jeg endret på antagelsene jeg har gjort om arealbruk, hvilken transportmetode som benyttes, om det fyres med ved eller ikke, hvor lenge hver hyttetur varer og hvor mange bruksdøgn tradisjonshytta har.

Det første jeg skal variere er hvordan jeg har definert arealbruken. Den arealbruken jeg da ønsker å se nærmere på er det direkte arealbruket og friområdet inne på reguleringsplanen for hyttefeltet. Endringen jeg da har gjort er



Figur 7 viser biodiversitetstapet til tradisjonshytta fordelt på de fire regnskapene og på de fire mest betydelige mellompunktskategoriene under antagelsene 100 bruksdøgn, bil som transportmiddel, urbant friområde, elektrisitet som energikilde og 3 dager opphold på hytta



Figur 8 viser effektene av å endre definisjonen av friområdet fra en type med lav biodiversitet (urbant) til en type med høy biodiversitet (på arealbruksregnskapet alene) brutt opp i de fire mest fremtredende mellompunktskategoriene.

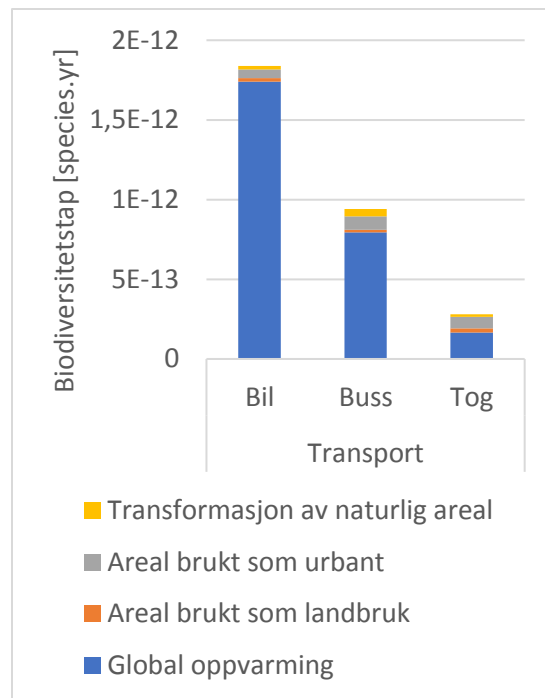
¹ Climate change Ecosystems, Terrestrial acidification, Freshwater eutrophication, Terrestrial ecotoxicity, Freshwater ecotoxicity, Marine ecotoxicity, Agricultural land occupation, Urban land occupation, Natural land transformation.

å anta at friområdet okkuperes som landbruk istedenfor som urbant som det er i Figur 7 (hvilke SimaPro-prosesser som er byttet ut kan sees i Tabell V1-16). For en repetisjon av hva areal okkupert som landbruk og urbant er referer jeg tilbake til de siste avsnittene i kapittel 2.2. Det vi da ser i Figur 8 er at det totale biodiversitetstapet blir mindre, noe som forklares ved at areal brukt som landbruk har høyere økosystemkvalitet enn hva areal brukt urbant. Reduksjonen skyldes med andre ord ikke at arealbruken blir mindre, men at den nye typen bruk har lavere konsekvenser. For hele systemet tilsvarer dette en økning av biodiversitetstapet på 5%. Den neste sensitiviteten jeg skal se på er effektene av å variere transportmetoden til og fra tradisjonshytta.

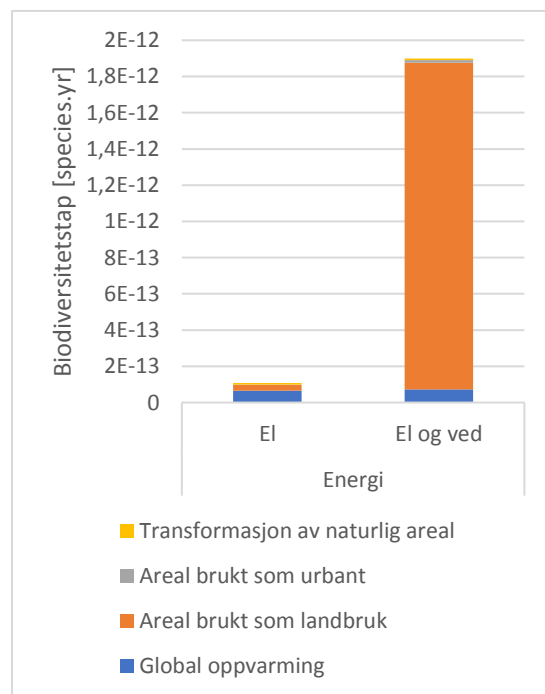
Istedenfor å bare kjøre bil har jeg også sett på muligheten for enten å ta buss eller tog til og fra tradisjonshytta. Når jeg sammenligner dette går jeg tilbake til å ha friområdet som urbant. Figur 9 viser hva som skjer med effektene fra transportregnskapet når transportmetoden endres fra bil til enten buss eller tog. Trenden er tydelig i at det å ta tog har ca. halvparten så store effekter som å ta buss, som igjen har ca. halvparten så store effekter som å kjøre bil. For hele modellen samlet tilsvarer det å velge buss istedenfor bil en 20% reduksjon i biodiversitetstapet og det å velge tog gir en 40% reduksjon. Hvilken transportmetode man velger til hytta har med andre ord mer å si for biodiversitetstapet enn om friområdet mellom hyttene ligner mer på et byggefelt hjemme enn en gresslette. Den neste antagelsen jeg ser på er energiforsyningen og hva effektene er om det ikke bare er elektrisitet som brukes, men også oppvarming ved hjelp av ved.

Figur 10 viser effektene av å også fyre med ved, og ikke bare bruke elektrisitet som energikilde på tradisjonshytta. Det blir her veldig tydelig at vedfyring har mye å si for biodiversitetstapet, og det er arealet brukt som landbruk som er den største mellompunktskategorien som forårsaker dette. Går jeg mere inn i mellompunktskategorien areal okkupert som landbruk er det skogbruken som er den prosessen som bidrar til den voldsomme økningen. Dette kommer av skogsarealet som hogges ned når veden skal produseres. For hele systemet (med antagelsene som i Figur 6) utgjør dette til sammen en 46% økning i biodiversitetstapet. En ting som er verdt å merke seg med denne antagelsen er at jeg har antatt norsk strømmiks, noe som nyanseres i Figur 17. Den neste antagelsen jeg skal se på er hvor ofte tradisjonshytta brukes.

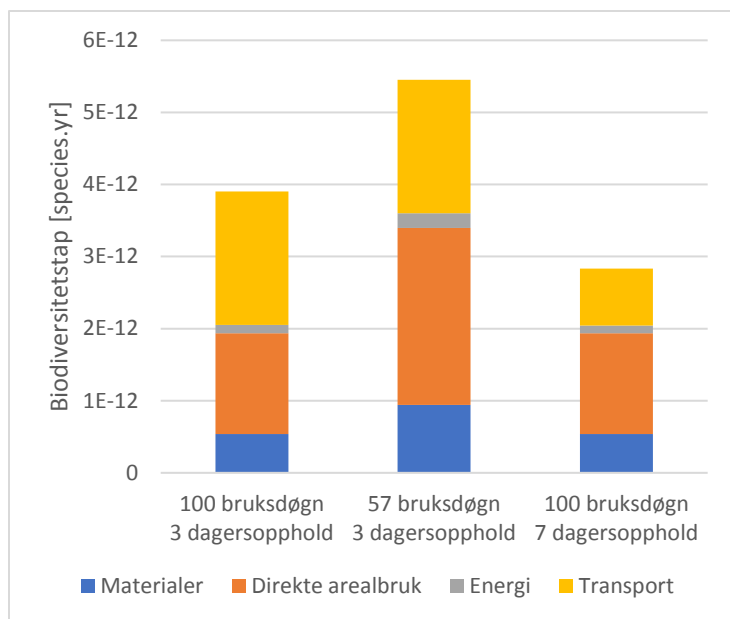
Hittil har jeg sagt at tradisjonshytta har 100 bruksdøgn, men som jeg argumenterer for i kapittel 2.7 er ikke bruken ifølge statistikken så høy. Jeg setter derfor antallet bruksdøgn til 57 og går tilbake til resten av antagelsene i Figur 6. Det som vises i de to første stolpene



Figur 9 viser effektene av å endre måten å transportere seg til og fra tradisjonshytta på for transportregnskapet alene fordelt på de fire mest fremtredende mellompunktskategoriene.



Figur 10 viser effektene av å bytte ut vedfyring med ekstra elektrisitet på hytta sammenlignet med å benytte seg av begge deler for energiregnskapet alene brutt opp i de fire mest fremtredende mellompunktskategoriene.



Figur 11 viser effektene av å redusere antallet bruksdøgn fra 100 til 57 og å øke lengden på hvert opphold fra 3 til 7 dager for Tradisjonshytta. Den viser også hvordan effektene fordeler seg mellom de fire regnskapene.

i Figur 11 er sammenligningen mellom at tradisjonshytta brukes i 100 døgn i løpet av et år og at den brukes i 57 døgn i løpet av et år. Det burde ikke være overraskende at biodiversitetstapet øker når antallet bruksdøgn reduseres fordi de fleste regnskapene er normalisert på antall persondøgn og det blir flere å fordele effektene på når antallet bruksdøgn (og dermed også persondøgn) øker. Når bruksdøgnene reduseres fra 100 til 57 øker biodiversitetstapet med 40%. Det som er verdt å merke seg er at energi- og transporteffektene ikke endres, noe som kommer av at transporten og energien ikke avhenger av antallet persondøgn, men av størrelsen på hytta for energien og lengden på hvert opphold for transporten. Begge disse er satt til å være konstant for samme hyttetype. Det jeg da til slutt vil se på er hva som skjer når lengden på oppholdet endres.

Da øker jeg antallet dager en hyttetur varer fra tre til sju slik at transporteffektene også fordeles over

et større antall persondøgn og blir mindre. Den tredje stolpen i Figur 11 viser dette, merk at resten av regnskapene forblir uendret fra stolpe en (tredagersopphold) til stolpe tre (sjudagersopphold). Dette er fordi at materialene, energien og det direkte arealbruket ikke avhenger av lengden på hvert opphold, men summen av lengden på alle opphold. Totalt utgjør denne reduksjonen i effekter fra transporten 27% av det totale biodiversitetstapet. Til slutt i denne delen av resultatene vil jeg kombinere de antagelsene jeg gjør slik at de til sammen blir den tradisjonshytta som er beskrevet i kapittel 3.

Slik jeg her modellert tradisjonshytta er friområdet urbant, brukeren kjører sin egen bil til og fra hytta og er der 57 døgn i året, gjennomsnittlig 3 døgn av gangen, i tillegg fyres det med ved for å holde varmen. Figur 16 viser både tradisjonshytta under antagelsene listet opp her og antagelsene slik de er i Figur 6. Det er tydelig der at tradisjonshytta med mine antagelser har et mye større biodiversitetstap enn med de like antagelsene. De to viktigste forskjellene er at det benyttes ved som varmekilde og at antallet bruksdøgn er endret fra 100 til 57. Videre i resultatene vil jeg nå se på seterhytta, som er en av de to alternative måtene å bygge og bruke hytte på som kan være med på å redusere biodiversitetstapet fra norsk hyttebebyggelse.

4.2.2 Seterhytta

Jeg vil bygge denne delen av resultatet opp på omtrent samme måte som jeg gjorde i den foregående delen om tradisjonshytta. Først introdusere effekten fra de ulike mellompunktskategoriene, deretter se på hva de ulike antagelsene jeg har gjort har å si for biodiversitetstapet før jeg avslutter med å sammenligne hvordan biodiversitetstapet i Figur 6 ser ut i forhold til de antagelsene jeg gjør om seterhytta.

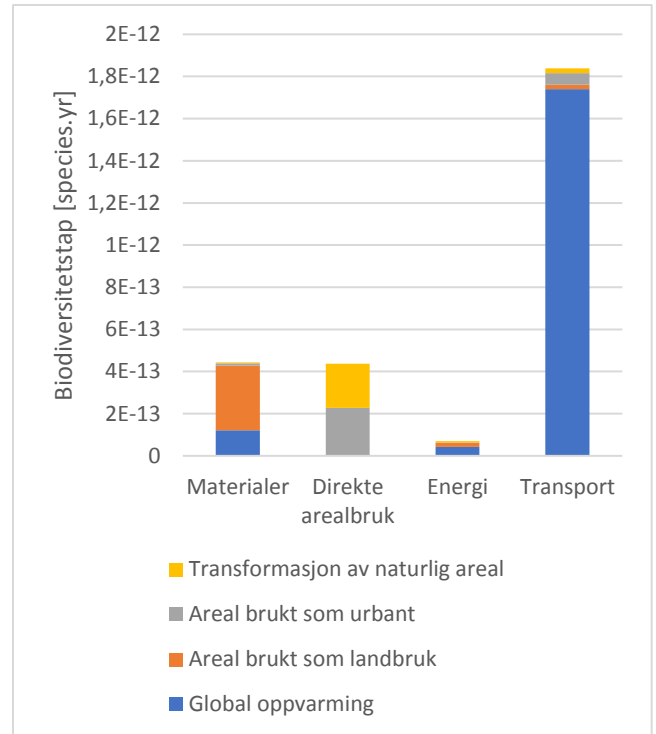
Figur 12 viser biodiversitetstapet fra de fire dele av regnskapet fordelt på de fire mest betydelige mellompunktskategoriene. Sammenligner jeg dette med Figur 7 ser jeg at transporten til og fra hytta er

mer dominerende her, for seterhytta, enn hva den var for tradisjonshytta. Når global oppvarming fortsatt er den mellompunktskategorien som har størst betydning for transporten betyr dette at arealbruk har mindre betydning for seterhytta enn for tradisjonshytta. Det er derfor interessant å se på hva som skjer når transportmetoden endres, men jeg vil også se på effektene av å fyre med ved i seterhytta, øke antallet bruksdøgn i hver enhet samt øke lengden av oppholdet.

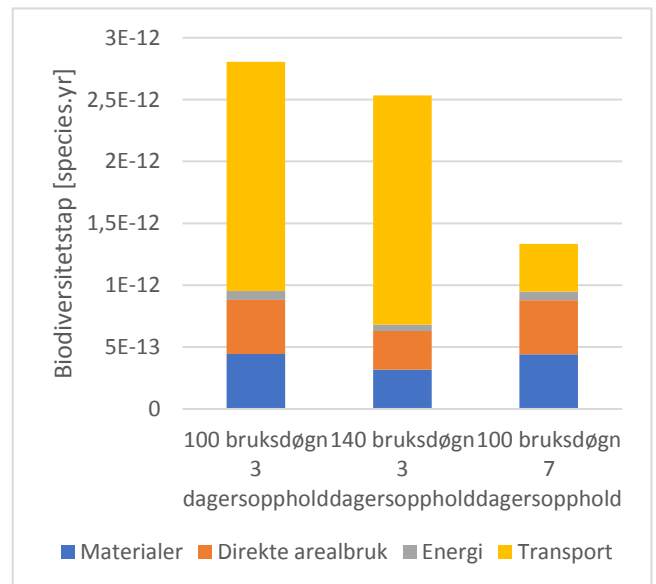
Siden det er transportdelen som er den viktigste bidragsyteren til biodiversitetstapet fra seterhytta starter jeg med å se på denne delen. Resultatet her er stort sett likt som for tradisjonshytta slik det vises i Figur 9, toget kommer bedre ut enn bussen og bussen bedre ut enn bilen. At dette er såpass likt forklares enkelt ved at måten transportmetodene er modellert på er stort sett likt for alle hyttetypene. Forskjellen i modellering ligger i hovedsak i at det for seterhytta ikke trengs noen transport fra bussholdeplassen på hyttesida og til selve hytta, en forskjell som ikke ser ut til å påvirke resultatene nevneverdig. For den totale modellen er det allikevel en forskjell mellom tradisjonshytta og seterhytta fordi transporten totalt sett utgjør en større andel av de totale effektene for seterhytta. Hvis transportmetoden er buss reduseres biodiversitetstapet med 34% i forhold til bil, og toget reduserer det med 60%. Videre skal jeg se på det som betydde mest for tradisjonshytta, nemlig energiforbruket.

Når jeg bytter ut deler av elektrisetsforbruket med vedfyring i samme skala som hos tradisjonshytta er effektene av dette også likt for seterhytta som for tradisjonshytta som vist i Figur 10, vedfyringa øker biodiversitetstapet betraktelig. For hele systemet utgjør dette en 40% økning og gjør at energibruket går fra å være ubetydelig sammenlignet med transporten til å bli omtrent halvparten så stor og dermed den nest største bidragsyteren til biodiversitetstapet.

Når det kommer til antallet bruksdøgn har jeg valgt å øke det til 140 for hver seterhytteenhet i samsvar med det jeg tidligere har skrevet om i kapittel 3.5. På samme måte som for tradisjonshytta er det mulig å forutsi at effektene fra alle regnskapene utenom transporten vil reduseres som følge av dette, noe de to første stolpene i Figur 13 viser effektene av. Resultatet er da en liten, men ikke like betydelig endring som den vi har sett for transport og



Figur 12 viser biodiversitetstapet til seterhytta fordelt på de fire regnskapene og på de fire mest betydelige mellompunktskategoriene under antagelsene 100 bruksdøgn pr. hytteenhet, bil som transportmiddel, elektrisitet som energikilde og 3 dager opphold på hytta av gangen.



Figur 13 viser effektene av å øke antallet bruksdøgn fra 100 til 140 og å øke lengden på hvert opphold fra 3 til 7 dager for seterhytta. Den viser også hvordan effektene fordeler seg mellom de fire regnskapene.

energi. For hele modellen utgjør dette en 10% reduksjon, det er derfor enda mer spennende å se på den tredje stolpen i figuren, som heller viser hva som skjer når hytteoppholdet forlenges.

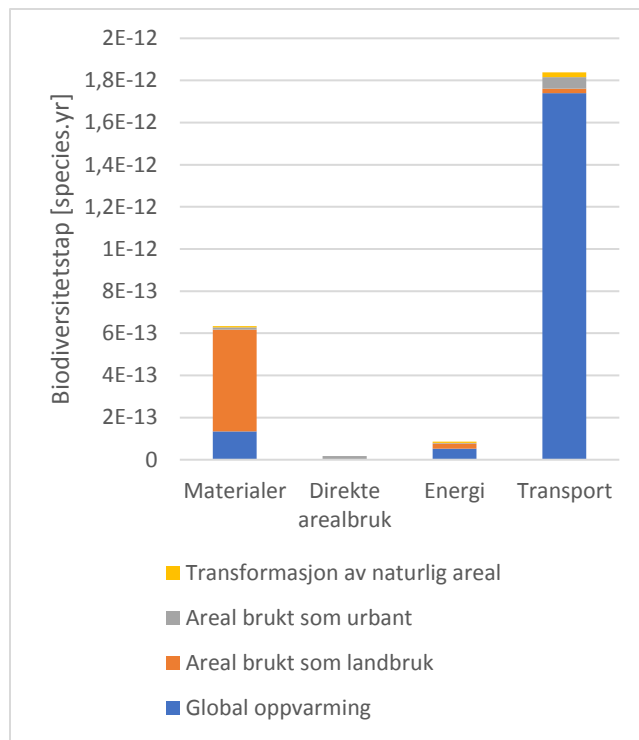
Jeg er tilbake til å ha 100 bruksdøgn, men har økt lengden på oppholdet likt som jeg også gjorde for tradisjonshytta fra tre til sju dager. Effekten av dette er en halvering av det totale biodiversitetstapet som konsekvens av at transporteffektene reduseres. Et resultat som bare bekrefter at tiltak for å redusere biodiversitetstapet fra seterhytta burde rette seg inn mot transporten.

Når jeg samler alle antagelsene jeg gjør om seterhytta som beskrevet i kapittel 2.8.2 og 3 er resultatet slik som vist i Figur 16. I tillegg til å ha sammenlignet tradisjonshytta har jeg også sammenlignet seterhytta på samme måte. Under de ulike antagelsene kommer man seg til seterhytta ved hjelp av buss, man er der i tre dager og bruker bare elektrisitet som energikilde og det totale antallet bruksdøgn er 140 pr enhet pr år. Videre i resultatene skal jeg nå se på urbanhytta, som er den andre alternative måtene å bygge og bruke hytte på som kan være med på å redusere biodiversitetstapet fra norsk hyttebebyggelse.

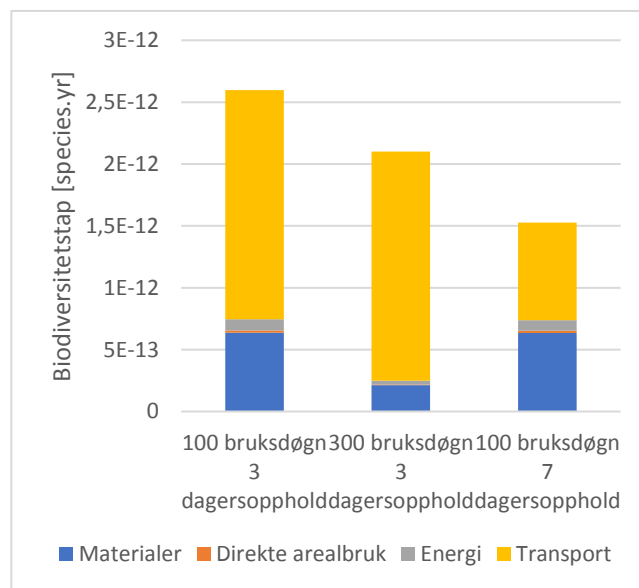
4.2.3 Urbanhytta

Også denne delen av resultatene, om urbanhytta, vil jeg bygge opp ganske likt delen om tradisjonshytta. Jeg kommer til å begynne med å introdusere effekten fra de ulike mellompunktskategoriene, deretter se på hva de ulike antagelsene jeg har gjort har å si for biodiversitetstapet før jeg avslutter med å sammenligne hvordan biodiversitetstapet i Figur 6 ser ut i forhold til de antagelsene jeg gjør om urbanhytta.

Figur 14 viser biodiversitetstapet til urbanhytta fordelt på de fire mellompunktskategoriene på samme måte som Figur 7 gjør for tradisjonshytta og Figur 12 for seterhytta. Det første jeg legger merke til her er at materialene har fått større relativ betydning og at arealbruket sammen med energien nesten ikke har betydning i det heletatt. Dette betyr at det endrede utgangspunktet for materialregnskapet og direkte arealet får utslag. Men i likhet med seterhytta er det transporten med den globale oppvarmingen som bidrar mest. Derfor kommer jeg også nå til å se nærmere på hva ulike transportszenario har å si for biodiversitetstapet, samt



Figur 14 viser biodiversitetstapet til urbanhytta fordelt på de fire regnskapene og på de fire mest betydelige mellompunktskategoriene under antagelsene 100 bruksdøgn pr. hytteenhet, bil som transportmiddel, elektrisitet som energikilde og 3 dager opphold på hytta av gangen.



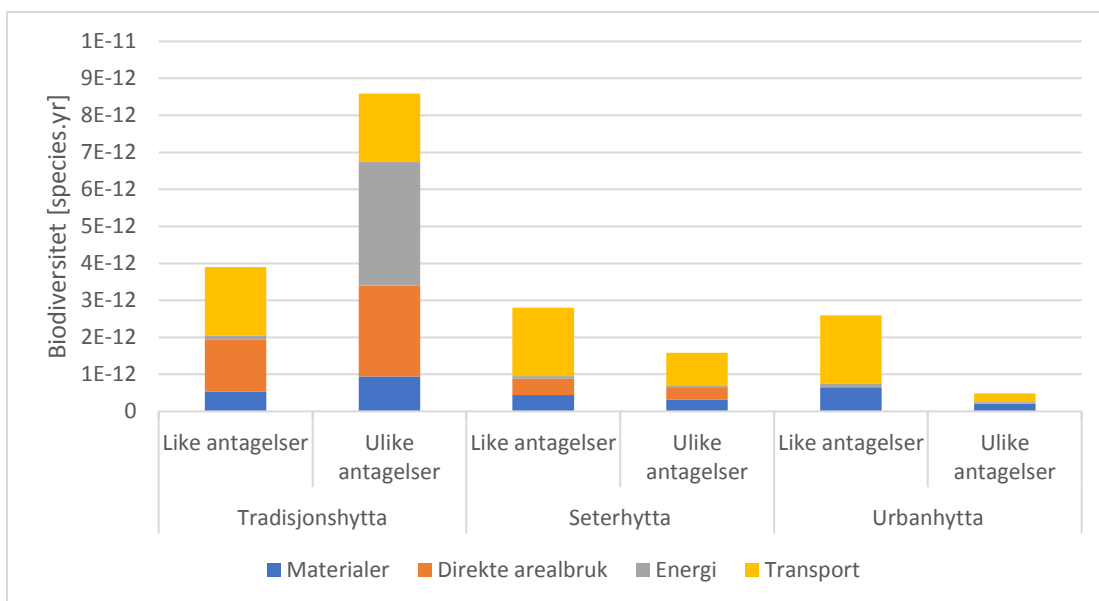
Figur 15 viser effektene av å øke antallet bruksdøgn fra 100 til 300 og å øke lengden på hvert opphold fra 3 til 7 dager for urbanhytta. Den viser også hvordan effektene fordeler seg mellom de fire regnskapene.

hva et lengre opphold har å si. I tillegg vil jeg se på hvordan antallet bruksdøgn endrer biodiversitetstapet.

Som nevnt er transportscenarioene veldig like for alle de tre hyttetyperne og det som skiller urbanhytta fra seterhytta er at det ikke trengs noen transport fra togstasjonen og til urbanhytta. Derfor er Figur 9 en god illustrasjon på forskjellene mellom de tre transportsenarioene også for urbanhytta. De totale endringene er også ganske lik som for seterhytta hvor buss reduserer biodiversitetstapet med 37% og toget med 62%. Dette gjør at når man tar tog til urbanhytta er effektene av dette omtrent de samme som effektene fra materialene.

Videre er det lengden på oppholdet som er endret fra tre til sju døgn. Dette er vist med den tredje stolpen i Figur 15. Transporteffektene reduseres da så mye at det totale biodiversitetstapet går ned med 60%. De to første stolpene i samme figur viser også effektene av å øke antallet bruksdøgn fra 100 til 300 etter argumentasjonen i kapittel 3.5. Denne endringen utgjør bare en 19% reduksjon i biodiversitetstapet til urbanhytta. Det er med andre ord, som sagt tidligere, transporten som har størst betydning for også urbanhytta.

Igen setter jeg alle antagelsene sammen slik at man tar toget til urbanhytta og oppholder seg der 3 dager av gangen, til sammen 300 dager i året for hver hyttenhet. Figur 16 viser også dette på samme måte som for tradisjons- og seterhytta. Reduksjonen i biodiversitetstapet fra urbanhytta er også betydelig som konsekvens av antagelsene mine og dette skyldes i hovedsak at bilen er byttet ut med tog. I de neste avsnittene vil jeg nå se litt på de tre hyttetyperne samlet, i tillegg vil jeg presentere hva som skjer med resultatene for alle hyttetyperne hvor strømmiksen endres.



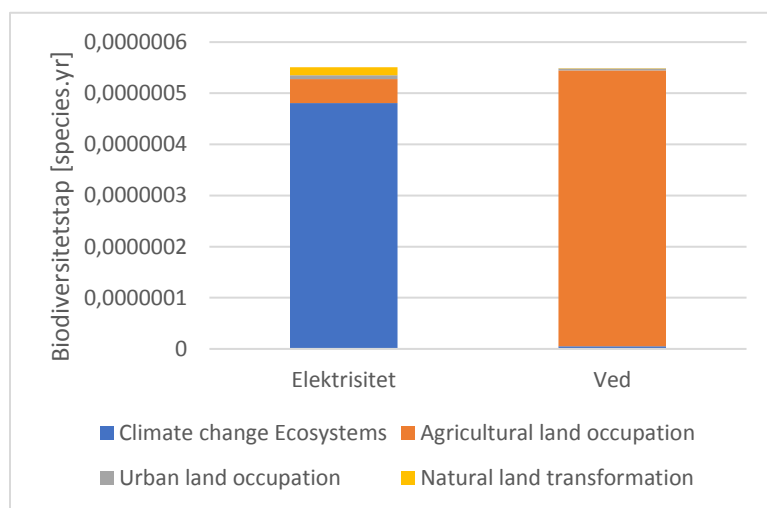
Figur 16 viser for alle tre hyttetyperne forskjellen i biodiversitetstap mellom når alle hyttetyperne har samme antagelser som i figur 1 og når de har de antagelser jeg har satt. Samme antagelser betyr at alle hyttetyperne brukes i 100 døgn, hvert opphold varer i 3 døgn, alle kjører bil til hytta og at alle kun bruker elektrisitet. Ulike antagelser betyr for tradisjonshytta at bruksdøgnene endres til 57 og at deler av elektrisiteten byttes ut med ved. For seterhytta betyr det at bruksdøgnene endres til 140 og transportmetoden endres til buss. For urbanhytta betyr det at bruksdøgnene endres til 300 og transportmetoden endres til tog.

Tabell 11 viser hvordan en endring i seks av de ulike antagelsene påvirker resultatet totalt sett. Prosenttalene er i forhold til at transportmetode er bil (kollonene buss og tog), antallet bruksdøgn er 100 (kollonen bruksdøgn), lengden på oppholder er tre døgn (kollonen 7 dagerstur), at elektrisitet er eneste energikilde (vedfyring) og at friområdet for tradisjonshytta har lav biodiversitet som urbant (kollonen arealbruk)

	Buss (fra bil til buss)	Tog (fra bil til tog)	Bruk av hytta (endret antall bruksdøgn)	7 dagerstur	Vedfyring	Arealbruk
Tradisjonshytta	-20%	-40%	+40% (57 bruksdøgn)	-27%	+46%	-5%
Seterhytta	-34%	-60%	-10% (140 bruksdøgn)	-50%	+40%	-
Urbanhytta	-37%	-62%	-19% (300 bruksdøgn)	-60%	-	-

Det Tabell 11 viser er en oppsummering av hvordan de ulike sensitivitetene jeg har gjennomført for de tre hyttetyperne endrer biodiversitetstapet fra utgangspunktet hvor antagelsene er like. Fra tabellen er det mulig å se at vedfyring og transport har mye å si for biodiversitetstapet. Det er også verdt å merke at endring av transportmetode har mest å si for seter- og urbanhytta og at endringen i bruksdøgn ikke påvirker biodiversiteten like mye for urbanhytta som for tradisjonshytta selv om endringen i antall persondøgn er mye større for urbanhytta (100 til 300 bruksdøgn) enn den er for tradisjonshytta (100 til 57). Figur 16 viser sammenligningen av det totale biodiversitetstapet for de tre hyttetyperne når antagelsene er like og når de er slik jeg har definert dem. Det vi da ser er at så lenge antagelsene er like er også biodiversitetstapet i samme størrelsesorden, men med mine antagelser blir forskjellene veldig mye større. Videre i kapittel 5 kommer jeg til å gå litt dypere inn i de forskjellige delene og forsøke å forklare mer i dybden hvorfor dette blir slik.

En siste betraktning jeg ønsker å gjøre er å se på hva effektene av å endre strømmiks er. I Figur 17 har jeg sammenlignet effektene av å endre strømmiksen til en mer CO₂-intensiv strømmiks sammenlignet med den norske. Dette har jeg bare gjort for en m² tradisjonshytte og ikke noen av de andre hyttetyperne fordi jeg er mest interessert i kun å vite størrelsesordenen på endringen i biodiversitetstap som konsekvens av endret strømmiks. Det jeg da ser er at når strømmiksen blir mindre klimavennlig (mer CO₂-intensiv) vil biodiversitetstapet øke og bidraget fra elektrisiteten vil kunne bli like stort som bidraget fra vedforbruket. Slik blir valget av elektrisitetsmiks like viktig for resultatene som om hytta fyrer med ved eller ikke.

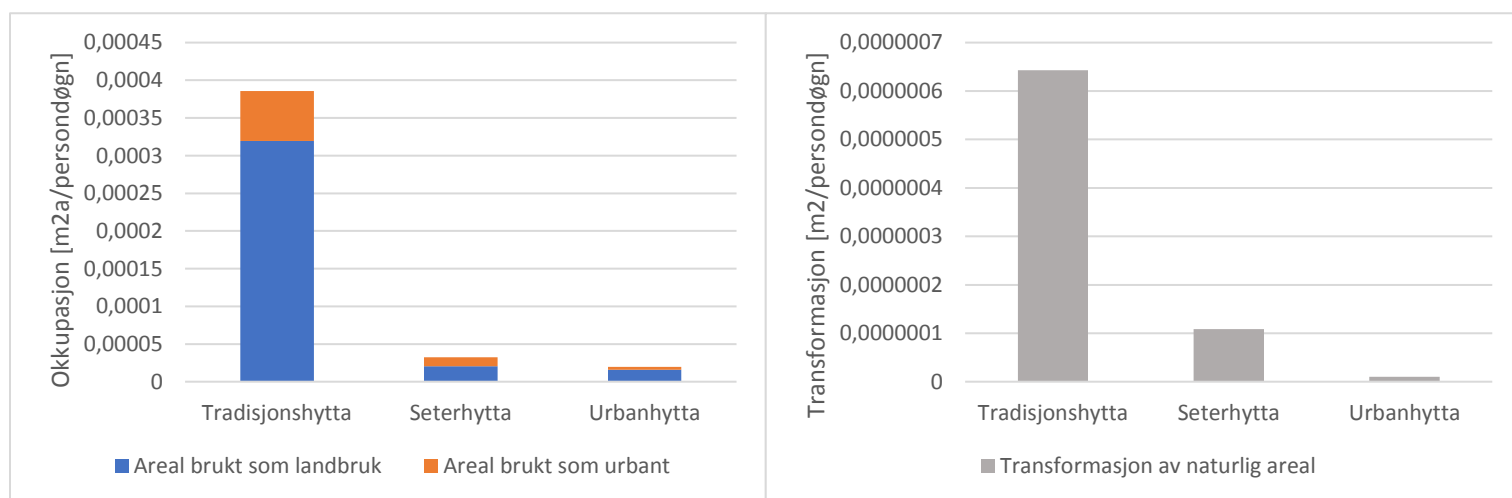


Figur 17 sammenligner biodiversitetstapet fra vedfyring og en elmiks med høye utslipp sammenlignet med norsk elmiks. Begge tallene er oppgitt for pr.m² hytte.

4.3 Arealbruk

I den foregående delen om biodiversitetstapet har materialregnskapene gått gjennom flere omregningssteg, dette øker usikkerheten i resultatene. Kombinerer jeg dette med at det finnes gode innvendinger mot hvordan biodiversitet måles i dagens LCIA synes jeg det også blir viktig å ikke bare presentere endepunktkategorien biodiversitet, men også mellompunktskategorien arealbruk. Denne endepunktkategorien er også interessant fordi hyttens store direkte arealbruk er en av hovedmotivasjonene for å gjennomføre denne oppgaven. Men det er jo også relevant å se på hvordan det indirekte arealbruket ser ut. Det jeg videre kommer til å gjøre i denne delen av resultatene er å presentere arealbruket SimaPro oppgir for tradisjons-, seter-, og urbanhytta. Dette kommer jeg til å oppgi som «areal okkupert som landbruk», «areal okkupert som urbant» og «transformasjon av naturlig areal». De fleste grafene fra denne delen vil være lagt ved i Vedlegg 3 men det mest interessante vil gjengis her med fokus på å beskrive hvordan de ulike hyttetypene presterer ulikt og hva det er (hvilke prosesser) som bidrar til at de gjør det.

I resultatdelen om biodiversitetstap (kapittel 4.2) sjekker jeg resultatene under en del forskjellige antagelser, her har jeg satt disse antagelsene slik at de samsvarer med de «ulike antagelsene» i Figur 16. Det varierer da fra hyttetype til hyttetype hvordan både transformasjon og okkupasjonseffektene ser ut, men det er tydelig fra Figur 18 at tradisjonshytta har det desidert største arealbruket, og at både seter- og urbanhytta presterer vesentlig bedre på både transformasjons- og okkupasjonseffektene



Figur 18 viser to stolpediagram, den til venstre tar for seg okkupasjonseffektene, den til høyre transformasjonseffektene for alle tre hyttetyper.

Først er jeg interessert i å se på hvilke av de fire regnskapene det er som står bak dette arealbruket. Dette viser Figur V3-1 til Figur V3-6. Figur V3-1 til Figur V3-3 viser hvordan okkupasjonseffektene fordeler seg over de fire regnskapene og Figur V3-4 til Figur V3-6 viser hvordan transformasjonseffektene fordeler seg over de samme fire regnskapene.

For okkupasjonseffektene er fordelingen ulik fra hyttetype til hyttetype. Tradisjonshytta domineres av energibruket mens seter- og urbanhytta domineres av materialene. Ellers er fordelingen hos både seter og urbanhytta veldig lik utenom at seterhytta har et bidrag fra det direkte arealbruket som urbanhytta ikke har. En annen ting det er verdt å merke seg ved okkupasjonseffektene er at selv om toget ser ut til å være det beste alternativet totalt sett når biodiversitetstapet sees under ett, er det fortsatt det som skaper de største okkupasjonseffektene av de tre transportmetodene. Men det som kanskje er mest

interessant å merke seg er at det ikke er den direkte arealbruken som dominerer okkupasjonseffektene for noen av hyttetyperne, men at ulike former for indirekte arealbruk ser ut til å være det viktigste.

Når vi ser på transformasjonseffektene er dette snudd på hode, for både tradisjons- og seterhytta er det nå det direkte arealbruket som dominerer. Urbanhytta har null transformasjonseffekter på grunn av måten den er definert på (se kapittel 3.3) slik at den dominerende transformasjonseffekten blir transporten med tog. Transporten er også viktig for seterhytta mens det for tradisjonshyttene nesten ikke er bidrag fra de andre delene av regnskapet.

En interessant indikasjon vi kan få ut fra disse to, okkupasjon- og transformasjonen, er først at når arealbruket reduseres er det et arealbruk fra transport som blir en ny viktig bidragsyter for arealbruk. Men det er også interessant å se hvordan okkupasjonseffektene fra materialene er like betydelige som for det direkte arealbruket. Går jeg videre inn i dataene er det mulig å se hvilke konkrete prosesser som bidrar mest til disse effektene. Først vil jeg presentere dette for okkupasjonseffektene og har delt prosessene inn i fire kategorier for å gjøre datamengden mer oversiktlig:

1. Produkter knyttet til tømmer og skogbruk (for tradisjonshyttene delt i materialer og energi)
2. Direkte arealbruk
3. Transportinfrastruktur
4. Resten

Disse fire kategoriene representerer også de prosessene som gjennomgående for alle hyttetyperne bidrar mest. Det er her verdt å merke seg at produkter knyttet til tømmer og skogbruk er desidert størst for alle de tre hyttetyperne, for tradisjonshyttene er det vedforbruket til fyring som betyr mye mens det for de to andre er tømmeret i selve bygningen som utgjør størsteparten av denne kategorien. Deretter er det den direkte arealbruken som også er stor for tradisjons- og seterhytta, men som nesten ikke er tilstede for urbanhytta. Så er det transportinfrastrukturen som for tradisjonshyttene og seterhytta er den vegen bilen og bussen kjører på, mens det for urbanhytta er arealet okkupert av togsinker. I andel utgjør restkategorien veldig lite for tradisjonshyttene, noe mer for seterhytta og like mye som transporten for urbanhytta, noe som indikerer at det for urbanhytta er mange flere små bidrag enn hva det er for tradisjons- og seterhytta. Tabell 12 oppsummerer hvordan okkupasjonen fordeler seg over de fire kategoriene for alle de tre hyttetyperne, for en grafisk representasjon er det lagt ved sektordiagram som viser det samme i Figur V3-9 til Figur V3-7.

Tabell 12 viser hvordan okkupasjonen fordeler seg over forskjellige typer prosesser for alle de tre hyttetyperne.

Okkupasjon				
		Tradisjonshyttene	Seterhytta	Urbanhytta
Tømmer	Tømmer til energi	66,9 %	54,9 %	68,3 %
	Tømmer til materialer	13,6 %		
Direkte arealbruk		15,8 %	24,1 %	1,5 %
Transportinfrastruktur		1,1 %	11,0 %	15,8 %
Resten		2,7 %	10,0 %	14,4 %

Jeg har også samlet transformasjonseffektene på samme måte bare i fire andre kategorier:

1. Direkte arealbruk
2. Energirelaterte prosesser
3. Transportinfrastruktur
4. Resten

For tradisjons- og seterhytta er det det direkte arealbruket som er desidert størst, for tradisjonshytta utgjør dette så å si hele transformasjonseffektene med over 90% totalt. For seterhytta utgjør også de energirelaterte prosessene en del, men merk at det for seterhytta ikke er noen vedfyring. De energirelaterte prosessene det er snakk om her er arealbruk fra landbasert oljeutvinning samt arealbruk fra vannkraft. For urbanhytta blir det igjen ganske annerledes fordi det ikke er lagt til noe transformasjonsareal knyttet til det direkte arealbruket, derfor er det energiprosessene som er størst (de samme som for seterhytta) og transportinfrastrukturen som er nest størst før resten av prosessene også utgjør over 25% av transformasjonseffektene. Tabell 13 oppsummerer hvordan transformasjonseffektene fordeler seg over de fire kategoriene for alle de tre hyttetypene, for en grafisk representasjon er det lagt ved sektordiagram som viser det samme i Figur V3-10 til Figur V3-11.

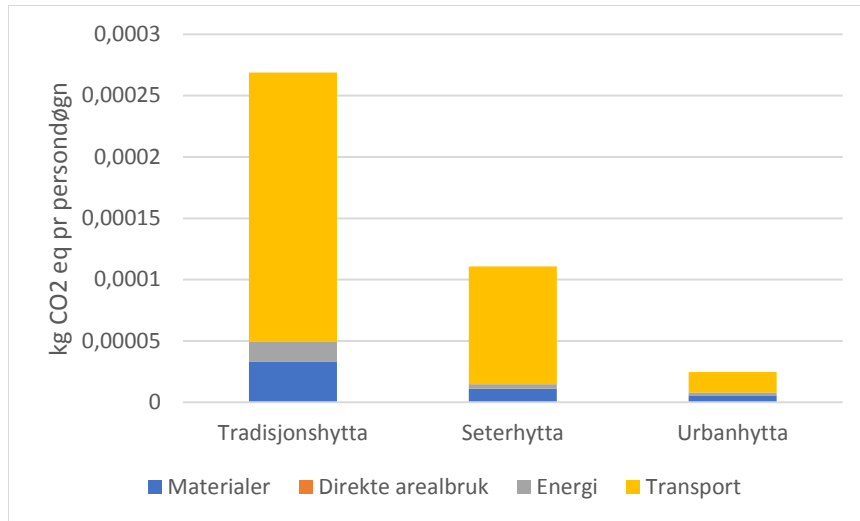
Tabell 13 viser hvordan transformasjonen fordeler seg over forskjellige typer prosesser for alle de tre hyttetypene.

Transformasjon			
	Tradisjonshytta	Seterhytta	Urbanhytta
Direkte arealbruk	93,6 %	70,7 %	0,0 %
Energirelaterte prosesser	4,5 %	24,3 %	46,0 %
Transportinfrastruktur	0,4 %	1,8 %	21,5 %
Resten	1,5 %	3,1 %	32,4 %

4.4 Global oppvarming

Som jeg allerede har nevnt er det ikke bare arealbruk som er med på å drive biodiversitetstapet, global oppvarming er også en viktig bidragsyter for dette. Dette har jeg sett for alle de tre hyttetypene hvor det går igjen at utslipp fra transporten til og fra hytta har stor betydning for biodiversitetstapet. Derfor presenterer jeg også resultatene for mellompunktskategorien global oppvarming her.

Figur 19 viser klimagassutslippene fra de tre hyttetypene fordelt på de fire delene jeg har modellert hyttene med. Som forventet er det transportdelen som dominerer utslippene etterfulgt av materialene og energien. Ser jeg på hvilke prosesser som bidrar mest til disse utslippene er det for tradisjonshytta uten tvil selve bilturen, resten av prosessene blir forsvinnende små i forhold. For seterhytta er det også transporten med bussturen som har størst betydning. For urbanhytta er det SimaPro prosessen «Clinker {RoW}| production | Alloc Def, U» som dominerer som igjen er en bestanddel av sement. For tradisjons- og seterhytta er den samme prosessen også viktig når vi ser bort fra transporten og da er det sementen som brukes i selve bygningen, altså i materialdelen, som er opphavet. For urbanhytta derimot er det sement som går med til jernbaneinfrastrukturen som er den viktigste bidragsyteren.



Figur 19 viser klimagassutslippene pr personøgn fra de tre hyttetyperne fordelt på de fire delene jeg har modellert at hyttene med.

5 Diskusjon

I denne delen av oppgaven skal jeg diskutere både metoden og resultatene i lys av spørsmålet jeg stiller i starten; hvordan mer arealeffektive hyttekonsept endrer biodiversitetstapet av det å være hyttebruker? Dette vil jeg gjøre ved å gå nærmere inn på de fire delene jeg har organisert livsløpsregnskapet mitt i og diskutere styrker og svakheter ved disse (**5.1 Direkte arealbruk, 5.2 Transport, 5.3 Energi og 5.4 Materialer**). Så vil jeg se litt på hvordan jeg tror fritidsaktiviteter ville påvirket biodiversitetstapet (**5.5 Fritidsaktiviteter**). Så kommer det en del som forsøker å sette studien i nasjonal målestokk og ser på hvor stort biodiversitetstapet blir hvis alle Norges hytter var tradisjonshytter (**5.6 En samlet hyttebebyggelse**). Deretter ser jeg nærmere både på arealbruk og global oppvarming som mellompunktkategorier og sammenligne dette med andre, tilgrensende, studier (**5.7 Arealbruk som mellompunktkategori, 5.8 Global oppvarming som mellompunktkategori**) før jeg svarer kort på spørsmålet om dette er realistiske hyttetyper og om det eventuelt vil eksistere noen kjøper av en slik type hytte (**5.9 Hvilken hyttetype vil folk ha?**).

5.1 Direkte arealbruk

Den første av de fire delene jeg vil se nærmere på er det direkte arealbruket. Det er jo dette jeg framholder i introduksjonen (kapittel 1) som en av hovedmotivasjonene for at bærekraftige hytter er et tema. At det økende arealbruket fra norske hytter kan være en trussel mot det biologiske mangfoldet. Derfor har jeg også introdusert to nye måter å tenke hytte på som begge er modellert slik at de skal gjøre hyttebruken mer arealeffektiv. Seterhyttetunet bruker totalt sett ca. like mye areal som tradisjonshytta, forskjellen er at den kan fordele denne arealbruken over åtte enheter. Urbanhytta på sin side bygger på areal som allerede har veldig lav biodiversitet fordi den ligger tett på et sentrum. Samtidig er det etter definisjonen av hyttetyper ikke nødvendig å bygge ekstra infrastruktur slik at det heller ikke kommer noe ekstra arealbruk fra dette.

Siden jeg allerede har påpekt at arealbruk er den viktigste driveren av biodiversitetstap er det ikke overaskende at en mer arealeffektiv hyttebygging vil redusere biodiversitetstapet (Figur 6). Det blir da viktig å forstå hvordan dette biodiversitetstapet skal tolkes, og hvordan det ikke skal tolkes. Fordi når jeg skriver om arealbruk, og spesielt det direkte arealbruket, er dette noe som er lett å forholde seg til, et geografisk avgrenset område med et overflateareal. Når jeg da skriver biodiversitet og biologisk mangfold er det lett å tenke like enkelt og se for seg enkelte plante- og dyrearter, for eksempel elgen i Rennebu eller furua i Oppdal. Modellen derimot beskriver biodiversitet på et mye mer overordnet plan og beskrives vanligvis, som vist i kapittel 2.9, som antallet arter i området. Resultatene viser med andre ord ikke noe om konsekvensene for enkelte dyre- og plantearter, men presenterer en form for risiko for at en art kan dø ut som konsekvens av aktiviteten som modelleres. En risiko som avhenger av tid (species.yr), slik at desto lengre aktiviteten opprettholdes desto større er sannsynligheten for at arter forsvinner fra området.

I kapittel 2.9 beskriver jeg begrepet biodiversitet og trekker fram at det er et stort begrep som forsøker å beskrive mangfoldet i naturen. Dette mangfoldet viser jeg at er beskrevet over flere plan som alle forsøker å fange viktige deler av diversitet. Det er derfor viktig å være klar over at en høy biodiversitet/høyt biologisk mangfold kan ha forskjellig betydning basert på hvilket grunnlag det regnes ut på. En betydning vil være at det i antall er mange arter i området, en annen vil være at det er nok arter til at økosystemets viktigste funksjoner er opprettholdt. Med dette som bakgrunn er det mulig å kritisere LCA-metodikken, som kun fokuserer på antallet arter, for å undervurdere biodiversitetstapet fra den

aktiviteten som modelleres. Et eksempel på dette er Michelsen (2007) som også kommer med et forslag til alternativ måte å modellere biodiversitet i LCIA på som forsøker å flytte fokuset over på økosystemets funksjonalitet heller enn antallet arter. En metodikk jeg ikke klarer å forutse hvilket utslag ville fått for modellen min, men som definitivt hadde vært spennende å sett nærmere på.

Et annet aspekt med arealbruk i LCA det er viktig å vurdere har med livsløpsperspektivet å gjøre, at når jeg velger å bruke en prosess i SimaPro er også denne prosessen modellert med andre prosesser. Dette gjør at noen av inngangsfaktorene jeg bruker kan bestå av inngangsfaktorer fra helt andre steder i verden enn Oppdal. For eksempel kan det være mineraler fra gruver i Amazonas eller olje og gass fra Midtøsten. Dette er steder med et helt annet biologisk mangfold enn i Norge. Spørsmålet man da må stille seg er om arealbruk i et mer artsrikt område burde ha større betydning enn arealbruk i et mindre artsrikt område. Dette prinsippet kalles regionalisering (de Baan et al., 2013) og er positivt i forhold til det å ta vare på flest mulig arter og å verdsette areal med høy biodiversitet (i betydningen mange arter). En LCIA som implementerer denne tankegangen større grad enn ReCiPe er LC-Impact (Chaudhary, Verones, de Baan, Pfister, & Hellweg, 2016). Dette er en metode som både tar høyde for ulikt artsmangfold på ulike steder samt at noen arter er mer utrydningstruet enn andre. Hadde jeg heller brukt denne metodikken ville derfor resultatene vert ulike og basert på karrakteriseringsfaktorene til LC-Impact og ReCipe tror jeg det direkte arealbruket ville fått mindre betydning. Ser jeg videre på hvilke prosesser som utgjør arealbruket i kapittel 4.3 er det prosesser som i liten grad har opphav i områder med vesentlig høyere biodiversitet enn Norge. Så selv om Ecoinvent har Sveits som utgangspunkt og ikke Norge tror jeg biodiversitetstapet i sum ville gått ned om regionalisering hadde blitt implementert i større grad.

Innvendingen mot denne regionaliseringen går tilbake til de forskjellige måtene å måle biodiversitet på, enten det er som et antall arter, eller som økosystemets funksjonsevne. Regionaliseringen, slik jeg ser det, legger enda større vekt på at det er viktig med mange forskjellige arter. Slik at en art som kanskje ikke har så mye å si for økosystemets funksjonsevne i regnskogen får mer betydning mer enn en art med stor betydning for økosystemet i furuskogen. På denne måten kan en aktivitet som ødelegger et helt økosystem i Norge se ut som et bedre alternativ i LCA-sammenheng enn en aktivitet som utrydder arter med mindre betydning i en regnskog. Dette forutsetter selvfølgelig at det finnes arter med liten betydning, noe som nok ikke stemmer helt og antallet arter er den mest brukte indikatoren på biodiversitet av en grunn. At den er i stand til å representere et økosystem på en måte som er lett tilgjengelig, og som i det heletatt gjør det mulig å vurdere biodiversitetstap.

En annen innvending mot LCA-metoden slik det er i dag er at den setter veldig absolutte grenser for hvilket areal som er i bruk og tar ikke høyde for det som kalles fragmentering. Fragmentering går på at et areal blir delt i to av for eksempel en bilveg. De to arealene som da står igjen antas å være upåvirkede. Dette er en problematisk antagelse fordi det finnes dyr som trenger store habitat, men som ikke er villige til å krysse veger (Larrey-Lassalle, Loiseau, Roux, Lopez-Ferber, & Rosenbaum, 2018). Det mest nærliggende eksemplet på dette i caseområdet Oppdal/Rennebu er villreinen som NINA (Norsk institutt for naturforskning) har studert (Jordhøy et al., 2012). Der finner de at reinen har latt seg påvirke av både bebyggelse og annen infrastruktur og gjort at villreinstammer som før kunne vandre inn i hverandres habitat nå er totalt adskilte. Med hytter som da er plassert utenfor eksisterende infrastruktur er det fullt mulig disse fragmenteringseffektene vil være tilstede, men hvor stort utslaget vil være klarer jeg ikke si.

I forlengelsen av fragmenteringen er det et annet interessant perspektiv å ta tak i. Dette går på i hvor stor grad det er tilstedeværelsen av noe som driver biodiversitetstapet, eller om det er bruken som gjør det. Det mest nærliggende eksemplet er en veg og om det er tilstedeværelsen av vegen som skaper biodiversitetstap, eller om det er bilene som kjører der som gjør det. Hvis det kjører en bil hver uke på en skogsveg, vil dette i det heletatt påvirke dyre og plantelivet i skogen? Hva med om det isteden ligger et hyttefelt med 50 hytter i enden av skogsvegen og det er tilsvarende mange biler som kjører der hver helg, er biodiversitetstapet da høyere? Det samme spørsmålet kan stilles for hytta, om det egentlig har noe å si for dyrene i skogen at det er en hytte der eller om det er den økte menneskelige aktiviteten hytta medfører som gjør at de skyr området. Prinsipielt tror jeg dette har betydning for biodiversitetstapet, men for mine resultater tror jeg ikke det er hensiktsmessig å tenke at hytta og vegen i seg selv er adskilt aktivitetene på dem. I tillegg er dette noe metoden i teorien skal fange opp da den baserer seg på observasjoner av arealet før og etter en endring i bruk.

En annen ting jeg nevner er at metoden setter absolutte grenser for hvilket areal som er i bruk og ikke. Hvis jeg skal tolke dette mest mulig direkte kan jeg tolke det som at når elgen kommer gående stopper den i grensen av det regulerte arealet til hyttefeltet og går rundt istedenfor gjennom. Dette har jeg ingen tro på at stemmer, og det blir også å tolke resultatene av metoden feil fordi den ikke er så spesifikk på dyreart. Det illustrerer allikevel poenget med at modellen legger opp til absolutte grenser for arealbruket og at dette er en forenkling av virkeligheten. Måten dette løses på nå er at det er mulig å sette opp arealbruk med ulik type økosystemkvalitet. Slik kan jeg sette en arealbruk med lav økosystemkvalitet i midten også en arealbruk med litt høyere økosystemkvalitet rundt. Dette problemet kan kjennes igjen fra andre fagfelt hvor man ønsker å tilnærme kontinuerlige variable med diskrete punkt. Hvor løsningen er den samme, å innføre små nok diskrete punkt til at de tilnærmer seg noe kontinuerlig. Jeg tror allikevel ikke det er hensiktsmessig å gjøre arealbrukstypene så små i LCA, da det ville krevd mer og mer kjennskap til biologi og økologi for å i det heletatt kunne benytte metoden.

Det er med andre ord mange ting det er mulig å diskutere ut ifra metoden. Men på tross av det synes jeg metoden LCA bruker for å regne ut biodiversitetstapet som konsekvens av arealbruk fungerer bra. Siden det på generell basis er vanskelig å lage en modell som passer perfekt med virkeligheten synes jeg den metoden jeg bruker her er god nok. Den nøyaktige informasjonen om hvordan hytta påvirker biodiversiteten mener jeg er lettest å finne for noen andre med en annen kompetanse enn meg, for eksempel en biolog eller økolog.

5.2 Transport

I avsnittene over har jeg sett på det direkte arealbruket og vurdert ulike aspekt ved måten modellen regner om et arealbruk til et biodiversitetstap på. Når arealbruk da er utgangspunktet for oppgaven ser jeg på disse vurderingene som viktige, men modellen jeg har bygd opp hytta av inneholder flere deler enn kun det direkte arealbruket. Og etter hvert som det direkte arealbruket fra tradisjonshytta reduseres er det transportdelen som blir stående igjen som den desidert viktigste bidragsyteren til biodiversitetstap. Derfor blir det relevant å se litt nærmere på de ulike transportmetodene til og fra hytta. Hvor det ut ifra Tabell 11 er det tydelig at kollektive alternativ til bil er løsninger som reduserer biodiversitetstapet betydelig. Spørsmålet er jo da om dette er realistiske løsninger og hvilke andre konsekvenser det får at folk kan reise kollektivt.

Grunnen for at jeg har ment at seter- og urbanhytta legger bedre til rette for kollektive transportløsninger enn tradisjonshytta er at de bygger hytteenhetene tettere. Denne samlingen av

potensielle kunder tror jeg gjør det mer attraktivt for busselskap å sette opp busser, samtidig som at samlingen av hytter gjør at flere får kort avstand fra busstoppet og til hyttedøra. I samtaler med Nasjonalparken Næringshage ble dette utfordret med at den kanskje viktigste grunnen til at hyttebrukere ikke reiser kollektivt er at man er avhengig av bilen når man er på hytta (Meland et al., 2019). For eksempel trengs det bil for å komme seg til typiske fritidsaktiviteter som skiløyper og turstier eller andre nødvendige fasiliteter som dagligvarebutikk. Så lenge dette er tilfellet kan kollektivtilbudet til og fra hytta være så godt det bare vil, man kjører til hytta fordi man trenger bilen når man er der. Dette gjør det dermed nødvendig å finne nye måter for transport når man først er på hytta. Det kan være å ha et bildelingskollektiv tilknyttet flere hyttenheter, kanskje et sykkelkollektiv, en rutebuss, hyttetrikk eller en taxiordning som er gunstig nok til at hyttebrukerne ønsker å benytte seg av den. Hvorvidt noen av disse alternativene er realistiske er utenfor min oppgave å finne ut av, men det jeg kan si noe om er hvordan de eventuelt vil påvirke biodiversitetstapet. I modellen min ville dette medført ekstra kilometer med den valgte transportmetoden, som igjen ville bidratt til økt biodiversitetstap. Om dette bidraget ville vært betydelig eller ikke vil komme an på hvor mange kilometer og hvilken transportmetode som ble valgt. Jeg er allikevel rimelig sikker på at seter- og urbanhytta med buss/tog og bildelingskollektiv vil ha lavere biodiversitetstap enn om transportmetoden var privatbil fordi de kilometerne man kjører med bil fra bildelingskollektivet ville erstattet kilometer kjørt med privatbilen (kilometer jeg ikke har inkludert i modellen). Siden det er klimagassutslippene som gjør transporten til en viktig driver av biodiversitetstap vil det også kunne hjulpet om bildelingskollektivet var basert på elbiler.

Et problem med transportmodellen for tradisjons- og seterhytta er at deler av vegen blir redegjort for to ganger. I prosessen for transport til og fra hytta ligger konstruksjon av infrastruktur (veg og jernbane) inne som en del av det å kjøre bil, buss og tog. Dette betyr at når jeg legger til et ekstra arealbruk fra vegen inne på hyttefeltet i regnskapet for det direkte arealbruket, er dette allerede regnet med i prosessen for transporten. Grunnen til at jeg allikevel har tatt dette med er at alle vegene utenom de inne på hyttefeltet brukes av mange flere enn kun hytteeiere, som igjen betyr at de tallene som Ecoinvent har for transportprosessene er fordelt over mange flere personkm enn hva vegene inne på hyttefeltet vil være. Derfor mener jeg at vegen inne på hyttefeltet er viktigere for mitt system enn typiske hovedveger som E6. Hvis jeg skulle justert for dette i modellen ville jeg på grunn av argumentene over justert inngangsfaktorene i prosessen for transporten heller enn arealbruket fra vegen inne på hyttefeltet. Resultatet ville i så fall blitt en reduksjon i veg for transportprosessene og slik et redusert biodiversitetstap. Basert på at det er nesten 100 ganger så mange kilometer mellom Trondheim og Oppdal, som det er inne på hyttefeltet tror jeg denne reduksjonen ville blitt marginal. Grunnen til at dette kun er et problem for tradisjons- og seterhytta er et jeg ikke har lagt til noe ekstra vegareal i det direkte arealbruket fra urbanhytta.

I resultatene er det tydelig at hvor ofte hytta er i bruk har stor betydning for biodiversitetstapet når det fordeles over totalt antall persondøgn. Derfor har de forskjellige hyttetyper fått et økende antall bruksdøgn (fra 57 for tradisjonshytta, til 140 for seterhytta og helt til 300 for urbanhytta) samtidig som at antallet personer som oppholder seg der og lengden på oppholdet har forblitt konstant (3,3 personer i tre døgn av gangen). Det dette betyr er at selv om selve hytta og tomta fordeles over flere og flere brukere og biodiversitetstapet pr. persondøgn reduseres, vil det totale biodiversitetstapet fra hver hytte øke gjennom at hytta brukes oftere. Grunnen til at det totale biodiversitetstapet øker er todelt; økt energibruk og økt transport. Det økte energibruket på hytta vil delvis nøytraliseres av et redusert energibruk hjemme, derfor kan det argumenteres for at økt energibruk ikke medfører et betydelig netto

bidrag til biodiversitetstapet. Transporten på den andre siden er noe som kommer i tillegg, og som vil øke med økende antall opphold på hytta, men forbli konstant på en pr. persondøgn basis. Derfor blir det viktig at introduksjonen av nye typer hytter, som skal brukes veldig ofte, er i stand til å erstatte bygging og bruk av tradisjonshytter slik at vi ikke bare får et ekstra bidrag som er veldig stort.

I fortsettelsen av dette er det interessant å se på betydningen av at oppholdet på hytta blir kortere. Noe det skrives om i Berker & Gansmo (2011) hvor bærekraften til dagens «myke» form for hytteturisme kritiseres sammenlignet med den «harde» formen som preget hyttebruken før. En av de tingene som kjennetegner disse to formene er nettopp lengden på oppholdet hvor den myke er karakterisert av korte mens den harde av lange opphold. Resultatene mine stemmer godt overens med denne kritikken og viser at lengre opphold er mer bærekraftig enn korte opphold. Problemet er bare det Berker & Gansmo observerer, at hytteturene blir kortere. Samtidig er det vanskelig å si hvilken effekt seter- og urbanhytta egentlig vil ha på lengden av oppholdet. Det kan godt hende det gjennomsnittlige oppholdet blir kortere når hytta skal deles av flere, kanskje brukes den som overnattingssted for folk som bare skal reise gjennom tettstedet med urbanhytta. I tillegg har jeg forutsatt at det i gjennomsnitt vil fortsette å være tre personer på hytta når den brukes, noe som heller ikke trenger å være tilfellet når det introduseres nye, gjerne mindre, hyttetyper. Hvis det er mulig å leie en av de andre hytteenhetene i urbanhytta kan de jo hende familien på fire velger å ha en «voksenhytte» og en «barnehytte».

Konklusjonen av dette er at et fokus på persondøgn kan være noe snevert og at resultatene mine er avhengige av at seter- og urbanhytta fungerer som substitutt for videre tradisjonshyttebygging. Hvis dette ikke er tilfellet vil den økte bruken av de nye hyttetyperne bare føre med seg ekstra klimagassutslipp fra transport til og fra hytta som igjen vil være med på å øke det totale biodiversitetstapet. Det vil også være en utfordring om hytta brukes i kortere perioder av gangen og av færre personer. Noe det ser ut som om har vært trenden fram til nå og som kan være vanskelig å snu med mindre man finner måter å gjøre det attraktivt å være på hytta sammen i lengre perioder.

5.3 Energi

Biodiversitetstapet fra energibruk er den andre delen jeg har sagt at ikke vil påvirkes av et endret antall persondøgn, og så lenge vi ser på det fra perspektivet til den funksjonelle enheten (persondøgn) er ikke dette et problematisk utsagn. Men slik jeg har modellert hytta er det allikevel et problem med dette utsagnet. Dette problemet kommer av at jeg i modellen min har fordelt energibruket til en gjennomsnittlig norsk hytte på størrelsen til hytta. Dette energibruket er hentet fra statistikk og er derfor allerede basert på et gjennomsnittlig antall persondøgn (se kapittel 2.7). Når jeg da endrer antallet bruksdøgn for tradisjonshytta fra 57 til 100 er det fortsatt det samme energibruket fra statistikken som ligger til grunn for modellen. Dette er en svakhet i oppgaven jeg ikke kan la være å påpeke, men basert på at energibruket stort sett utgjør en marginal andel av biodiversitetstapet ser jeg ikke på denne svakheten som betydelig for resultatene. Jeg skal allikevel utdype denne svakheten noe og skrive hva konsekvensene av den er.

Slik energidelen er modellert til nå har jeg tatt energiforbruket til en enkelt hytte og fordelt det på størrelsen til hytta. Dette gjør at jeg enkelt kan modellere en hytte i den størrelsen jeg selv ønsker. Konsekvensen av dette for resultatene er at når antallet bruksdøgn økes forblir det totale energibruket konstant mens energibruket pr. persondøgn reduseres. Den alternative måten å gjøre det på ville vært å heller fordelt hyttas energibruk på antallet bruksdøgn. Kombinasjonen av hyttestørrelse og bruksdøgn kunne også fungert ved at energiforbruket for hele hytta først ble fordelt på størrelsen til hytta, deretter

på antallet bruksdøgn (enheten hadde da blitt kWh/m²/bruksdøgn). Konsekvensen for resultatene ville da vært at når antallet bruksdøgn økte ville det totale energibruket også økt mens energibruket pr. persondøgn ville forblitt konstant².

Selv om jeg nå har sagt at energibruket kun utgjør en marginal andel av biodiversitetstapet fra hytta er det ett stort unntak, og det er når det fyres med ved i tradisjonshytta. Da blir til gjengjeld biodiversitetstapet fra energibruket den desidert viktigste delen. Som vist i kapittel 4.3 skyldes dette et stort arealbruk fra skogsdriften som framskaffer denne veden. Dette har jeg stoppet opp ved og fundert en del over, fordi det ikke for meg er åpenbart hvordan et hogstfelt skal ha så mye lavere biodiversitet enn en fullvokst skog. En mulig forklaring jeg har kommet fram til ut fra et livsløpsperspektiv er at biodiversitetstapet fra resten av delene blir så små at vedfyringen blir stående igjen som viktigst. Hvis energibruket hadde vært modellert slik jeg beskriver over (at bidraget til biodiversitetstapet forblir konstant pr. persondøgn når antallet bruksdøgn øker) kunne dette også vært en del av forklaringen. Men når energibruket er modellert slik at det også minker med økende bruksdøgn kan ikke dette heller forklare hvorfor biodiversitetstapet fra vedforbruket er så stort som det er. Jeg har også lett etter mulige feil i modellen uten å finne noe. Dette er dermed noe jeg ikke har hatt tid til å lese nok om og derfor ikke vært i stand til å forklare. Jeg regner derfor med at resultatet stemmer.

Siden vedforbruket da har en så stor betydning for biodiversitetstapet blir det veldig relevant å forsøke å finne måter å redusere eller erstatte vedforbruket på. En åpenbar måte å redusere det på er å forsikre seg om at hytta er installert med en effektiv vedovn, noe Solli et al. (2009) undersøker effektene av (hovedsakelig for global oppvarming og menneskers helse (human health)). Resultatene herifra er tydelige på at en mer effektiv vedovn vil være med på å redusere utslipp av CO₂ og ikke minst skape en mer fullstendig forbrenning. En mer effektiv vedovn vil med andre ord være med på å redusere mengden ved som trengs for å varme opp hytta. Er hytta koblet på nettstrøm kan det også være man bare har vedovn for koses skyld (T. K. Johnsen, 2011) og på den måten ikke har behov for store mengder ved, selv om å klare seg uten ved er det beste alternativet for det biologiske mangfoldet.

Ser vi da på hva som skjer når strømmiksen blir mer CO₂-intensiv i Figur 17 ser vi at biodiversitetstapet fra elektrisiteten blir like betydelig som fra vedfyringen. Spørsmålet blir da om norsk strømmiks, som i dag er preget av mye vannkraft og generelt har lave utslipp (Itten, Frischknecht, & Stucki, 2014), forblir like miljøvennlig. Dette er det flere som mener at ikke vil stemme fordi framtidens energimarked vil bli mer komplekst og det norske strømmettet i større grad integrert med andre land som har mye høyere klimagassutslipp knyttet til sin strømmiks. Derfor er dette verdt å ha i bakhodet når man skal snakke om miljøeffekter i en tidshorisont på 50 til 100 år. I et framtidig scenario kan det dermed bli slik at elektrisitet får et like høyt biodiversitetstap på grunn av klimagassutslipp som vedforbruket har fra arealbruk (samtidig som at det må være lov til å håpe på at hele verden endrer sine strømmikser mot mer fornybar energi). I denne sammenheng kan det også være aktuelt å tenke lokal energiproduksjon noe en tidligere nevnt masteroppgave har gjort (Gørbitz, 2019).

Biodiversitetstapet som kommer fra energibruk avhenger da hovedsakelig av hvor mye ved det er nødvendig å fyre med, samt hvor CO₂-intensiv strømmiksen er. Ser vi på prosessene som ellers skaper biodiversitetstap fra energibruk (kapittel 4.3) er oppdemmingen av vann til vannkraft en av de som driver arealbruk. Totalt sett er bidraget veldig lite, dette kan være fordi det produseres veldig mange

² Hvis jeg skulle modellert på nytt, ville jeg heller benyttet den kombinerte måten å fordele energibruket på.

kWh elektrisitet i løpet av demningens livstid som effektene kan fordeles utover. Det kan allikevel være verdt å merke seg at Dorber et al. (2018) i sin analyse av arealbruk fra vannkraft mener Ecoinvent undervurderer arealbruket, slik at dette kanskje er høyere også for hytta.

5.4 Materialer

Også for materialregnskapet er det noen ting som jeg synes burde diskuteres. Den første går på selve byggeprosessen av hytta som krever maskiner og utstyr. Dette er noe Dahlstrøm et al. (2012) inkluderer i sin studie av en norsk enebolig og som presenterer et mye høyere arealbruk for sin bolig enn hva jeg gjør for mine hytter (jeg kommer tilbake til arealbruket i Dahlstrøm et al. senere). En annen ting Dahlstrøm et al. inkluderer som jeg ikke vurderer er transporten av arbeidere til og fra byggeplassen. Dette synes jeg er interessant fordi at tradisjonshytta ofte ligger et lite stykke vekk fra resten av bebyggelsen slik at transportetappene til og fra byggeplassen ofte kan bli noe lengre enn for andre typer bygg. På den måten vil hytta ha større utslipp knyttet til dette enn boligen i Dahlstrøm et al.. Men når vi isteden bygger hyttene tettere og i mer sammenheng vil dette kunne effektivisere transporten av arbeidere ved at de får jobbet med flere hytter samtidig (les: seterhytta). I tillegg kan vi bygge nært et tettsted slik at også arbeidere i teorien kan ha «tøffelaavstand» til arbeidsplassen (les: urbanhytta).

De samme refleksjonene kan gjøres for transporten av materialer, at avstanden fra tettsted skaper et større transportbehov enn for andre bygninger. I tillegg kan dårligere veger gjøre at det kjøres flere turer med materialer enn hva det ville vært behov for om bygningen lå langs en større veg, kanskje er det til og med steder hvor deler av materialene må flys inn. Jeg vet allikevel at markedet for lokale håndverkere som bygger hytter etter lokale og eldre byggetradisjoner er større for hytter enn for boliger. Disse lokale produsentene vil kanskje også lettere kunne benytte seg av lokale leverandører av tømmer. Jeg har ikke gjort noen kvantitativ vurdering av disse aspektene slik at dette blir den eneste vurderingen jeg gjør. Konklusjonen min blir derfor ikke mer spesifikk enn at dette er med på å skape et høyere biodiversitetstap jeg ikke kan si noe om størrelsesordenen av.

Andre ting jeg ikke har inkludert i oppgaven, men som vil skape et ekstra materialbruk er det jeg i Figur 2 kaller interiør og tekniske installasjoner. Interiør er vanskelig å inkludere fordi dette vil avhenge veldig av den som eier hytta, noen vil helst ha en tradisjonell stil med håndlagde møbler fra lokale produsenter mens andre vil heller ha praktiske, enkle og billige IKEA-løsninger. Så tror jeg ikke dette vil øke materialbruket i vesentlig grad, men det er uansett en økning. Når det kommer til de tekniske installasjonene tenker jeg på det elektrikerer holder på med, ledninger, sikringer og kanskje elektriske hjelpemiddel som vaskemaskin og kjøleskap (som kanskje ligger i skjæringen mellom interiør og tekniske installasjoner?). Dette vil bidra til å øke materialbruket og dermed biodiversitetstapet, men jeg klarer heller ikke si noe om hvor viktig dette vil være. Alt av materialer og prosesser knyttet til byggefasen av hytta er med andre ord ikke inkludert i denne analysen, noe som må sees som en svakhet. Så tør jeg som nevnt ikke si noe om hvor betydelige disse effektene vil være.

Det er også for materialene interessant å se på hvilke prosesser det er som driver biodiversitetstapet. Da ser jeg på kapittel 4.3 i lys av Figur 7 for tradisjonshytta og tilsvarende Figur 12 for seterhytta. I figurene ser jeg at det er arealbruket som er viktigst for materialene og at det for arealbruket igjen er skogsdriften som er viktigste driver. Det er med andre ord ikke bare for energi- og vedforbruket at skogsdriften blir viktig, også for materialene er den det. Som nevnt tidligere har jeg ikke klart å forklare hvorfor dette er slik og er veldig klar over de positive effektene skogen også har for å bremse global oppvarming (Bonan, 2008). Jeg vil derfor ikke si at hytter burde bygges med noe annet enn trevirke, i så

fall må det gjøres en mye mer spesifikk vurdering av trevirke opp mot andre alternative byggematerialer. Hittil viser i alle fall forskning at trevirke er et fordelaktig bygningsmateriale sammenlignet med betong (Lucon & Ürge-Vorsatz, 2014). Dette gjør i sum at jeg ikke tror materialvalg er det vi burde fokusere på først, og at en mer arealeffektiv hyttebygging samt endrede transportvaner vil være mye bedre steder å starte.

5.5 Fritidsaktiviteter

I framstillingen av hytta i Figur 2 viser systemgrensene til livsløpsvurderingen. De heltrukne linjene er de delene jeg behandler kvantitativt og de stiplede er de jeg har utelatt. Figuren bygger på en tanke om en forenklet LCA fra Bribrán et al. (2009). Figur 2 inkluderer jeg også fritidsaktiviteter som potensiell bidragsyter til arealbruk og biodiversitetstap. Dette er fordi hytta for de fleste er et sted for rekreasjon og for å bedrive fritidsaktiviteter som er lettere og/eller bedre tilgjengelig fra hytta enn hjemme. Riese & Vorkin (2002) undersøker hvordan nordmenn forholder seg til fritid og skriver om tre typer «fritidspersoner». En urban kvinne som gjerne tar en tur på fjellet om sommeren, en bonde som benytter skog og mark som jaktområde i fritiden og en urban mann som er mere opptatt av at naturen kan brukes til utstyrskrevede friluftaktiviteter som ski og sykkel. Poenget er at alle er opptatt av å bruke naturen til sine fritidsaktiviteter. Disse fritidsaktivitetene vil også være med på å skape både arealbruk og klimagassutslipp jeg ikke har tatt høyde for i denne oppgaven.

Dette vil være et annet type arealbruk enn hva det direkte arealbruket fra selve hytta er. Når mennesker benytter naturen som sted for sine fritidsaktiviteter oppholder de seg der midlertidig. Og selv om det opprettes stier, benker og rasteplasser er det ikke sikkert dette påvirker dyrelivet i området på samme måte som en permanent plassert hytte. Dette peker tilbake på at det er en forskjell mellom tilstedeværelse og aktivitet, om biodiversitetstapet skapes av tilstedeværelsen av en veg eller om det er aktiviteten på vegen som gjør det. Mange turstier kan jo følge det som i utgangspunktet er dyretråkk slik at inngrepet i naturen ikke trenger å være så stort. Slik tror jeg at det som truer biodiversiteten fra denne typen fritidsaktiviteter heller er tilstedeværelsen av mennesker enn at arealet i seg selv endres så mye. Samtidig tror jeg heller ikke at menneskelig tilstedeværelse gjør at dyrene slutter å bruke stiene, de vil heller deles, men kanskje til forskjellige tider av døgnet.

For å gå litt mer inn på hvilke fritidsaktiviteter som har utspring i hytta har jeg sett på svarene i «Hytteundersøkelsen i Oppdal 2015» (Jystad, 2015). Der nevnes blant annet sommerturstier, sykkelstier, preparerte skiløyper, alpinanlegg, skytebane og kulturtilbud. Sommerturstier og sykkelstier har et arealbruk som beskrevet i avsnittet over. Hvordan dette skulle blitt implementert i hyttemodellen har jeg ikke vurdert, men er rimelig sikker på at aktiviteten øker biodiversitetstapet fra hytta. Skiløypene og alpinanleggene er litt annerledes, fordi de brukes når det er vinter mens det på sommerstid ikke trenger å være noe menneskelig aktivitet der. Hvis disse løypene anlegges i områder med skog kan det være at det noe bearbejdede området der hvor skiløypene går på sommerstid gir livsgrunnlag for helt andre planter enn de som opprinnelig levde i skogen, altså at antallet forskjellige arter (les: biodiversiteten) øker. Men det er fortsatt en aktivitet og endret arealbruk jeg ikke har sett noe på. Skytebanen og kulturtilbudet er kanskje de aktivitetene med arealbruk som ligner mest på hytta fordi det er lett å se det direkte arealbruket av et kulturhus eller en skytebane. Jeg er derfor ikke i tvil om at dette vil være aktiviteter som øker biodiversitetstapet fra hyttebruken, men har ikke gjort noen vurdering av hvor mye. Fra noen aktiviteter, som for eksempel skytebanen, kan det også slippes ut

andre stoffer som er skadelig for både mennesker og dyr (Strømseng & Ljønes, 2000), men det har jeg heller ikke gått noe i dybden av.

Det som kanskje er den viktigste grunnen til at jeg vil nevne fritidsaktiviteter som potensiell driver av biodiversitetstap er det ekstra transportbehovet som genereres. Dette peker tilbake på at grunnen for at folk ikke ønsker å reise kollektivt til hytta er behovet de har for transport når de først er på hytta. Ønsker man å bestige mange forskjellige topper er man fort avhengig av bil fordi det er begrenset hvor langt man kommer med å bare gå fra hytta. Kjøres det da mellom 10 og 20 km til og fra fritidsaktiviteten kan dette fort bli et betydelig bidrag, kanskje på størrelse med transporten til og fra hytta. Dette understreker bare hvorfor framtidens hytte burde bygges med en baktanke om endret og redusert transportbehov og ikke bare hytter bygd tettere. Så hadde det i forlengelsen av dette vært interessant å sett på om det er selve fritidsaktiviteten og arealbruket knyttet til denne som skaper størst biodiversitetstap eller om det er transportbehovet som genereres av fritidsaktivitetene som gjør det.

En annen ting som gjør det vanskelig å vurdere effektene av fritidsaktiviteter fra hyttebrukere er at det er langt fra kun hyttebrukere som benytter seg av fritidstilbudet i et område. Fastboende og andre tilreisende vil også være med å øke bruken av fritidstilbud slik at det blir nødvendig å allokere hvor stor andel av fritidsaktiviteten som skyldes hyttebrukere og hvor stor del som skyldes andre. Dette er et ganske viktig aspekt i LCA som også kunne vært interessant å sett på. De to nye hyttetypene er også tenkt å skulle introdusere større grad av utleie slik at skille mellom turist og hyttebruker blir vanskeligere å definere som igjen vil gjøre denne allokeringen mer kompleks. Men for å avslutte dette med fritidsaktiviteter, så skapes det både et ekstra arealbruk, økt menneskelig tilstedeværelse og ikke minst økt transportbehov. Derfor tror jeg fritidsaktiviteter er en av de viktigste aktivitetene knyttet til hyttebruk jeg har utelatt.

5.6 En samlet hyttebebyggelse

Tilbake i kapittel 1 skrev jeg om antallet hytter og at dette er grunnen til at hyttebygging i dag her blitt en miljøtruse. Derfor er det også interessant å forsøke å se hva den samlede norske hyttebebyggelsen har å si for biodiversitetstapet, og ikke bare hva biodiversitetstapet pr. persondøgn er. Den hyttetypen jeg da tar utgangspunkt i er tradisjonshytta siden denne forsøker å modellere hytta slik den bygges i dag. Dette vil nok overvurdere resultatet noe fordi de 450 000 hyttene i Norge er bygd på ulike tidspunkt og med ulike standarder slik at gjennomsnittshytta ikke ser ut som den tradisjonshytta jeg har modellert. Enheten biodiversitetstapet oppgis i er species.yr eller, arts.år på Norsk, og angir som nevnt tidligere ikke en trussel mot en konkret dyreart, men en mer overordnet risiko for at en dyreart dør ut. Tidsdelen av enheten reflekterer at risikoen for at en dyreart dør ut øker så lenge aktiviteten opprettholdes. Biodiversitetstapet for tradisjonshytta under mine antagelser er da $8,60 \text{ E-12 species.yr/persondøgn}$. Tradisjonshytta har 188 persondøgn i løpet av et år (kapittel 3.5) i tillegg til at det i 2018 var 463 812 hytter (SSB, 2018a), totalt blir dette $7,49\text{E-04 species.yr}$. Jeg har ikke funnet noen god kilde å sammenligne dette tallet med noe jeg vil oppfordre andre til å gjøre før de evt. benytter tallet.

Dette tallet er oppgitt for et år, det er videre interessant å ta tak i tidsaspektet og se hvordan dette påvirker resultatet. Fra SSB (2018a) finner jeg tall for antallet hytter siden 2001. Hvis jeg så antar at hyttebruken har vært lik slik jeg har modellert den siden da vil det totale biodiversitetstapet fra Norske

hytter siden 2001 være 0,012 species.yr³. Jeg vet fortsatt ikke hvor stort dette tallet er sammenlignet med annen aktivitet, men det som er interessant å trekke fram er hva som faktisk skjer når tiden i denne modellen øker. Hvis vi hadde stoppet alt av hytteutbygging i dag, ville det totale biodiversitetstapet fortsatt å øke med 7,49E-04 species.yr hvert år. En tolkning av dette kan være at vi på et tidspunkt kan være rimelig sikker på at dyrearter vil ha dødd ut som konsekvens av hytteutbygging selv om vi slutter å bygge ut i dag.

For å avslutte diskusjonen rundt resultatene om biodiversitetstap vil jeg kort oppsummere det som hittil er blitt skrevet. Først er metoden gjennomgått og aspekter ved den diskutert, dette er gjort i sammenheng med diskusjonen av det direkte arealbruket. Deretter er transportdelen problematisert og et par svakheter avdekket, men konklusjonen er likevel at både det direkte arealbruket og transporten er viktige drivere av biodiversitetstap. Deretter er kanskje den største svakheten i selve modelleringen avdekket gjennom hvordan energibruken er normalisert på hyttas areal istedenfor bruksdøgnene. For energien er det også stilt spørsmål ved hvorfor vedforbruket har så mye å si, uten at dette er godt besvart. Så kommer det noen avsnitt om det jeg mener er den mest betydelige delen av Figur 2 jeg har utelatt, nemlig fritidsaktivitetene, og da spesielt det økte transportbehovet disse skaper. Til slutt er det zoomet ut fra persondøgn og sett på den norske hyttebebyggelsen i et nasjonalt perspektiv samt trukket fram noen interessante tolkninger ut ifra enhetene til biodiversitetstapet. Videre i diskusjonen vil jeg nå først presentere og se på de to viktigste mellompunktkategoriene; arealbruk og global oppvarming. Arealbrukstallene vil gi et grunnlag å sammenligne mine resultater med Dahlstrøm et al. (2012) sine og den globale oppvarmingen vil gi et grunnlag for å sammenligne resultater med Brekke et al. (2018). Til slutt skal jeg samle det hele i det som kanskje er den viktigste antagelsen hele oppgaven bygger på. At det er folk som er villige til å bruke en type hytte som ikke er helt lik de hyttene som bygges i dag.

5.7 Arealbruk som mellompunktkategori

Fram til nå er det biodiversitetstapet som har stått i fokus og jeg har sett at både arealbruk og klimagassutslipp er viktige drivere av det totale biodiversitetstapet. Helt i begynnelsen nevnte jeg også Michelsen (2007) som kritiserte måten LCA måler biodiversitet på. Jeg vet ikke hvor godt denne kritikken stemmer, men ser veldig godt argumentasjonen bak og synes det er en innvending det burde brukes tid på å finne ut av. I fortsettelsen av dette synes jeg det blir viktig å oppgi verdiene til mellompunktkategoriene bak endepunktkategorien for at det skal være lettere å teste resultatene senere. Dette har jeg derfor gjort for arealbruk i kapittel 4.3 og global oppvarming i kapittel 4.4. Disse resultatene kan også gi en bedre indikasjon på hvilke prosesser det er som driver biodiversitetstapet, noe jeg allerede har trukket fram flere ganger.

En trend fra arealbruket jeg ønsker å ta tak i har med bidraget fra transportinfrastrukturen i Tabell 12 Tabell 13 å gjøre. Det dette arealbruket inkluderer er for tradisjons- og seterhytta vegen bilen og bussen kjører på mens det for urbanhytta er arealbruket fra nettverket av togskiner. Den trenden jeg da tenker på er at togturen til urbanhytta har et større arealbruk (både for okkupasjonen og for transformasjonen) enn hva bussturen til seterhytta har. Ser jeg på prosessene jeg har brukt for å modellere dette i SimaPro er det Sveitsiske tog og tog-infrastruktur som er grunnlaget. Derfor hadde det vært nyttig å kunne sammenligne infrastrukturen for tog i Sveits med infrastrukturen i Norge. Dette har

³ Dette er regnet ut ved å for hvert år legge til biodiversitetstapet fra antallet hytter det inneværende året og plusse på biodiversitetstapet for antallet nye hytter.

jeg ikke hatt tid til å gjøre grundig, men har gjort meg noen tanker. Disse tankene går på at infrastrukturen i Sveits er mer omfattende og at det er flere dobbeltspor der enn i Norge. Slik vil både det direkte og det indirekte arealbruket være større for Sveitsisk jernbane enn Norsk. Samtidig vil jeg også tippe at toget i Sveits har en høyere fyllingsgrad enn i Norge, slik at antallet personkm effektene fordeles på er høyere i Sveits enn i Norge. Konsekvensene for resultatene mine vil i så fall bli en økning i biodiversitetstap på grunn av økt direkte og indirekte arealbruk, samt en reduksjon hvis fyllingsgraden er høyere. Hva dette i sum har å si er jeg ikke i stand til å vurdere.

I slutten av kapittel 2.6 presenterer jeg også studien til Dahlstrøm et al. (2012) og resultatene fra LCAen de gjennomfører av et TEK10-standard hus i Norge. Dette er den mest relevante studien å sammenligne arealbruket fra min analyse med som jeg har funnet, men det er et par utfordringer. Den første er den funksjonelle enheten; jeg har «persondøgn» og Dahlstrøm et al. (2012) har «50 år med 1 m² bolig». Det jeg da gjør er å regne om resultatene til Dahlstrøm slik at de også får funksjonell enhet persondøgn. Dette gjør jeg ved å gange opp arealbrukstallene fra Dahlstrøm et al. med 187 m², som er overflatearealet til huset og deler på 50 år, 365 dager og fire personer. Alle tallene er oppgitt i Dahlstrøm et al. (2012). Dette gir resultatene vist i Tabell 14 som sammenligner Dahlstrøm et al. sine resultater med mine resultater for tradisjonshytta.

Den andre utfordringen med denne sammenligningen er at studiene har ulike systemgrenser og ser på to ulike typer bygning, Dahlstrøm et al. (2012) ser på en enebolig og jeg ser på en hytte. I tillegg ligger fokuset hos Dahlstrøm et al. på selve bygget hvor fokuset hos meg ligger mer på bruken av den. Systemgrensene til Dahlstrøm et al. inkluderer også flere deler av energibruket og har et mer detaljert materialregnskap enn jeg har for hytten min (inkluderer blant annet spiker og skruer). De inkluderer også transporten av arbeidere og destruksjonen av bygningen hvor deler av materialene havner på en fylling. Ser vi da på sammenligningen i Tabell 14 tror jeg at grunnen for den store forskjellen i arealbruk kommer fra noen av de overnevnte delene Dahlstrøm et al. inkluderer og som jeg utelater. Spesielt vil jeg trekke fram at fokuset i analysene er forskjellige og at destruksjonen av bygningen med avlevering av materialer til en fylling er viktige (Slagstad & Brattebø, 2012). Forskjellen mellom Dahlstrøm et al. (2012) sin studie og min er allikevel verdt å dvele ved fordi forskjellene er såpass store at hvis de skyldes systemgrensene mine er arealbruket, og dermed biodiversitetstapet, fra hyttebruk mye større enn hva jeg indikerer.

Tabell 14 viser en sammenligning av arealbrukstallene fra min og Dahlstrøm et al. (2012) sin studie, begge med persondøgn som funksjonell enhet.

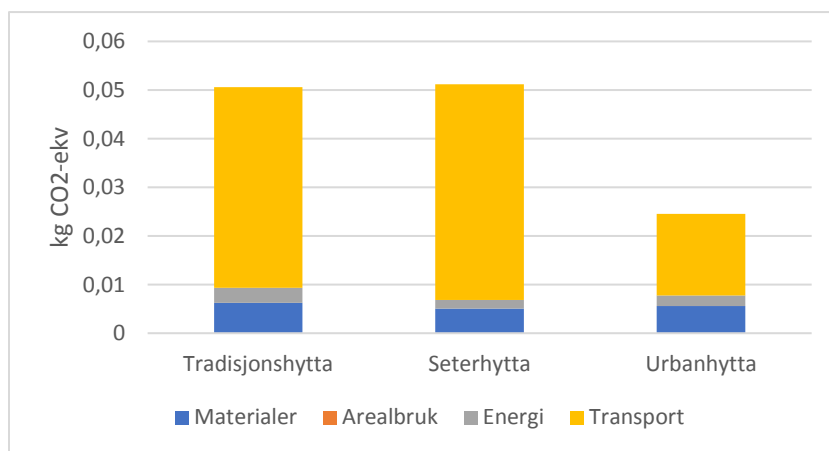
	Mine resultat (Tradisjonshytta)	Dahlstrøm et al. (2012)
Areal okkupert som landbruk	1,83E-04 m ² a	0,29 m ² a
Areal okkupert som urbant	3,89E-05 m ² a	0,038 m ² a
Transformasjon av naturlig areal	3,72E-07 m ²	1,13E-03 m ²

5.8 Global oppvarming som mellompunktkategori

Den andre mellompunktskategorien jeg ønsker å oppgi verdiene til er global oppvarming. Dette er en miljøeffekt det generelt snakkes mye om i tillegg til at det er den andre viktige driveren av biodiversitetstapet fra norske hytter. Derfor synes jeg det er nødvendig å også bruke litt tid på dette. Det som da er interessant å se på er hvor store utslipp, totalt sett, de ulike hyttetypene har, for så å sammenligne dette med den tidligere nevnte studien til Brekke et al. (2018) (se kapittel 2.1). Figur 20

viser de totale klimagassutslippene fra et år med bruk av mine tre hyttetyper under de «ulike antagelsene» fra Figur 16. Figuren tar utgangspunkt i verdiene fra kapittel 4.4 og ganger de opp med antallet persondøgn fra en hyttenhet for de tre forskjellige hyttetyperne.

Brekke et al. (2018) finner for sin modell av hytta et utslipp på ca. 3 kg CO₂ekv/døgn når båtkjøring ikke er inkludert. Dette vil jeg karakterisere som nesten «dramatisk» mye mer enn de 0,05 kg CO₂ekv/år jeg finner. Det er heldigvis ulikheter i modellene som kan være med på å forklare de store forskjellene. Disse forskjellene går på at jeg har fokus på biodiversitetstap mens Brekke et al. har fokus på å lage et klimagassregnskap, Brekke et al. inkluderer også forbruksvanene på hytta. I tillegg er det en dobbelt så lang transportetappe i Brekke et al. som det er hos meg, samt at det er en sjøhytte og ikke en fjellhytte. Antallet bruksdøgn disse utslippene fordeler seg over er også halvparten av hva jeg legger til grunn. Tabell 15 oppsummerer flere av forskjellene. Jeg synes uansett ikke disse ulikhetene i metode er betydelige nok til å forklare den store forskjellen i resultater. Og når jeg har i bakhodet at det også er en tilsvarende stor forskjell mellom arealbruksresultatene til Dahlstrøm et al. (2012) og arealbruksresultatene mine indikerer dette at jeg enten har gjort noe feil, eller at de systemgenesen jeg har satt utelater viktige deler av hyttebruken. Deler som ville bidratt til at biodiversitetstapet økte betraktelig.



Figur 20 viser det totale klimagassutslippet fra en hytteenhet for de tre forskjellige hyttetyperne under de ulike antagelsene som i figur 16.

Dette skal imidlertid ikke påvirke evnen min til å sammenligne de tre hyttetyperne, noe Figur 20, og resultatene mine generelt, også egner seg godt til. I Figur 20 ser vi at det totale utslippet fra bruken av tradisjonshytta er omtrent like stort som det totale utslippet fra bruken av en seterhytteenhet. Den viktige forskjellen er selvfølgelig at seterhytta fordeler disse utslippene utover mange flere overnattingsdøgn enn hva tradisjonshytta gjør. Det blir allikevel tydelig at den største reduksjonen i totale klimagassutslipp kommer av å endre transportvanene fra buss og bil til tog, slik det er gjort for urbanhytta. Så kan en spørre seg hvorfor transporten til seterhytta er like stor som transporten til tradisjonshytta når seterhytta ikke har bil men buss som transportmiddel. Svaret er antallet bussturer. Når antallet bruksdøgn er tre ganger så stort, vil også det totale transportbehovet være tre ganger så stort slik at de totale utslippene blir høyere. Dette bygger opp under noe jeg tar opp når jeg diskuterer transportdelen, at det er viktig å ikke tenke at det er utelukkende positivt å øke bruksdøgnene til en hytte. Fordi når bruken øker, øker også det totale utslippet, selv om utslippene pr. persondøgn kan gå ned.

Et annet interessant perspektiv jeg vil trekke ut fra Brekke et al. (2018) er muligheten for at hytta kan erstatte andre, mindre miljøvennlige ferieformer. Det er jo dette som er formålet til Brekke et al., bare at de tar utgangspunkt i bilen og har hytta som et alternativ til den og ikke motsatt. I sammenligningen er det cruise-ferien som kommer verst ut, deretter følger både charterturen til Syden, storbyferien og båtturen langs norskekysten. Fellestrekkene for alle disse er at det er selve transporten som, enten det er med båt eller fly, er det som gjør klimagassutslippene betydelige. Derfor kommer også hytta de modellerer godt ut fordi den til sammenligning krever en lav transportavstand. Slik jeg ser det er derfor hytta et godt alternativ til mange andre typer ferier, både med tanke på klimagassutslipp, men også med tanke på biodiversitet fordi global oppvarming som nevnt er en viktig driver av dette.

Slik ønsker jeg også å føre diskusjonen videre på et mer fundamentalt tema; hvorvidt det egentlig er ønskelig med økt hyttebruk, eller om det beste er å slutte å dra på hytta i det hele tatt. Gjennom den funksjonelle enheten jeg i denne oppgaven har brukt er det satt en tydelig preferanse om at hytter som brukes ofte er mer miljøvennlig enn hytter som brukes sjeldent. Gitt at vi ønsker videre hytteutbygging er dette en riktig vinkling å se det fra, men hva om arealbruken i Norge nå begynner å nå et slags bristepunkt? Et punkt hvor biodiversitetstapet blir så stort at viktige økosystemtjenester bryter sammen. Hvorvidt dette er tilfellet vet jeg ikke, men poenget er å problematisere at vi ønsker flere hytter og mere hyttebruk, det finnes mer miljøvennlige ferier enn å dra på hytta (Brekke et al., 2018). Personlig er jeg ikke av den oppfatning at vi burde slutte å bygge og bruke hytter. Det er flere pilarer av bærekraft det er verdt å tenke på, og for det rurale Norge er hyttebebyggelsen viktig. Jeg tror også den er viktig for folkehelse, både fysisk og psykisk gjennom uteaktiviteter og avstand fra et hektisk byliv. Derfor mener jeg arbeidet med å utvikle hytta til en aktivitet som ivaretar både miljømessig, sosial og økonomisk bærekraft er en viktig innsats vi gjør inn mot framtiden.

Tabell 15 sammenligner dataene for hyttebruk fra Brekke et al. (2018) med tilsvarende data fra min modell.

	Min oppgave (tradisjonshytte)	Brekke et al. (2018)
Type hytte	Fjellhytte	Sjøhytte
Transport til og fra	Privatbil (evt. buss el. tog)	Privatbil
Transportavstand	120 km en veg	300 km en veg
Area	93,8 m ²	50 m ²
Levetid	50 år	60 år
Bruksdøgn pr. år	57 dager	30 dager
Personer på hytta	3,3 personer	3 personer
Energibruk	84,5 kWh/m ² /år (elektrisitet) 61,2 kWh/m ² /år (ved)	80 kWh/m ² /år (elektrisitet) 40 kWh/m ² /år (ved)

5.9 Hvilken type hytte vil folk ha?

Jeg presenterte i kapittel 1 hvordan den tradisjonelle typen hytte har forandret seg, jeg nevnte blant annet hvordan hyttebruken har gått fra å være en hard type økoturisme til å bli en myk type (Berker & Gansmo, 2011). Dette er viktige trender å følge med på når jeg her har sett på hyttekonsept som ikke er testet. Fordi det hjelper ikke hva jeg finner ut av hvis markedet for nye hyttetyper ikke vil være der. De siste avsnittene i denne diskusjonen vil derfor være en enkel, kvalitativ vurdering av om seter- og urbanhytta er realistiske alternativer til tradisjonshytta.

Trenden observert gjennom kapittel 1 er at hyttene har gått fra å være et sted med lav teknologisk standard og enkle kår, til et sted med energikrevende teknologi og høy komfort. Johnsen (2011) beskrev dette som en konsekvens av at man ønsker det beste for sine barn, både at de skal ha det komfortabelt på hytta, men også at de skal ha lyst til å komme. Derfor ble det lagt inn vann, strøm, avløp og internett. Men, selv om mange kan bruke sine barn som alibi for å øke komforten på hytta tror jeg det også handler mye om at de voksne selv også setter pris på komforten. Det er derfor ganske tydelig at folk er villige til å kjøpe og bruke hytter som er like moderne, eller kanskje mer, enn deres egentlige hjem. En annen trend jeg har observert er at hyttene allerede bygges tettere og tettere (Erikstein-Midtbø & Helle, 2018; SSB, 2018b). Selv om det kun er 75 meter til nærmeste nabo er ikke dette til hinder for folk å kjøpe hytte, til tross for at hyttedømmen kanskje var noe annerledes.

Med dette som bakgrunn, både at folk ønsker hytter med høyere standard, og at de er villige til å samle seg i større hytteklynger, synes jeg urban- og kanskje spesielt seterhytta virker som realistiske konsept. Spørsmålet jeg har er hvordan ulike fellesløsninger vil fungere, spesielt når det kommer til løsninger som krever større investeringer, for eksempel et bildelingskollektiv. I tillegg er jeg usikker på hvordan mange vil stille seg til det å skulle dele og/eller leie ut hytta, og slik ikke ha full kontroll på den selv. Jeg er allikevel optimistisk med tanke på dette ut ifra at det finnes folk som synes dette er greit. Da tenker jeg både på de som allerede leier ut hytta si (Christiansen, 2018) og de som er villige til å benytte utleide hytter. I tillegg til de som benytter tilbud som turistforeningens betjente, selvbetjente og ubetjente hytter som av Jørgensen (2011) så fint beskrives som Norges «sosialdemokratisk infrastruktur for naturopplevelser». En annen innvendig mot konklusjonen om at seter- og urbanhytta er realistiske konsept er noe jeg observerer hos Aall (2011), at hyttene blir større og boligene mindre. Det kan tenkes at mange som velger å flytte inn i en mindre leilighet i byen gjør dette fordi de ser på hytta som stedet de kan dra når de trenger litt mer plass. Hvis hytta da blir mindre og kanskje må deles med flere, er det ikke sikkert det blir like attraktivt å hverken bo tettere i byen eller å eie hytte. Så selv om jeg tror seter- og urbanhytta er realistiske konsept tror jeg også det er viktig med et variert hyttetilbud slik at det ikke er en hyttetype alene som er den realistiske, men et utvalg forskjellige hytter (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017).

I forlengelsen av dette synes jeg det er interessant å tenke på begrepet Skjeggstad et al. (2009) introduserer; «flerhushjemmet». Dette begrepet legger opp for at det ikke skal eksistere noe skille mellom det som er ens første, og det som er ens andre hjem og at leiligheten i byen og hytta på fjellet til sammen utgjør «hjemmet». Dette fører meg videre på at en mer helhetlig tankegang er nødvendig og at å kun tenke bærekraftige hytter alene ikke nødvendigvis er nok. I stedetfor kan det være at det er det bærekraftige hjemmet man burde forsøke å skape, at man i bærekraftsspørsmål burde tenke på hytta og leiligheten i sammenheng og ikke som to separate enheter. Omfanget av dette blir selvfølgelig veldig stort og er alt for ambisiøst for meg å gå noe videre på uten å lære mer om mye. På den andre siden har jeg fattet interesse for norske hytter og kommer ikke til å legge tankene døde selv om oppgaven nå er slutt.

Konklusjon

Resultatene mine viser at måten det bygges hytter på i dag har et stort forbedringspotensial med tanke på biodiversitet. Gjennom livsløpsvurderingen av de tre hyttetyperne (tradisjons-, seter-, og urbanhytta) med de fire hoveddelene (materialer, transport, energi og direkte arealbruk) har jeg funnet ut at et tiltak som bidrar til å realisere dette potensialet er å bygge hyttene tettere. Dette har flere begrunnelser, for det første vil et redusert arealbruk naturlig redusere biodiversitetstapet. I tillegg vil det ha en stor positiv effekt hvis den mer arealeffektive hyttebyggingen også legger til rette for økt bruk av kollektiv transport samt økt bruk av hver enkelt hytteenhet. Hovedgrunnen for at kollektivtransport er et effektivt tiltak er reduserte klimagassutslipp. Hovedgrunnene for at økt bruk av hver hytteenhet er effektivt er at det blir flere å fordele effektene utover, samt at en mer effektiv bruk av de hytteenhetene vi har reduserer behovet for nye.

Det er fortsatt noen spørsmål som er verdt å stille; først er det om det er realistisk å få til kollektive transportløsninger. Jeg har argumentert for at det er det og at en tettere hyttebygging er et relevant tiltak for å få dette til. Hvis det i tillegg opprettes tilbud som tilfredsstillende behovet for transport når man er på hytta øker sannsynligheten ytterligere. Et annet spørsmål går på om vi egentlig har råd til en økt hyttebruk, eller om vi nærmer oss en bruk av naturen hvor vi må si stopp (ødelegger hytta det vi bygger hytta for å oppleve?). Dette vil i så fall legge tydelige føringer for hvordan jeg burde se resultatene og definere den funksjonelle enheten. Hvis vi har som utgangspunkt at naturen snart sier stopp burde den funksjonelle enheten reflektere totale utslipp, slik at økte transportutslipp blir inkludert når bruken øker, og vi kan se når vi har skadet biodiversiteten for mye. Hvis vi på den andre siden tar som utgangspunkt at økt hyttebruk og flere hytter er ønskelig, og at det er opp til oss hvor mye urørt natur vi ønsker, burde den funksjonelle enheten reflektere hvor effektiv bruken av de hytteenhetene vi har er. Denne andre måten å se resultatene på er den jeg har benyttet.

De to mellompunktskategoriene som har betydning for biodiversitetstapet er arealbruk og klimagasser. Jeg viser tidlig at arealbruket i seg selv er veldig stort, og viser etter hvert at det hovedsakelig skyldes det direkte arealbruket, den tomte hytta står på. Men det er også et betydelig bidrag fra skogbruk, både som inngangsfaktor til trevirke hos materialene og som ved hos energien. Jeg kommer allikevel fram til at jeg ikke vil fraråde noen å bygge hytta si i tre fordi det er flere hensyn å ta enn kun biodiversitet. Da blir det lettere å argumentere for å ha effektive vedovner og generelt å redusere vedforbruket, i alle fall så lenge strømmiksen er såpass miljøvennlig som den er. Jeg synes uansett ikke jeg klarer å forklare godt nok hvorfor biodiversitetstapet fra skogbruket blir så betydelig som det blir.

For klimagassutslippene er det ikke overraskende at det er utslipp fra det å kjøre til og fra hytta som dominerer. Dette reduseres når jeg for seterhytta går fra bil til buss og for urbanhytta går fra bil til tog. For bussen blir dette en halvering av utslippene pr. personøgn før det blir nok en halvering for toget (halvparten av utslippene fra bussen). Det er fortsatt mulig å stille seg spørsmålet om naturen sier stopp, og om vi heller burde sett på totale utslipp heller enn fordelt på personøgn. Gjør vi det blir klimagassutslippene fra seterhytta like store som de fra tradisjonshytta på grunn av den økte transportmengden. Slik er det bare urbanhytta og at den benytter tog som gir en reduksjon i klimagassutslippene. Siden det er transporten som er den viktigste driveren av klimagassutslippene er det også viktig å se på hva lengden av oppholdet på hytta har å si for miljøeffektene, at en hard form for

Økoturisme (lange opphold) vil være lønnsomt sammenlignet med en myk form (korte opphold). Selv om trenden fra litteraturen viser en dreining i motsatt retning.

Så er det også gode grunner for å stille spørsmål ved om denne oppgaven fanger hele det biodiversitetstapet jeg ønsker den skal. Det første spørsmålet jeg stiller går på selve LCIA-metodikken og om alle aspektene ved biodiversitet er godt nok behandlet her. Det finnes flere som er usikre på om antall arter er den beste måten å måle biodiversitet på. Samtidig er biodiversiteten veldig ulik fra land til land, og en skog er ikke bare en skog. Jeg stiller også spørsmål ved måten LCIA tenker at arealet er i bruk på. At det er modellert med absolutte grenser og uten mulighet for å justere aktivitetsnivået på arealet, for eksempel hvor mange biler som kjører på en veg.

Det andre, og største, spørsmålet jeg har til oppgaven baserer seg på sammenligningen med andre studier. Først sammenligner jeg arealbruket mitt med arealbruket til en norsk bolig og har selv et mye lavere arealbruk enn den norske boligen. Så sammenligner jeg klimagassutslippene med en annen hytte-LCA og får veldig mye lavere klimagassutslipp. Selv om det er tydelige forskjeller mellom min studie og de jeg sammenligner med finner jeg det sannsynlig at jeg kan ha undervurdert det totale biodiversitetstapet. Slik burde jeg også forsøkt og tatt med energibruk i byggefasen og transport av arbeidere til og fra byggeplassen. Jeg burde også forsøkt å inkludere effekter fra fritid og generelt forbruk.

Dette skal allikevel ikke ødelegge muligheten jeg har for å sammenligne de tre hyttetyperne, og konklusjonen fra de tidlige avsnittene om at måten å bygge hytter på har et forbedringspotensial står jeg fortsatt sterkt ved. Jeg vil derfor avslutte konklusjonen med det samme som jeg avslutter diskusjonen med; at jeg tror det både er nødvendig og mulig å tenke nytt om hvordan vi skal bygge og bruke hytter.

Referanseliste

- Aall, C. (2011). Hyttebruk og miljø: en arena for nøysomhet eller overforbruk? In H. J. Gansmo, T. Berker, & F. A. Jørgensen (Eds.), *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag* (1st ed., pp. 107–124). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Arnesen, T., Kvamme, S., & Skjeggedal, T. (2018). *Fritidsboliger og friluftsliv i fjellområdene*. Lillehammer, Norge.
- AtB. (2019). Bussene som settes i trafikk. Retrieved February 27, 2019, from <https://www.atb.no/nye-og-moderne-busser/bussene-som-settes-i-trafikk-article13026-1700.html>
- Bala, G., Caldeira, K., Wickett, M., Phillips, T. J., Lobell, D. B., Delire, C., & Mirin, A. (2007). Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(16), 6550–6555. <https://doi.org/10.1073/pnas.0608998104>
- Berker, T., & Gansmo, H. J. (2011). Bærekraftig urbanisering? Endringer i den norske hyttekulturen. In H. J. Gansmo, T. Berker, & F. A. Jørgensen (Eds.), *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag* (1st ed., pp. 165–177). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Bevan, M., & Rhodes, D. (2005). The impact of second and holiday homes on rural communities in Scotland. *PRECiS*, (86).
- Bonan, G. (2008). Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, *320*(5882), 1444–1449. <https://doi.org/10.1126/science.1155121>
- Brekke, A., Saxegård, S. A., Nilsen, M., & Tellenes, L. G. (2018). *Hvor klimavennlig er det å ta med seg hytta på ferie? Et klimagassregnskap for bobiler*. Elverum.
- Buckland, S. (2009). Quantifying biodiversity. *Significance*, *6*(3), 105–107. <https://doi.org/10.1111/j.1740-9713.2009.00371.x>
- Buø, T. (2015). *Environmental Assessment of Bus Transport in the Trondheim Region (Master Thesis)*. NTNU, Trondheim.
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *29*, 394–416. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>
- Carre, A. (2011). *A comparative life cycle assessment of alternative constructions of a typical Australian house design. Forest and Wood Products Australia, Project number PNA*. Melbourne, Australia.
- Chaplin, D. (1999). Consuming work/productive leisure: The consumption patterns of second home environments. *Leisure Studies*, *18*(1), 41–55. <https://doi.org/10.1080/026143699375041>
- Chaudhary, A., Verones, F., de Baan, L., Pfister, S., & Hellweg, S. (2016). Chapter 11: Land stress: Potential species loss from land use. In *LC-Impact handbook* (pp. 90–101). Dordrecht, Netherlands: Springer US. Retrieved from http://www.lc-impact.eu/downloads/documents/Land_stress_chapter_LC-Impact_July_17_2016.pdf
- Christiansen, H. (2018). Kjøpte hytte for tre år siden. Nå betaler den seg selv. Retrieved May 8, 2018, from <https://www.adressa.no/bolig/Kjopte-hytte-for-tre-ar-siden-Na-betaler-den-seg-selv-11595b.html?rs2321361557300013930&t=1>

- Copernicus. (2019). CORINE Land Cover. Retrieved March 16, 2019, from <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>
- Curran, M., De Souza, D. M., Antón, A., Teixeira, R. F. M., Michelsen, O., Vidal-Legaz, B., ... Milà I Canals, L. (2016). How Well Does LCA Model Land Use Impacts on Biodiversity? - A Comparison with Approaches from Ecology and Conservation. *Environmental Science and Technology*, 50(6), 2782–2795. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04681>
- Curran, M., Hellweg, S., & Beck, J. (2014). Is there any empirical support for biodiversity offset policy? *Ecological Applications*, 24(4), 617–632. <https://doi.org/10.1890/13-0243.1>
- Dahlstrøm, O., Sørnes, K., Eriksen, S. T., & Hertwich, E. G. (2012). Life cycle assessment of a single-family residence built to either conventional- or passive house standard. *Energy and Buildings*, 54, 470–479. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.029>
- de Baan, L., Alkemade, R., & Koellner, T. (2013). Land use impacts on biodiversity in LCA: A global approach. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), 1216–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0412-0>
- Di Gregorio, A., & Jansen, L. J. M. (2000). *Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual*. *Fao* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Dijst, M., Lanzendorf, M., Barendregt, A., & Smit, L. (2005). Second homes in Germany and the Netherlands: Ownership and travel impact explained. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 96(2), 139–152. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2005.00446.x>
- Dokka, T. H., Wiberg, A. H., Georges, L., Mellegård, S., Time, B., Haase, M., ... Lien, A. G. (2013). *A zero emission concept analysis of a single family house- ZEB Project report 9*. Trondheim, Norge. Retrieved from https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2387643/ZEB+rapport_no_09.pdf?sequence=3
- Dorber, M., May, R., & Veronesi, F. (2018). Modeling Net Land Occupation of Hydropower Reservoirs in Norway for Use in Life Cycle Assessment. *Environmental Science and Technology*, 52, 2375–2384. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05125>
- ecoinvent. (2018). Information on ecoinvent 3. Retrieved May 14, 2019, from <https://www.ecoinvent.org/support/documents-and-files/information-on-ecoinvent-3/information-on-ecoinvent-3.html#3123>
- Ericsson, B., Skjeggedal, T., Arnesen, T., & Overvåg, K. (2011). *Second Homes i Norge. Bidrag til en nordisk utredning*. Lillehammer, Norge.
- Erikstein-Midtbø, G., & Helle, A. M. (2018, December 25). Me fjernar oss stadig lengre frå den norske hyttedraumen. Retrieved December 25, 2018, from <https://www.nrk.no/buskerud/me-fjernar-oss-stadig-lengre-fra-den-norske-hyttedraumen-1.14345676>
- Fahrig, L., & Rytwinski, T. (2009). Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, 14(1). <https://doi.org/10.5751/ES-02815-140121>
- Farstad, M., Rye, J., & Almås, R. (2009). *By, bygd og fritidsboliger 2008: Kommentert frekvensrapport*. Trondheim, Norge.

- Finstan, A.-I., & Fjeld, I. E. (2019, May 7). Hyttebygging er ein av dei største trugslane mot norsk natur. Retrieved May 20, 2019, from https://www.nrk.no/norge/_-hyttebygging-er-den-storste-trugselen-mot-norsk-natur-1.14540152
- Fischer, M., Rounsevell, M., Torre-Marín Rando, A., Mader, A., Church, A., Elbakidze, M., ... Christie, M. (2018). *Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and*. Bonn, Tyskland.
- Flognfeldt, T. (1996). Hvordan gjøre fritidshusene lønnsomme for bygda? In K. AAsbrenn & M. S. Haugen (Eds.), *Opp og stå, gamle Norge: 16 artikler om distriktspolitikk og lokalt utviklingsarbeid*. (1st ed., pp. 147–162). Oslo, Norge: Landbruksforlaget. Retrieved from https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2010051803045
- Fossdal, S. (1995). *Energi- og miljøregnskap for bygg*. Oslo, Norge.
- Gansmo, H. J., Berker, T., & Jørgensen, F. A. (2011). *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag*. (1st ed.). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004). *Biodiversity an Introduction* (2nd ed.). Malden, Massachusetts: Blackwell Publications. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.11.002>
- Goedkoop, M. J., Heijungs, R., Huijbregts, M. A. J., Schryver, A. De, Struijs, J., & van Zelm, R. (2013). Category indicators at the midpoint and the endpoint level ReCiPe 2008. *ResearchGate*, (June 2016), 126. <https://doi.org/10.2307/40184439>
- Goedkoop, M., Oele, M., Leijting, J., Ponsioen, T., & Meijer, E. (2016). *Introduction to LCA with SimaPro Colophon* (Vol. 5.2). San Francisco, California. Retrieved from <https://simapro.com/>
- Gørbitz, J. G. (2019). *Masteroppgave ved NTNU våren 2019*. NTNU, Trondheim.
- Grimstad, I., & Lyngø, I. J. (1993). The Pleasure of the Holiday Cabin. *Ethnologia Scandinavica*, 23, 45–57.
- Gurigard, K. (2004). *Energi- og miljøriktig fritids- og turistutbygging*. Oslo, Norge.
- Gustavsson, L., Joelsson, A., & Sathre, R. (2010). Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building. *Energy and Buildings*, 42(2), 230–242. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.018>
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons Author: Garrett Hardin Published by : American Association for the Advancement of Science Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1724745>. *Science*, 162(3859), 1243–1248.
- Hauschild, M. Z., & Huijbregts, M. A. J. (2015). *LCA Compendium—Life cycle impact assessment* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1007/BF02978760>
- Hidle, K., & Ellingsen, W. (2011). Hyttemobilitet som kulturfenomen. In H. J. Gansmo, T. Berker, & F. A. Jørgensen (Eds.), *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag* (1st ed., pp. 91–106). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Huang, Y., & Yi, C. (2011). Second home ownership in transitional Urban China. *Housing Studies*, 26(3), 423–447. <https://doi.org/10.1080/02673037.2011.542100>
- Huijbregts, M., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M. D. M., ... van Zelm, R. (2016). *ReCiPe 2016*. Bilthoven. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>
- Islam, H., Jollands, M., & Setunge, S. (2015). Life cycle assessment and life cycle cost implication of

- residential buildings - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.006>
- ISO. NS-EN ISO 14040:2016 - Miljøstyring. Livsløpsvurdering. Prinsipper og rammeverk (2016). Geneva, Switzerland: Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen.
- Itten, R., Frischknecht, R., & Stucki, M. (2014). *Life Cycle Inventories of Electricity Mixes and Grid*. Uster, Sveits. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10220.87682>
- Jaakson, R. (1986). Second-Home Domestic Tourism. *Annals of Tourism Research*, 13, 367–391.
- Johnsen, T. K. (2011). Med barn på hytta - energikrevende rekreasjon. In H. J. Gansmo, T. Berker, & F. A. Jørgensen (Eds.), *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag* (1st ed., pp. 75–90). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Joos, F., Roth, R., Fuglestvedt, J. S., Peters, G. P., Enting, I. G., Von Bloh, W., ... Weaver, A. J. (2013). Carbon dioxide and climate impulse response functions for the computation of greenhouse gas metrics: A multi-model analysis. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(5), 2793–2825. <https://doi.org/10.5194/acp-13-2793-2013>
- Jordhøy, P., Strand, O., Sørensen, R., Andersen, R., & Panzacchi, M. (2012). *Villreinen i Snøhetta- og Knutshømrådet*. Trondheim, Norge.
- Jørgensen, F. A. (2011). Den første hyttakrisa. Samfunnsplanlegging, naturbilder og almenningens tragedie. In H. J. Gansmo, T. Berker, & F. A. Jørgensen (Eds.), *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag* (1st ed., pp. 37–52). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Jystad, B. (2015). *Hytteundersøkelsen i Oppdal 2015*. Oppdal.
- Kajikawa, Y. (2008). Research core and framework of sustainability science. *Sustainability Science*, 3(2), 215–239. <https://doi.org/10.1007/s11625-008-0053-1>
- Kaltenborn, B. P. (1997). Nature of place attachment: A study among recreation homeowners in southern Norway. *Leisure Sciences*, 19(3), 175–189. <https://doi.org/10.1080/01490409709512248>
- Kaltenborn, B. P. (1998). The alternate home - motives of recreation home use. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 52(3), 121–134. <https://doi.org/10.1080/00291959808552393>
- Kaltenborn, B. P., Bjerke, T., Thrane, C., Andersen, O., P. Nellesmann, C., & Eide, N. E. (2005). *Holdninger til hyttliv og utvikling av hytteområder*. Lillehammer, Norge.
- Kastenhofer, K., & Rammel, C. (2005). Obstacles to and potentials of the societal implementation of sustainable development: a comparative analysis of two case studies. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 1(2), 5–13. <https://doi.org/10.1080/15487733.2005.11907968>
- Koellner, T., De Baan, L., Beck, T., Brandão, M., Civit, B., Goedkoop, M., ... Wittstock, B. (2013). Principles for life cycle inventories of land use on a global scale. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), 1203–1215. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0392-0>
- Koellner, T., De Baan, L., Beck, T., Brandão, M., Civit, B., Margni, M., ... Müller-Wenk, R. (2013). UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), 1188–1202. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0579-z>

- Koellner, T., & Scholz, R. W. (2008). Assessment of land use impacts on the natural environment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(1), 32–48. <https://doi.org/10.1007/s11367-006-0292-2>
- Kristjansdottir, T. F., Houlihan-Wiberg, A., Andresen, I., Georges, L., Heeren, N., Good, C. S., & Brattebø, H. (2018). Is a net life cycle balance for energy and materials achievable for a zero emission single-family building in Norway? *Energy and Buildings*, 168, 457–469. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.046>
- Larrey-Lassalle, P., Loiseau, E., Roux, P., Lopez-Ferber, M., & Rosenbaum, R. K. (2018). Developing characterisation factors for land fragmentation impacts on biodiversity in LCA: key learnings from a sugarcane case study. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1449-5>
- Lucon, O., & Ürge-Vorsatz, D. (2014). *Working Group III - Mitigation of Climate Change, Chapter 9 Buildings*. Geneva, Switzerland.
- Lundhytta. (2019). Mailkorrespondanse med Lundhytta april 2019. Trondheim, Norge.
- Lundsbakken, M., Jakobsen, S. B., Mindeberg, S. K., Østenby, A. M., Dalen, E. V, Bjerkestrand, E., ... Engebriksen, K. H. (2019). *Forslag til nasjonal ramme for vindkraft*. Oslo, Norge.
- Mace, G. M., Norris, K., & Fitter, A. H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*, 27(1), 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>
- Meland, A., Selbæk, T. L., & Flå, E. (2019). Møte med Nasjonalparken Næringshage 28.03.19. Oppdal.
- Meteorologisk institutt. (2019). Værdata fra yr.no. Retrieved May 18, 2019, from <https://www.yr.no/>
- Michelsen, O. (2007). Assessment of land use impact on biodiversity: Proposal of a new methodology exemplified with forestry operations in Norway. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(1), 22–31. Retrieved from <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed8&NEWS=N&AN=2008060378>
- Milà i Canals, L., Bauer, C., Depestele, J., Dubreuil, A., Knuchel, R. F., Gaillard, G., ... Rydgren, B. (2007). Key Elements in a Framework for Land Use Impact Assessment Within LCA. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 12(1), 5–15. <https://doi.org/10.1065/lca2006.05.250>
- Miljøverndepartementet. (2009). *Lovkommentar til plandelen av ny plan- og bygningslov*. Oslo, Norge.
- Nordby, A. S. (2011). Carbon reductions and building regulations: the case of Norwegian mountain cabins. *Building Research and Information*, 39(6), 553–565. <https://doi.org/10.1080/09613218.2011.604280>
- Norkart. (2019). Offentlig digitalt kartverktøy. Retrieved June 8, 2019, from <http://kommunekart.com/>
- NSB. (2019). NSB Miljøkalkulator. Retrieved February 18, 2019, from <https://www.nsb.no/om-nsb/nsb-og-miljo/Miljøkalkulator>
- Overvåg, K., & Berg, N. G. (2011). Second homes, rurality and contested space in eastern Norway. *Tourism Geographies*, 13(3), 417–442. <https://doi.org/10.1080/14616688.2011.570778>

- Pir2, & Nasjonalparken Næringshage. (2017). *Grønn fjellhageby: Bærekraftig hytteutbygging i fjellområder*. Oppdal.
- Rasmussen, E. (2019, April 1). Demonstranter stoppet gravemaskin på vei til vindpark på Frøya. Retrieved from <https://www.adressa.no/nyheter/trondelag/2019/04/01/Demonstranter-stoppet-gravemaskin-pa-vei-til-vindpark-pa-Froya-18778962.ece>
- Rees, E. (2011). "Det egentlige Norge" - hytter i norsk litteratur, ca. 1814 - 2005. In H. J. Gansmo, T. Berker, & F. A. Jørgensen (Eds.), *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag* (1st ed., pp. 23–36). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Rye, J. F., & Berg, N. G. (2011). The second home phenomenon and Norwegian rurality. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 65(3), 126–136. <https://doi.org/10.1080/00291951.2011.597873>
- Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., Shree, V., & Varun. (2011). Life cycle assessment of buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 871–875. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.008>
- Skjeggedal, T., & Overvåg, K. (2015). *Fjellbygd eller feriefjell?* (K. Overvåg, Ed.) (1st ed.). Bergen, Norge: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Skjeggedal, T., Overvåg, K., Arnesen, T., & Ericsson, B. (2009). Hytteliv i endring. *Plan*, 6, 42–49.
- Skjeggedal, T., Overvåg, K., Arnesen, T., & Ericsson, B. (2015). Hytteliv i endring - fra fritidsbolig til flerhushjem. In T. Skjeggedal & Ove (Eds.), *Fjellbygd eller feriefjell?* (1st ed., pp. 55–78). Bergen, Norge: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Slagstad, H., & Brattebø, H. (2012). LCA for household waste management when planning a new urban settlement. *Waste Management*, 32(7), 1482–1490. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.03.018>
- Solli, C., Reenaas, M., Strømman, A. H., & Hertwich, E. G. (2009). Life cycle assessment of wood-based heating in Norway. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(6), 517–528. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0086-4>
- Sømme, A. (1963). Regulering i fjellet. *Norsk Tidsskrift for Jordskifte Og Landmålig*, 26(5), 185–194.
- Sømme, A. (1965). *Fjellbygd og Feriefjell*. (A. Sømme, Ed.) (1st ed.). Oslo, Norge: Cappelen. Retrieved from https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2007042500018?page=7
- SSB. (2014). Energibruk i husholdningene. Retrieved March 6, 2019, from <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/husenergi>
- SSB. (2017). Vedforbruk i boliger og fritidsboliger. Retrieved March 6, 2019, from <https://www.ssb.no/statbank/table/09702/chartViewColumn/>
- SSB. (2018a). Fritidsbyggområder. Retrieved January 16, 2019, from <https://statbank.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/fritidsbyggomr/aar>
- SSB. (2018b). Tettere hyttebygging. Retrieved May 8, 2019, from <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/tettere-hyttebygging>
- SSB. (2019). Eksisterende bygningsmasse. Fritidsbygg etter bygningstype. Retrieved April 1, 2019, from <https://www.ssb.no/statbank/table/03174/>

- Stamnes, E. (2011). Hytter og vernet fjellnatur. Status problemer og mulige løsninger. In H. J. Gansmo, T. Berker, & F. A. Jørgensen (Eds.), *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag* (1st ed., pp. 145–164). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Støa, E., Manum, B., & Aune, M. (2011). Drømmen om det enkle liv - et grunnlag for en mer bærekraftig hyttekultur? In H. J. Gansmo, T. Berker, & F. A. Jørgensen (Eds.), *Norske hytter i endring. Om bærekraft og behag* (1st ed., pp. 53–74). Trondheim, Norge: Tapir akademisk forlag.
- Strømseng, A. E., & Ljønes, M. (2000). *Vertikal transport av tungmetaller i sandjord. Mobilitet, transport og fordeling av bly, kobber, antimon og sink tilknyttet en 30 m ytendørs skytebane på Sessvollmoen*. Kjeller, Norge.
- Sundvor, C. F. (2013). *Life Cycle Assessment of Road Vehicles for Private and Public Transportation (Master Thesis)*. NTNU, Trondheim.
- Taugbøl, T., Vistad, O. I., Nellemann, C., Kaltenborn, B., Flyen, A.-C., Swensen, G., ... Gurigard, K. (2000). *Norsk institutt for naturforskning Hyttebygging i Norge En oppsummering og vurdering av ulike miljø- og sam- Hyttebygging i Norge En oppsummering og vurdering av ulike miljø- og sam-*. Lillehammer, Norge.
- Teigen, H., & Skjeggedal, T. (2015). Fjellpolitikk. Eit historisk tilbakeblikk. In T. Skjeggedal & K. Overvåg (Eds.), *Fjellbygd eller feriefjell?* (1st ed., pp. 33–54). Bergen, Norge: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Thorvaldsen, M. B. (2018). *Prosjektoppgave høst 2018: Hyttens arealbruk og biodiversitetstap*. Trondheim, Norge.
- Trønderenergi. (2019). Frøya vindpark. Retrieved May 15, 2019, from <https://tronderenergi.no/vind/froya>
- United Nations. (1992). *Convention on Biological Diversity*. Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112645>
- Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234), 571–573. Retrieved from <http://www.mfa.go.th/main/th/issues/42472.html>
- Van Patten, S. R., & Williams, D. R. (2008). Problems in place: Using discursive social psychology to investigate the meanings of seasonal homes. *Leisure Sciences*, 30(5), 448–464. <https://doi.org/10.1080/01490400802353190>
- Wahl, T. S. (2007). Energibruk i hytter - dramatisk vekst? In T. A. Johnsen (Ed.), *Kvartalsrapport for kraftmerkedet, 2. kvartal 2007* (1st ed., pp. 51–59). Oslo, Norge: NVE.
- Watson, R. T., Rosswall, T., Steiner, A., Töpfer, K., Arico, S., & Bridgewater, P. (2007). *Ecosystems and Human Well-Being*. <https://doi.org/10.1057/9780230625600>
- Weaver, D. B. (2005). Comprehensive and minimalist dimensions of ecotourism. *Annals of Tourism Research*, 32(2), 439–455. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2004.08.003>
- Williams, D. R., & Kaltenborn, B. P. (1999). Leisure Places and Modernity: The use and meaning of recreational cottages in Norway and the USA. In D. Crouch (Ed.), *Leisure/tourism geographies - Practices and geographical knowledge* (1st ed., pp. 214–230). London: Routledge.
- Wolfe, R. I. (1951). Summer Cottagers in Ontario. *Economic Geography*, 27(1), 10–32.

Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A., & Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, 44(12), 2510–2520. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001>

Vedlegg 1 SimaPro

Dette vedlegget går detaljert inn i hvordan hyttebruken er modellert i SimaPro, det er lagt vekt på å gjengi hvilke prosesser i SimaPro som er benyttet for å lage de ulike prosessene i hyttebruken og hvilke endringer som evt. er gjort for å tilpasse dem norske forhold. Der det ikke er gjort noen tilpasninger er det også forsøkt å forklare hvorfor og evt. om det burde vært gjort tilpasninger.

Videre er dette vedlegget delt i fem deler, først fire etter driverne som er inkludert i hyttebruken, deretter en femte del om hvordan alle fire er flettet sammen til hyttebruken. Den første delen presenterer den fysiske hytta og materialene brukt til å bygge den. Deretter presenteres transporten og de ulike transportsenarioene som kan ta hytteeieren til hytta, så kommer det direkte arealbruket og hyttetomta, før vedlegget beskriver energibruken. Til slutt beskrives hvordan disse fire delene er satt sammen til en prosess med casestudier. Referansene som oppgis her kan finnes i referanselisten på side 74.

V.1.1 Materialer:

Denne delen av vedlegget vil presentere hvordan materialene som bygger opp den fysiske hytta er modellert. Hvilke studier dataene er hentet fra og hvordan dette er tilpasset databasen til SimaPro (Ecoinvent). Det vil først komme en liten introduksjon, deretter vil regnskapet for de tre hyttetypene (1.1 Tradisjonshytta, 1.2 Seterhytta og 1.3 Urbanhytta) presenteres hver for seg.

Basert på hvordan dataene er oppgitt i studiene jeg har sett på har jeg delt bygget inn i ulike deler (vegg, tak, gulv osv.). Tradisjonshytten og seterhytten tar utgangspunkt i samme studie (Dokka et al., 2013) og vil derfor ha de samme delene. Urbanhytta er bygningsmessig en del annerledes og vil derfor også ha litt andre deler utifra den studien jeg har basert dataene på (Gustavsson et al., 2010). En liten svakhet er at ingen av studiene er hytter, slik at jeg ikke kan bruke dataene direkte. Derfor har jeg normalisert dataene slik at jeg kan sette opp en bygning med vilkårlig størrelse. For å forenkle dette ser jeg for meg at hytten er kvadratisk, slik at med et gitt grunnflateareal, A , og en etasjehøyde, h , vil ytterveggarealet, VA , være gitt av formelen:

$$VA = 4 * h * \sqrt{A} \quad V.1.1$$

V.1.1.1 Tradisjonshytta:

Utgangspunktet for denne hytta er en norsk toetasjes enebolig beskrevet i Dokka et al. (2013). De modellerte denne boligen fordi de ville vurdere om det er mulig å bygge ZEB-OM, nullutslippsbygg som både veier opp for utslipp knyttet til bruksfasen og til materialene i bygningen. Boligen, som er i to etasjer, har et overflateareal på 80m² pr etasje og høyden under taket er 2,5m, arealet av innerveggen er antatt å være 15% av ytterveggarealet. Dokka et al. (2013) har delt sitt livsløpsregnskap inn i åtte deler og oppgir totalt materialbruk for hele hytta for alle disse åtte delene, jeg har forkortet dette til fem kategorier, hvordan jeg har slått sammen delene til Dokka et al. er vist i *Tabell V1-1*, der har jeg også vist hvordan mine deler er normalisert. Videre er heller ikke alle inngangsfaktorene som utgjør disse delene helt like i Dokka et al. som de er i min modell i SimaPro, *Tabell V1-2* viser hvordan jeg har tilpasset dette.

Videre setter jeg overflatearealet til tradisjonshytta til 93,8 m² etter den gjennomsnittlige størrelsen på hytter i Oppdal (Jystad, 2015). Veggarealet, gitt av formelen V1.1, blir da 96,9 m², innerveggarealet blir 14,5 m² (15% av ytterveggareal). Disse dataene er deretter sendt til Lundhytta (Lundhytta, 2019) for å få en ekstern aktør som bygger hytter til å se over og korrigere disse tallene. I Tabell V1-3 vises hele dette inventaret, både delene, SimaPro-prosessene og det normaliserte materialbruket etter at Lundhyttas kommentarer er tatt høyde for.

Tabell V1-1 viser hvordan jeg har tilpasset delene av hytta i Dokka et al. (2013) samt hvordan verdiene er normalisert.

Min del	Dokka et al. (2013)	Normalisering
Fundament	Foundation	Normalisert på overflateareal
	Bearing construction	
Yttervegg	Outer walls	Normalisert på ytterveggareal
Innervegg	Inner walls	Normalisert på innerveggareal
Gulv	Structural decks	Normalisert på overflateareal
Outer roof	Tak	Normalisert på overflateareal
Tatt vekk	Other	
	Technical	

Tabell V1-2 viser hvordan jeg med innspill fra Lundhytta (Lundhytta, 2019) har tilpasset inngangsfaktorene Dokka et al. (2013) bruker til min oppgave. De sammenslått cellene viser hvor jeg har slått sammen to av inngangsfaktorene til en.

Dokka et al. (2013)	Min SimaPro modell
Concrete, normal, at plant/CH U	Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for Alloc Def, U
Expanded Polystyrene foam slab, at plant/RER	Polystyrene foam slab for perimeter insulation {GLO} market for Alloc Def, U
Plastic Polyethylene (LDPE)	Polyethylene, low density, granulate {RER} production Alloc Def, U
PE foil (0,2mm) Tyvek el tilsvarende	
Massivholz Buche, Eiche, kammergetrocknet, gehobelt (EMPA)	Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER} market for Alloc Def, U
Sawn timber, softwood, planed, air dried, at plant/RER U	
Steel, low-alloyed, at plant/RER U ZEB	Steel, low-alloyed {GLO} market for Alloc Def, U
Glass wool mat, at plant/CH U	Glass wool mat {GLO} market for Alloc Def, U
EPS 400mm (0,036 W/Mk)	
Gypsum plaster board, at plant/CH U	Gypsum plasterboard {GLO} market for Alloc Def, U
Kraftpapier	Kraft paper, unbleached {GLO} market for Alloc Def, U
EDP-Cembrit Etna True - Fiber cement To gate - Finland - 2012	Ikke nødvendig for hytte, derfor fjernet.
Flat glass, coated, at plant/RER U	Flat glass, coated {GLO} market for Alloc Def, U
Glass window	
Ceramic tiles, at regional storage/CH U	Ceramic tile {GLO} market for Alloc Def, U
Medium density fibre boards	Fibreboard, soft {GLO} market for Alloc Def, U
Asfalt (ATB) (Asphaltdeckschicht)	Concrete roof tile {GLO} market for Alloc Def, U
OBS/ 3 plate (15 mm)	Oriented strand board {GLO} market for Alloc Def, U

Tabell V1-3 viser inngangsfaktorene pr. m2 for tradisjons- og seterhytta. Tallene er hentet fra Dokka et al. (2013) og tilpasset hyttebygging med hjelp av Lundhytta (2019).

		Fundament	Yttervegg	Innervegg	Gulv	Tak
Concrete, sole plate and foundation {GLO} market for Alloc Def, U	m3	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000
Polystyrene foam slab for perimeter insulation {GLO} market for Alloc Def, U	kg	9,470	0,000	0,000	0,000	0,000
Polyethylene, low density, granulate {RER} production Alloc Def, U	kg	0,197	0,153	0,000	0,000	0,199
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER} market for Alloc Def, U	m3	0,00000	0,060	0,020	0,030	0,050
Steel, low-alloyed {GLO} market for Alloc Def, U	kg	15,700	0,000	0,000	0,000	0,000
Glass wool mat {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,000	5,950	1,700	4,250	6,800
Gypsum plasterboard {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,000	7,500	20,000	0,000	9,200
Kraft paper, unbleached {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,000	0,900	0,000	0,000	0,000
Flat glass, coated {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,000	31,200	8,000	0,000	0,000
Ceramic tile {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,000	0,000	20,000	20,000	0,000
Fibreboard, soft {GLO} market for Alloc Def, U	m3	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000
Concrete roof tile {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,000	0,000	0,000	0,000	47,000
Oriented strand board {GLO} market for Alloc Def, U	m3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030

V.1.1.2 Seterhytta:

Forskjellene mellom seterhytta og tradisjonshytta går ikke på materialer, men heller på størrelse og plassering. Derfor anser jeg ikke materialene som brukes til å bygge seterhytta noe annerledes enn materialene som brukes for å bygge tradisjonshytta. Slik vil Tabell V1-3, og forklaringene av den fra kapitlet over (Vedlegg 1, 1.1) også gjelde for seterhytta. Det totale overflatearealet til Seterhytta er satt i samarbeid med Nasjonalparken Næringshage (Meland et al., 2019) til 60 m2, som gir et totalt ytterveggareal, av formel V1.1, på 77,5 m2 og igjen et innerveggareal på 11,6 m2. En annen forskjell for materialene til seterhytta kontra tradisjonshytta er fellesbygger jeg antar seterhytta skal ha. For enkelhetsskyld setter jeg materialene for denne lik som for seter- og tradisjonshytta med en størrelse på 100 m2 som gir ytterveggareal lik 100 m2 etter formel V1.1 med høyde 2,5 m og innerveggareal på 15 m2.

V.1.1.3 Urbanhytta:

Utgangspunktet for Urbanhytta er en åtte etasjes høyblokk i Växjö, sør-Sverige, beskrevet av Gustavsson et al. (2010). Siden det er en geografisk forskjell mellom typiske norske hyttestedestinasjoner (f.eks Oppdal) og Växjö har jeg sjekket yr.no, og værhistorikken som kan finnes der. Der vises det at det i Oppdal (-22°C) er en del kaldere om vinteren enn hva det er i Växjö (-4,5°C). Derfor har jeg justert mengden isolasjon (i SimaPro «Rock wool {GLO}| market for | Alloc Def, U») i tak og yttervegger slik at det er like mye isolasjon i denne urbanhytta som det er i seterhytta og tradisjonshytta. Intuitivt kan det da tenkes at ytterveggen blir tykkere, noe som igjen medfører at det trengs mere av de andre materialene også, men med begrenset tilgang og kjennskap til dataene tar jeg ikke høyde for dette.

Videre må også inngangsfaktorene i Gustavsson et al. (2010) tilpasses gjennom det at de oppgir totalt materialbruk og at inngangsfaktorene ikke er tilpasset Ecoinvent. Tabell V1-5 viser hvilke inngangsfaktorer Gustavsson har og hvilke prosesser fra databasen i SimaPro jeg har brukt for å

modellere samme inngangsfaktor. Når det kommer til oppdelingen av bygget har jeg brukt de samme delene som Gustavsson og normalisert på følgende måte:

- Overflateareal: Gulv og annet.
- Etasjeareal: Fundament og tak
- Ytterveggareal: Yttervegg og vindu
- Innerveggareal: Innervegg og dør
- Antall etasjer: Trappehus
- Antall leiligheter: Balkong

Det som er verdt å kommentere på her er trappehuset og balkongen. Trappehuset er normalisert på antall etasjer fordi mengden trappehus ikke direkte avhenger av overflatearealet, men av antallet etasjer. Det samme gjelder for balkongene, som ikke de heller avhenger av overflatearealet, men heller av antallet leiligheter. Denne normaliseringen av dataene fra Gustavsson et al. (2010) har både positive og negative sider. Først er det positivt fordi det tilfører mer nøyaktighet i hvilke bygningsdeler effektene kommer fra og forskjellen mellom ulike bygningsdeler. Hadde balkongen blitt normalisert på overflateareal, ville balkongen blitt større når urbanhytten ble det og det er ingen selvfølge. På samme måte, hvis trappehuset hadde vært normalisert på overflateareal, eller etasjeareal, ville trappehuset blitt større når urbanhytten ble større uten at det nødvendigvis ble lagt til en ekstra etasje. Svakheten er at jeg blir mye mer avhengig av å vite hvordan urbanhytten ser ut. Hadde jeg normalisert alt på overflateareal kunne jeg bare sagt at jeg skal hatt en større overflateareal også hadde det ikke spilt noen rolle hvordan dette fordelte seg på etasjer og leiligheter. Nå må jeg være mer konkret i å definere antall etasjer og leiligheter. Der har jeg antatt at denne urbanhytta har 4 etasjer med 12 leiligheter med gjennomsnittstørrelse 65 m².

Ytterveggarealet er beregnet med formel V.1.1 med etasjeareal som A, h lik 2,5m. Deretter ganget dette opp med åtte for å få med veggen til alle etasjene. Innerveggarealet til en slik høyblokk er regnet ut basert på plantegninger for Heimdal stasjonsby og funnet å være 147% av ytterveggarealet. Tolkningen av dette er at det er mye mer veggareal på innsiden av en blokk enn i en enebolig, noe jeg finner naturlig da det i høyblokker generelt er mindre enheter som alle skal ha de samme rommene (bad, kjøkken, stue, soverom ol.) som i en enebolig. Boenhetene er gjerne også mindre, slik at veggarealet pr gulvareal er større for leiligheten enn eneboligene.

Tabell V1-4 viser inngangsfaktorene til urbanhytta normalisert slik det er beskrevet i teksten over.

		Fundament	Gulv	Tak	Yttervegg	Innervegg	Vindu	Dør	Balkonger	Trappehus	Annet
Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER} market for Alloc Def, U	m3	0,0000	0,0221	0,0657	0,0149	0,0158	0,0088	0,0102	0,2763	0,0000	0,0000
Sawnwood, hardwood, kiln dried, planed {RER} market for Alloc Def, U	m3	0,0000	0,0161	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,2952	0,0018
Glued laminated timber, for indoor use {GLO} market for Alloc Def, U	m3	0,0000	0,1072	0,0000	0,1100	0,0370	0,0000	0,0000	3,1278	0,6070	0,0000
Particle board, for indoor use {GLO} market for Alloc Def, U	m3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0573	0,0060
Plywood, for indoor use {RER} market for Alloc Def, U	m3	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gypsum plasterboard {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	21,8705	21,5744	14,5698	48,0763	0,0000	0,0000	257,2424	40,1250	0,0000
Concrete, 30-32MPa {GLO} market for Alloc Def, U	m3	0,0595	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2716	0,0000
Concrete, 35MPa {GLO} market for Alloc Def, U	m3	1,2863	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Concrete, 50MPa {GLO} market for Alloc Def, U	m3	0,1491	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Limestone, crushed, for mill {GLO} market for Alloc Def, U	kg	345,0053	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Limestone, unprocessed {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1510	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Flat glass, coated {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	11,4570	0,0675	302,6970	20,2500	0,0614
Ceramic tile {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	2,6257	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,9579
Reinforcing steel {GLO} market for Alloc Def, U	kg	80,7777	4,6144	3,4120	0,7681	1,9279	0,1345	0,6248	12,0303	10,6250	3,5679
Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5764	0,0447	9,6364	0,0000	0,0000
Rock wool {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	5,8130	7,9050	13,8640	13,1610	0,0000	0,0000	0,0000	2,6250	0,0000
Synthetic rubber {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	10,3750	0,0000
Polypropylene, granulate {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0317	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Polyurethane, rigid foam {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	0,0000	0,9635	0,6882	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0101	0,2015	0,0000	0,0795	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Polystyrene foam slab for perimeter insulation {GLO} market for Alloc Def, U	kg	5,0551	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	0,0000	0,4882	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,1491
Adhesive mortar {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,4878	0,0000	29,9423	1,1167	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8616
Acrylic filler {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,3548	0,3604	0,3975	1,0716	0,0000	0,0000	150,2121	0,0000	0,0000
Fibre cement roof slate {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	0,3035	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for Alloc Def, U	kg	0,0000	0,0000	6,2170	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabell V1-5 viser hvordan jeg har tilpasset inngangsfaktorene i Gustavsson et al. (2010) med databasen i SimaPro.

Inngangsfaktorer fra Gustavsson et al. (2010)		Mine inngangsfaktorer basert på databasen i SimaPro
Lumber	Spurce	Sawnwood, softwood, kiln dried, planed {RER} market for Alloc Def, U
	Pine	
	Oak	Sawnwood, hardwood, kiln dried, planed {RER} market for Alloc Def, U
Glulam	Glued laminated timber, for indoor use {GLO} market for Alloc Def, U	
Particle board	Particle board, for indoor use {GLO} market for Alloc Def, U	
Plywood	Plywood, for indoor use {RER} market for Alloc Def, U	
Plasterboard	Gypsum plasterboard {GLO} market for Alloc Def, U	
Concrete	K30	Concrete, 30-32MPa {GLO} market for Alloc Def, U
	K35	Concrete, 35MPa {GLO} market for Alloc Def, U
	K60	Concrete, 50MPa {GLO} market for Alloc Def, U
Crushed stone	Limestone, crushed, for mill {GLO} market for Alloc Def, U	
Stone	Limestone, unprocessed {GLO} market for Alloc Def, U	
Glass	Flat glass, coated {GLO} market for Alloc Def, U	
Ceramics	Ceramic tile {GLO} market for Alloc Def, U	
Porcelain	Fjernet	
Steel	Reinforcing steel {GLO} market for Alloc Def, U	
Aluminium	Aluminium, wrought alloy {GLO} market for Alloc Def, U	
Rock wool	Rock wool {GLO} market for Alloc Def, U	
Rubber	Synthetic rubber {GLO} market for Alloc Def, U	
Plastic	Polypropylene	Polypropylene, granulate {GLO} market for Alloc Def, U
	Polyurethane	Polyurethane, rigid foam {GLO} market for Alloc Def, U
	Polyethylene	Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Alloc Def, U
	Polystyrene	Polystyrene foam slab for perimeter insulation {GLO} market for Alloc Def, U
	PVC	Fjernet
Paints	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {GLO} market for Alloc Def, U	
Mortars	Adhesive mortar {GLO} market for Alloc Def, U	
Putty/fillers	Acrylic filler {GLO} market for Alloc Def, U	
Glue	Fjernet	
Asphalt	Fibre cement roof slate {GLO} market for Alloc Def, U	
Tar paper	Bitumen adhesive compound, cold {GLO} market for Alloc Def, U	

V.1.2 Transport:

Denne delen av oppgaven beskriver hvordan persontransporten til og fra hyttene er modellert og implementert i SimaPro. Siden jeg har Oppdal og Rennebu som caseområde blir det naturlig å se på hvilke transportmuligheter man har for å komme seg dit og hvor de fleste som eier hytte der kommer fra. For å finne ut av dette bruker jeg egen erfaring og Hytteundersøkelsen i Oppdal 2015 (Jystad, 2015) som datagrunnlag. Her finner jeg ut at over halvparten (54,7%) av hytteeierne i Oppdal kommer fra Trondheimsområdet, derifra er det både infrastruktur for tog, buss og bil. Avstanden er ca. 120 km og ifølge google tar det mellom 1t 50 min og 2t å transportere seg fra Trondheim til Oppdal, avhengig av hvilken transportmetode du benytter. Spørsmålet blir da hvilke transportmetoder som er realistiske for de ulike hyttetypene. Jeg velger å modellere alle tre transportmetodene for alle tre hyttetyper for å kunne se effekten av å endre transportvaner, samt at jeg gjør en kvalitativ vurdering av hvilke transportmetoder jeg finner realistiske.

Videre i denne delen vil jeg først beskrive hvordan jeg har tenkt det er mulig å enten kjøre egen bil, ta buss eller ta tog til hytta for de tre forskjellige hyttetyperne (tradisjonshytta, seterhytta og urbanhytta, se kapittel 2.8) i kapitlene 2.1 - 2.3. Deretter beskrives de fem transportprosessene som behøves for å bygge disse tre transportmetodene i kapitlene 2.4 – 2.6.

V.1.2.1 Tradisjonshytta:

For tradisjonshytten er det på mange måter lagt til rette for at man skal kjøre egen bil. Når hytten ligger usentralt og noe spredt, samt at det er god plass til både å parkere bil og å bygge garasje gir det tydelige føringer for hvordan transporten til og fra hytta skal foregå. At bilen er det vanligste transportmidlet når man skal til tradisjonshytta finner jeg derfor veldig realistisk. Dette kan også kan underbygges i litteraturen gjennom Jørgensens (2011) argumentasjon med at frislippet av privatbiler var en av hovedgrunnene til at hytteturismen økte i omfang. I SimaPro vil bil til Tradisjonshytta modelleres med en bil som kjører $2 \cdot 120 \text{ km} = 240 \text{ km}$.

Kollektivtrafikk vil i utgangspunktet være et tungvint alternativ for transport til og fra tradisjonshytta. Dette begrunner jeg med at en spredt hyttebebyggelse gjør det vanskelig for kollektivtrafikken å stoppe på mange nok steder til at alle får akseptabel gåavstand. For toget er de fleste hyttefeltene åpenbart utilgjengelige, men også for bussen kan mange smale, dårlige hytteveier potensielt by på utfordringer. Hvis det da tar mye lengre tid å reise kollektivt vil det mest sannsynlig ikke være aktuelt for de med egen bil, slik er også økonomien for busselskapene i dette tvilsom. Jeg har allikevel funnet noen måter å løse dette på som kan funke, jeg starter med bussen.

Utfordringene med busstransport er at det ikke er en dør til dør løsning, man må altså komme seg fra døren hjemme og til bussen, og deretter fra holdeplassen og til hytta. Det vil selvfølgelig variere hvor lang disse distansene er, men en full buss kan ikke kjøre innom alle hjem og alle hytter. Løsningen på dette sier jeg er å kjøre buss fra hjemme og til hyttebussen, for så å ta taxi fra hyttebussen og til hytta. Jeg antar at avstanden mellom hjem og bussholdeplass er 5 km, altså til sammen 10 km tur retur hytta, og avstanden mellom Oppdal og hytta antar jeg er 10 km, altså 20 km tur retur hytta. Deretter må denne taxien også kjøre tilbake til Oppdal, slik at den i realiteten kjører dobbelt så langt. Jeg velger å tilegne også denne kjørelengden til etappen mellom holdeplass og hytte slik at det totalt blir 40 km. Dette kan selvfølgelig problematiseres med at det kan være folk som skal hjem samtidig som at taxien kommer med nye folk. Men som REF skriver i avisen er det veldig vanlig å være på hytten i helger og ferier slik at

transporten av mennesker til hytta skjer samlet på fredag og transporten av mennesker fra hytta skjer samlet på søndag. Dette skaper jo igjen et logistisk problem med å ha nok taxier i Oppdal når innrykket av hytteturister kommer, noe som er med på å gjøre denne løsningens realisme tvilsom. Hvis taxiselskap, busselskap og en interesseforening for hytteeiere samarbeider kan allikevel dette utvikles til en forretningsmodell for næringsvekst i regionen. Andre utfordringer med buss vil være bagasje, og det å få handlet på veg til hytta, men jeg gjør ikke noen videre vurdering av dette her.

Toget er mindre fleksibel enn bussen og har derfor de samme dør-til-dør problemene med at man må komme seg til og fra togstasjonen. Måten jeg modellerer dette på er lik løsningen for busstransporten, at det kjøres bybuss til togstasjonen hjemme og en taxi fra togstasjonen og ut til hyttene. Tabell V1-6 oppsummerer hvordan mulighetene for transport til tradisjonshytta er modellert.

Tabell V1-6 viser hvordan de ulike transportmetodene til tradisjonshytta er modellert, og lengden av hver etappe.

Bil		240 km
	Kjøre hele vegen	2*120 km = 240 km
Buss		290 km
	Bybuss til holdeplass	2*5 km = 10 km
	Hyttebuss til Oppdal	2*120 km = 240 km
	Taxi til hytta	2*20 km = 40 km
Tog		290 km
	Bybuss til togstasjon	2*5km = 10 km
	Tog til Oppdal	2*120 km = 240 km
	Taxi til hytta	2*40 km = 40 km

V.1.2.2 Seterhytta:

Seterhytta legger på mange måter bedre til rette for kollektive løsninger fordi hytteenhetene i større grad samles, men det er fortsatt enkelt å kjøre egen bil hit da seterhyttene er tenkt å ligge adskilt tettstedene. Når utgangspunktet for seterhytta også er at det skal legges til rette for felles løsninger kan det være lettere å ha ladepunkt for el-bil eller å skape en kultur for samkjøring til og fra hytta. Privatbilen er derfor her også en enkel og fleksibel løsning for hytteieren, som modelleres på samme måte som for tradisjonshytta, med samme avstand.

Som nevnt legger seterhytta bedre til rette for kollektivtransport og spesielt buss da bussruten kan legges innom flere setertun og slik gjøre markedet for bussoperatørene større uten at de er nødt til å ha like mange stopp som det er hytter langs en veg. Jeg modellerer da dette ved at man fortsatt må ta bybuss til hyttebussen, men at hyttebussen kjører hyttefolket rett til hyttedøra. En interessant mulighet når man kommer på seterhytta er at det står el-biler der som kan benyttes av alle som har hytte på samme setertun for å for eksempel kjøre til nærmeste butikk for å handle, men dette er ikke modellert i denne oppgaven.

På grunn av at toget ikke er like fleksibel til å legge om ruten sin som bussen er, har ikke toget det samme potensialet som bussen. Hyttefolket må derfor transporteres også fra togstasjonen og til seterhytta, men her trenger det ikke være en taxi som tar seg av dette, da en lokal hyttebuss kan kjøre en rute mellom seterhyttetun, togstasjon og kanskje langrennsløyper, alpinanlegg og andre fritidstilbud. Denne muligheten oppstår igjen fordi flere hytteenheter er bygd tettere slik at det potensielle markedet

for en slik løsning blir større. Dette er da modellert med en bybuss fra døren hjemme og til toget og med tilsvarende bybuss fra toget og til seterhytta. En innvendig til dette er om det er realistisk at bussen i Oppdal, på grunn av andre klimatiske forhold, kan modelleres likt som en buss i Trondheim. Nok en gang har jeg ikke gjort noen kvantitativ analyse av dette, men forutsetter at dette er mulig. Tabell V1-7 oppsummerer hvordan mulighetene for transport til seterhytta er modellert.

Tabell V1-7 viser hvordan de ulike transportmetodene til seterhytta er modellert, og lengden av hver etappe.

Bil		240 km
	Kjøre hele vegen	2*120 km = 240 km
Buss		250 km
	Bybuss til holdeplass	2*5 km = 10 km
	Hyttebuss til hytta	2*120 km = 240 km
Tog		290 km
	Bybuss til togstasjon	2*5 km = 10 km
	Tog til Oppdal	2*120 km = 240 km
	Bybuss til hytta	2*10 km = 20 km

V.1.2.3 Urbanhytta:

Nå kan privatbilen begynne å få problemer, fordi med urbanhytta bygges det såpass tett at det ikke er sikkert det legges til rette for at alle hytteenhetene skal ha egen parkeringsplass. Så selv om dette er en fleksibel dør-til-dør løsning, kan problemet bli å ha parkeringsplasser nok. I tillegg gjør den sentrale plasseringen av urbanhytta til at behovet å kjøre når man først har kommet på hytta blir mindre. Butikkene er tenkt å være innenfor gåavstand, og eksisterende lokal kollektivtrafikk kan være med å ta unna transportbehovet til og fra skianlegg. Spesielt i høysesonger for hyttebruk (f.eks påske) vil det med urbanhytta kunne være stort marked for lokale busser som transporterer mennesker fra sentrum og ut til attraktive skiområder. Jeg velger allikevel å modellere privatbilen for å ha mulighet til å sammenligne, og modellerer den likt som for tradisjons- og seterhytta.

Med urbanhytta er det ikke sikkert bussen behøver å tilpasse kjøreruten sin siden urbanhytte er tenkt å ligge sentrumsnært, og derfor tett på eksisterende bussholdeplasser. Men det er fortsatt et behov for å frakte folk fra hjemmet sitt og til denne bussen. Derfor modelleres bussturen på samme måte for urbanhytta som for seterhytta, at det går en bybuss til hyttebussen og at man ikke trenger noen videre transport fra bussen og til hytta.

Fordelen med urbanhytta er at den bygges sentrumsnært, og hvis sentrum bygges rundt en togstasjon, eller togstasjonene bygges nært sentrum trenger man ikke transport fra togstasjonen og til hytta. Tog til urbanhytta modelleres derfor med bybuss til togstasjonen og tog til Oppdal. Tabell V1-8 oppsummerer hvordan mulighetene for transport til seterhytta er modellert.

For å avslutte disse transportscenarioene er det viktig å merke seg at alle tar utgangspunkt i at reisen er fra Trondheim til Oppdal, og at det hit både kjøres buss og tog allerede. I hytteområder hvor denne infrastrukturen ikke eksisterer må det tenkes helhetlig i forhold til utbygging hvis noe annet en personbil i det heletatt skal være aktuelt. For å bruke bussen som eksempel er det veldig dumt å kjøre en buss med 5 passasjerer til Oppdal, for så å kjøre en tom buss tilbake. Da er det mye bedre om de fem passasjerene kjører en privatbil sammen. Markedet for de kollektive løsningene må derfor være stort

nok, enten det er i kombinasjon med et tettsted med transportbehov, eller at markedet knyttet til hyttene alene er stort nok. Dette gjør jeg ingen analyse av, men løfter fram problemstillingen og indikerer at jeg tror mulighetene for å reise kollektivt til hytta kan øke om man tenker nytt om hva hytta er (les: seterhytte eller urbanhytte).

Tabell V1-8 viser hvordan de ulike transportmetodene til seterhytta er modellert, og lengden av hver etappe.

Bil		240 km
	Kjøre hele vegen	2*120 km = 240 km
Buss		250 km
	Bybuss til holdeplass	2*5 km = 10 km
	Hyttebuss til hytta	2*120 km = 240 km
Tog		290 km
	Bybuss til togstasjon	2*5km = 10 km
	Tog til Oppdal	2*120 km = 240 km

I de kommende avsnittene vil jeg nå beskrive hvordan de ulike elementene som bygger opp transportsenarioene over er lagd i SimaPro. Datagrunnlaget for dette er en kombinasjon av data som allerede ligger i SimaPro, samt NSB sin miljøkalkulator (NSB, 2019). Der har jeg lagt inn strekningen Trondheim S – Oppdal og benyttet energibruket de beregner at toget, bussen og bilen bruker på denne strekningen. Det er tatt noen valg i forhold til drivstoff, type bil og elektrisitetsmiks som vil presenteres underveis. Det er også verdt å merke seg at det for buss og tog ikke er vurdert om fyllingsgraden for prosessen SimaPro benytter seg av og den jeg antar i miljøkalkulatoren er lik, og hvilke konsekvenser dette får for andre inngangsfaktorer enn energibruket. Tabell V1-9 oppsummerer dataene jeg har hentet fra NSB sin miljøkalkulator.

Tabell V1-9 viser dataene (klimagassutlipp og energiforbruk) samt to av antagelsene gjort (fyllingsgrad og type drivstoff) i NSB sin miljøkalkulator for de tre ulike transportmetodene, tog buss og bil. Tallene er gitt på basis av pr. person for hele strekningen Trondheim S – Oppdal.

	Fyllingsgrad	Klimagasser [kg CO ₂ -eqv]	Energiforbruk [kWh]	Drivstoff
Tog	31,8 %	1,8	17,9	Strøm
Buss	51,3%	6,2	24,1	Diesel
Bil	3 personer	6,64	24,8	Bensin

V.1.2.4 Tog:

NSB oppgir at det på denne strekningen går elektriske tog og at den gjennomsnittlige fyllingsgraden av toget er 31,8%. Dette medfører et totalt klimagassutslipp på 1,8 kg CO₂-ekvivalenter og et elektrisitetsforbruk på 17,9 kWh pr. person for hele strekningen. I SimaPro modeller jeg dette ved å ta utgangspunkt i prosessen «*transport, passenger train, regional CH*» med utgangsfaktor «*Transport, passenger train {CH} | regional | Alloc Def, U*». Dette er et Sveitsisk, elektrisk, regionaltog med enhet personkm for utgangsfaktoren. Siden det er et sveitsisk tog er det gjort noen justeringer i inventaret til prosessen, se Tabell V1-10 for hele prosessen:

- Elektrisitetsmiksen er endret til en norsk mix, som ecoinvent baserer på (Itten et al., 2014). Navnet til strømmiksen i SimaPro er: «*Electricity, high voltage {NO} | market for | Alloc Def, U*»

- Mengden elektrisitet er endret til NSB sine tall og tilpasset enheten personkilometer ved å dele det totale energiforbruket på antallet kilometer $\frac{17,9 \text{ kWh}}{120 \text{ person*km}} = 0,14435 \frac{\text{kWh}}{\text{person*km}}$.

Ellers antas det at togsettet, skinnene og vedlikeholdet av begge er likt slik det er i Sveits. Den største svakheten med dette, som også gjelder for både vedlikehold av buss, bil og veger er at strømmiksen i Norge er ulik resten av Europa. Utenom det har jeg ikke gjort noen vurderinger av hvorvidt norske og sveitsiske tog og skinner er ulike.

V.1.2.5 Buss (by og hyttebuss):

Her er det to forskjellige busstyper som gjelder, den ene er bybussen som skal ta hyttebrukeren fra hjemmet og dit hvor enten den andre bussen (hyttebussen) eller toget går fra. Den andre er hyttebussen, som skal ta hyttebrukere fra byen og til hytteområdet, videre kalt hyttebussen.

Bussen fra Trondheim til Oppdal antas å være en dieselbuss, som ifølge NSB er den typen buss som brukes på denne strekningen. Fyllingsgraden av bussen på denne strekningen er 51,3% og medfører klimagassutslipp på 6,2 kg CO₂-ekvivalenter og et energiforbruk i form av diesel på 24,1 kWh pr. person på hele strekningen. I SimaPro modelleres denne typen buss med prosessen «*transport, regular bus CH*», med utgangspunkt «*Transport, regular bus {CH} | processing | Alloc Def, U*». Dette er en sveitsisk dieselbuss med enhet personkm for utgangsfaktoren. Følgende endringer er gjort i prosessen for å tilpasse den hyttebussen, se Tabell V1-10 for hele prosessen:

- Mengden diesel bussen bruker er tilpasset de tallene NSB oppgir. Utfordringen er bare at NSB oppgir energienbruket i kWh og SimaPro bruker kg diesel. Derfor er energitettheten for diesel; 11,93 kWh/kg benyttet: $\frac{21,4 \text{ kWh}}{120 \text{ person*km}} * \frac{1}{11,93 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}} = 0,01683308 \frac{\text{kg}}{\text{person*km}}$

Ellers er produksjon av buss og veg, samt vedlikehold av veg antatt likt som for i Sveits med samme diskusjon som for toget til Oppdal angående elektrisitetmiksen.

Den andre bussen er en bybuss, denne bussen frakter hytteeieren fra døren (på hytta eller hjemme) og til stasjonen/holdeplassen toget/hyttebussen går ifra. For denne typen buss er det ikke hentet noen data fra NSB sin miljøkalkulator, altså er verdiene utelukkende hentet fra SimaPro. I SimaPro er denne bussen modellert som prosessen «*transport, trolleybus CH*» med utgangsfaktor «*Transport, trolleybus {CH} | processing | Alloc Def, U*». Dette er en sveitsisk el-buss som bruker 0,11704 kWh/personkm. Endringene i denne prosessen er, se Tabell V1-10 for hele prosessen:

- Den sveitsiske strømmiksen er endret til norske strømmiks, i SimaPro «*Electricity, medium voltage {NO} | market for | Alloc Def, U*».

Hvorvidt el-buss representerer norske forhold kan diskuteres, men i Trondheim vil det fra kollektivomleggingen i 2019 settes inn en del el-busser (AtB, 2019), slik at denne antagelsen ikke trenger å være helt feil.

V.1.2.6 Personbilen/taxi:

Personbilen er bilen som kan kjøres fra døra hjemme til døra eller nærmeste parkeringsplass på hytta. Taxien er tenkt å være alternativet fra enten en bussholdeplass og til hytta, eller fra togstasjonen og til hytta. Viktig her er å definere hvor mange personer som kjører sammen, det baserer jeg på hvor mange som ifølge Hytteundersøkelsen i Oppdal 2015 (Jystad, 2015) befinner seg på hytta samtidig, 3,3 personer. For å tilpasse dette NSB sin miljøkalkulator setter jeg antallet til tre personer.

For privatbilen lar NSB meg også velge biltype, jeg antar da at det kjøres en sedan, som er standardinnstillingen til NSBs miljøkalkulator, med bensin som drivstoff. Denne bilen gir da klimagassutslipp på 6,64 kg CO₂-eqv og et energiforbruk i form av bensin på 24,8 kWh pr. person for hele strekningen. I SimaPro modellerer jeg denne prosessen med «*transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 RER*» som har utgangsfaktor «*Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 | Alloc Def, U*» med følgende justeringer, se Tabell V1-10 for hele prosessen:

- Enheten må endres fra km til personkm, dette medfører at alle inngangsfaktorer også må justeres med fyllingsgraden til bilen på 3 personer. Dette gjøres ved å dele alle inngangsfaktorer, bortsett ifra drivstoffet som behandles i punktet under, på 3.
- Mengden diesel bilen bruker er tilpasset de tallene NSB oppgir. Utfordringen er bare at NSB oppgir energienbruket i kWh og SimaPro bruker kg diesel. Derfor er omregningsfaktoren 11,93 kWh/kg benyttet:
$$\frac{24,8 \text{ kWh}}{360 \text{ person*km}} * \frac{1}{11,93 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}} = 0,005774 \frac{\text{kg}}{\text{person*km}}$$

Oppdal taxi er antatt å ha en el-bil med samme fyllingsgrad som personbilen, og siden den ikke kjører strekningen Trondheim – Oppdal, men Oppdal – hytta, brukes kun data fra SimaPro og ingen fra NSB sin miljøkalkulator. I SimaPro modelleres Oppdal taxi med prosessen «*transport, passenger car, electric GLO*» som har utgangsfaktor «*Transport, passenger car, electric {GLO} | processing | Alloc Def, U*» med følgende endringer, se Tabell V1-10 for hele prosessen:

- Enheten må endres fra km til personkm, dette medfører at alle inngangsfaktorer også må justeres med fyllingsgraden til bilen på 3 personer. Dette gjøres ved å dele alle inngangsfaktorer, bortsett ifra drivstoffet som behandles i punktet under, på 3.
- Alle de ulike elektrisitmiksene er summert til en sum og satt til «*Electricity, low voltage {NO} | market for | Alloc Def, U*». Dette gir en effektivitet på 0,198889 kWh/personkm

Ellers er produksjon av bil, taxi og veg, samt vedlikehold av veg antatt likt som for i Sveits med samme diskusjon som for toget til Oppdal angående elektrisitmiks.

Tabell V1-10 viser hvordan alle prosessene i SimaPro er tilpasset denne oppgaven etter beskrivelsene over. Der hvor to celler er slått sammen er inngangsfaktoren uendret.

Original inngangsfaktor	Inngangsfaktor jeg bruker	Originalverdi	Verdi jeg bruker
<i>Tog - Transport, passenger train {CH} regional Alloc Def, U</i>			
Maintenance, train, passenger, regional {GLO} market for Alloc Def, U		2,9314E-9 p	
Railway track {CH} market for Alloc Def, U		0,00013107 my	
Train, passenger, regional {GLO} market for Alloc Def, U		2,9314E-9 p	
Electricity, high voltage, for Swiss Federal Railways {CH} market for Alloc Def, U	Electricity, high voltage {NO} market for Alloc Def, U	0,1639 kWh	0,14435 kWh
<i>Hyttebuss - Transport, regular bus {CH} processing Alloc Def, U</i>			
Road {GLO} market for Alloc Def, U		0,000457 my	
Diesel, low-sulfur {CH} market for Alloc Def, U	Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U	0,0249865 kg	0,01683308 kg
Bus {GLO} market for Alloc Def, U		7,1429E-8 p	
Maintenance, bus {GLO} market for Alloc Def, U		7,1429E-8 p	
<i>Bybuss - Transport, trolleybus {CH} processing Alloc Def, U</i>			
Bus {GLO} market for Alloc Def, U		5,03E-8 p	
Road {GLO} market for Alloc Def, U		0,00053 my	
Maintenance, bus {GLO} market for Alloc Def, U		5,03E-8 p	
Electricity, medium voltage {CH} market for Alloc Def, U	Electricity, medium voltage {NO} market for Alloc Def, U	0,11704 kWh	
<i>Privatbil - Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 Alloc Def, U</i>			
Passenger car maintenance {GLO} market for Alloc Def, U		8,60215E-6 p	2,87E-6 p
Road {GLO} market for Alloc Def, U		0,000911 my	3,04E-4 my
Passenger car, petrol/natural gas {GLO} market for Alloc Def, U		0,0106666 kg	3,56E-3 kg
Petrol, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U	Petrol, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U	0,0604053 kg	0,0055774 kg
Petrol, low-sulfur {CH} market for Alloc Def, U		0,0016615 kg	
<i>Oppdal taxi - Transport, passenger car, electric {GLO} processing Alloc Def, U</i>			
Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO} market for Alloc Def, U		0,00262 kg	0,00087333 kg
Road {GLO} market for Alloc Def, U		0,000487 my	0,0001624 my
Passenger car, electric, without battery {GLO} market for Alloc Def, U		0,006121 kg	0,00204048 kg
Maintenance, passenger car, electric, without battery {GLO} market for Alloc Def, U		6,6667E-6 p	2,22222E-6 p
Veldig mange elektisitetmikser	Electricity, low voltage {NO} market for Alloc Def, U	0,19889 kWh	0,066296 kWh

V.1.3 Direkte arealbruk:

Denne delen av vedlegget skal beskrive hvordan det direkte arealet, altså tomten hyttene står på, er modellert i SimaPro. Siden mye av poenget med de tre hyttetypene er at de skal bygge tettere og tettere må arealbruken i likhet med materialene og transporten beskrives separat for hver av de tre hyttecasene. Det differensieres også mellom tre typer arealbruk for alle tre hyttetypene; hyttetomta, vegen og friområdet. Denne oppdelingen stammer fra prosjektoppgaven gjennomført i forkant av masteren og er beskrevet i Vedlegg 2. Tabell V1-11 viser en oppsummering av hvor mye areal de ulike hyttetypene trenger differensiert på de tre arealbrukstypene. Videre vil det beskrives hvorfor tallene er blitt slik de er blitt for hver av de tre hyttetypene.

Tabell V1-11 viser hvor mye areal de ulike hyttetypene bruker i de ulike arealbrukskategoriene. Merk at tallene for seterhytta er for hele setertunet og et helt leilighetskompleks for urbanhytta.

	Hyttetomt	Veg	Friområde	Totalt
Tradisjonshytta (en hytte)	1035 m ²	240 m ²	3020 m ²	4295 m ²
Seterhytta (et setertun)	2500 m ²	1915 m ²	0	4415 m ²
Urbanhytta (et leilighetskompleks)	200 m ²	0	0	200 m ²

Før jeg beskriver tallene for de tre hyttetypene vil jeg si hvordan okkupasjons- og transformasjonsprosessene er forskjellige med tanke på hvordan jeg må modellere arealbruket. Den viktige forskjellen ligger i at okkupasjonsarealet må ganges opp med livstiden til arealet slik jeg har definert i kapittel 3.5 (100 år) mens tiden transformasjonsarealet ganges opp med er forhåndsdefinert i metoden basert på hvilke areal typer jeg sier det transformeres til og fra. SimaPro opererer så med to ulike mellompunktskategorier for okkupasjonseffekter (areal okkupert til landbruksformål og areal brukt urbant) og en for transformasjonseffekter (transformasjon av naturlig areal). Forskjellen mellom de to okkupasjonseffektene er at den ene har høyere økosystemkvalitet enn den andre, noe som ikke har noe å si for arealbruket separat, men for biodiversitetstapet som konsekvens av det. I bakgrunnsdatabasen i SimaPro ligger det mange forskjellige prosesser med transformasjons- og okkupasjonsareal jeg kan velge mellom og mye av det baserer seg på CORIN kartet over areal typer (Copernicus, 2019). Tabell V1-12 viser hvilke arealbruksprosesser fra SimaPro jeg har benyttet, alle transformasjoner er fra skog (*Transformation, from forest*) til prosessen i kolonnen under transformasjon. Jeg har også til slutt normalisert både okkupasjons- og transformasjonsarealet på det totale arealet til hyttetypene slik at de prosessene jeg har lagd for arealbruk har utgangsfaktor «1 m² hytteareal» som da inneholder både hyttetomta, vegen og friområdet.

Tabell V1-12 viser hvilke inngangsfaktorer i SimaPro som er brukt for å modellere de tre arealbrukstypene benyttet i denne oppgaven.

	Okkupasjon	Transformasjon
Veg	Occupation, traffic area, road network	Transformation, to traffic area, road network
Hyttetomt	Occupation, urban, discontinuously built	Transformation, to urban, discontinuously built
Friområde	Occupation, urban, green areas	Transformation, to urban, green areas

V.1.3.1 Tradisjonshytta:

Tradisjonshytta er den typen hytte som bygges i dag, hovedsakelig i hyttefelt, med stor tomt og noe avstand til naboene. Dette gjør det naturlig å gå til eksisterende hyttefelt og bruke arealdata fra de til å beregne hvor mye areal tradisjonshytta bruker. Dette ble gjort i prosjektoppgaven gjennomført høsten 2018 slik at jeg nå henter arealdata for tradisjonshytta direkte derifra. En innføring i metodene og resultatene fra dette arbeidet finnes i Vedlegg 2. Kort oppsummert er det målt areal på reguleringsplanene til 8 forskjellige hyttefelt fordelt på tre ulike kategorier arealbruk, hyttetomta, vegen og friområdet. Hyttetomta og vegen er greie å forstå, men friområdet er vanskeligere, fordi dette er arealet innenfor grensene av hyttefeltet det ikke skal bygges på. Men som Vedlegg 2 sier er dette arealet fortsatt i en slags bruk gjennom at området ofte klareres før bygging og holdes nede så lenge hytta står der for å opprettholde utsikt eller andre ønskede kvaliteter ved hyttefeltet.

I SimaPro er da prosessen Arealbruk Tradisjonshytta opprettet med inngangsfaktorer fra naturen gitt i Tabell V1-13 og utgangsverdi 1 m² arealbruk av tradisjonshytta. Verdiene er altså hele arealbruket til et hyttefelt fordelt på de tre arealbrukskategoriene og normalisert på antallet hytter på det samme feltet.

Tabell V1-13 viser hvilke inngangsfaktorer som går inn i prosessen Arealbruk Tradisjonshytta i SimaPro for å få 1 m² med tradisjonshyttetomt.

Occupation, traffic area, road network	5,588 m ² a
Occupation, urban, discontinuously built	24,098 m ² a
Occupation, urban, green areas	70,314 m ² a
Transformation, from forest	1 m ²
Transformation, to traffic area, road network	0,056 m ²
Transformation, to urban, discontinuously built	0,241 m ²
Transformation, to urban, green areas	0,703 m ²

V.1.3.2 Seterhytta:

Siden seterhytta ikke er bygd kan jeg ikke hente data om denne hytta fra eksisterende forhold, men gjennom kommunikasjon med Nasjonalparken Næringshage (Meland et al., 2019) har jeg kommet fram til hvordan en reguleringsplan for et seterhyttefelt kan se ut, se kapittel 2.8. Her tenkes det at det området som for tradisjonshytta omtales som friområdet forblir urørt (i allefall i mye større grad enn her) og dermed ikke inngår som del av det direkte arealbruket. Dette gjør at vi kun står igjen med vegen og den tomte hytta står på hvor tomte er antatt å være 2500 m² stor og inneholder 8 hyttenheter pluss noen felles fasiliteter. Vegarealet er vanskeligere å beregne fordi det kun er avhengig av hvor setertunet står i forhold til hovedvegen. Løsningen min på dette er å si at et setertun trenger like mye veg som åtte tradisjonshytter. Matematisk løses dette med å gange opp det gjennomsnittlige vegarealet for tradisjonshytta med åtte ($239 \text{ m}^2 * 8 = 1912 \text{ m}^2$). I SimaPro er da prosessen Arealbruk Seterhytta opprettet med inngangsfaktorer fra naturen gitt i tabell V1-14 og utgangsverdi 1 m² arealbruk av seterhytta.

Tabell V1-14 viser hvilke inngangsfaktorer som går inn i prosessen Arealbruk Seterhytta i SimaPro.

Occupation, traffic area, road network	43,375 m2a
Occupation, urban, discontinuously built	56,625 m2a
Transformation, from forest	1 m2
Transformation, to traffic area, road network	0,434 m2
Transformation, to urban, discontinuously built	0,566 m2

V.1.3.3 Urbanhytta:

Urbanhytta blir igjen annerledes gjennom at vegen dit blir vanskelig å skille fra annen veg, samtidig som at det ikke skal være nødvendig å bygge noen ekstra veg for å kunne komme seg til urbanhytta. Og uten å ha undersøkt hvor stor andel av den totale trafikken hyttetraffikken vil utgjøre settes vegarealet til null. Det er også lite hensiktsmessig å snakke om friområdet for urbanhytta fordi den står i byen. Derfor er også dette satt til null slik at det eneste arealbruket urbanhytta har er den tomte den står på.

I SimaPro er da prosessen Arealbruk Urbanhytta opprettet med inngangsfaktorer fra naturen gitt i Tabell V1-15 og utgangsverdi 1 m2 arealbruk av urbanhytta.

Tabell V1-15 viser hvilke inngangsfaktorer som går inn i prosessen Arealbruk Urbanhytta i SimaPro.

Occupation, urban, discontinuously built	100 m2a
--	---------

V.1.3.4 Sensitivitet:

Siden jeg gjør noen valg i SimaPro rundt hvilken bruk de ulike arealtypene jeg finner i et hyttefelt har jeg gjort en sensitivetsanalyse for å se på effektene av å velge annen type bruk. Det jeg da fokuserer på er friområdet som jeg i utgangspunktet setter som urbant areal, men som like godt kan ha et mer landlig preg. Sensitivetsanalysen på tomtearealet blir derfor å endre friområdet fra «urban, green areas» til «pasture and meadow». Dette vil gjøres kun for tradisjonshytta fordi den er den eneste hvor friområdet inkluderes.

Tabell V1-16 viser endringene jeg gjør i SimaPro for å se hva effektene av å velge ulikt arealbruk for friområdet til tradisjonshytta er.

Okkupasjon		
	Før (base case)	Etter (sensitivitet)
Veg	Occupation, traffic area, road network	Occupation, traffic area, road network
Hyttetomt	Occupation, urban, discontinuously built	Occupation, urban, discontinuously built
Friområde	Occupation, urban, green areas	Occupation, pasture and meadow
Transformasjon		
	Før (base case)	Etter (sensitivitet)
Veg	Transformation, to traffic area, road network	Transformation, to traffic area, road network
Hyttetomt	Transformation, to urban, discontinuously built	Transformation, to urban, discontinuously built
Friområde	Transformation, to urban, green areas	Transformation, to pasture and meadow

V.1.4 Energi:

Denne delen av vedlegget skal beskrive hvordan energibruken knyttet til hytta er modellert i SimaPro. De to energibærerne jeg behandler er elektrisitet fra strømmettet og ved til oppvarming, som ifølge Wahl (2007) er de viktigste energibærerne på hytta. Avgrensningene som er gjort er at det kun er energien forbundet med bruken av hytta som regnes med, altså ikke det som går med i selve byggingen og rivningen. Det er heller ikke uvanlig med andre energikilder på hytta, som gasskomfyr og solceller, men det har jeg heller ikke tatt med på bakgrunn av at Wahl rapporterer disse som små sammenlignet med ved og strøm. I SimaPro benytter jeg inngangsfaktoren «Electricity, low voltage {NO}| market for | Alloc Def, U» for å modellere norsk strøm for alle tre hyttetyperne. Veden beskrives nærmere under kapittel 4.1 om tradisjonshytta. Videre i dette kapitlet vil jeg beskrive hvordan energibruken er modellert for de tre forskjellige hyttetyperne (4.1 Tradisjonshytta, 4.2 Seterhytta, 4.3 Urbanhytta), hvor dataen er hentet fra og hva dataen er samt presentere hvordan jeg har gjort sensitivitetsanalyse av energibruken.

V.1.4.1 Tradisjonshytta:

Igen blir det naturlig å se til eksisterende hytter når jeg skal angi energibruket til tradisjonshytta. Som grunnlag for strømforbruket bruker jeg studien til Aall (2011), hvor målet er å se på miljøeffektene til den norske hyttebebyggelsen ved å bruke energiforbruk som indikator. Han samler tall på energiforbruk til både produksjon, vedlikehold, transport til og fra og drift av hytta for både 1973 og 2005. Den ikke overraskende utviklingen han observerer er at energiforbruket øker raskere enn antallet hytter, og prediksjonen for framtiden er at dette vil fortsette. Tabell V1-17 er hentet direkte derfra og oppsummerer energibruket for de ulike kategoriene og viser den prosentvise endringen.

Tabell V1-17 viser energiforbruket av den norske hyttebebyggelsen beregnet av Aall (2011, p. 120).

Forbruksposter	1973	2005	Endring
Bygging av hytter i Norge [TJ]	1 375	2 336	+ 70%
Vedlikehold av hytter i Norge [TJ]	2 700	4 589	+ 70%
Energibruk i hytter i Norge [TJ]	3 242	6 389	+ 97%
Reiser til/fra hytta i Norge [TJ]	2 474	3 711	+ 50%
Sum	9 791	17 025	+ 99%

Siden jeg ikke er interessert i en total energibruk for hele den norske hyttebebyggelsen, men i hvor mye én tradisjonshytte forbruker må jeg gjøre noen tilpasninger til dataene. Derfor normaliserer jeg elektrisitetsforbruket på det totale overflatearealet til hele den norske hyttebebyggelsen. Da bruker jeg estimatene til Aall (2011) selv, at det var 250 000 hytter med gjennomsnittsstørrelse på 50 m² i 1973 og 379 000 med gjennomsnittsstørrelse 60 m² i 2005. Merk at dette er gjennomsnittet for alle hytter i Norge, og ikke hytter bygd i 1973 og 2005. En annen viktig detalj er at disse tallene er et totalt energibruk for et helt år, altså er det summert over alle bruksdøgn, et antall bruksdøgn som ikke omtales i Aall (2011). Deretter regner jeg ut endringen i energibruk per kvadratmeter hytte mellom 1973 og 2005, som jeg igjen antar er lik økningen fra 2005 og fram til i dag. Validiteten til denne antakelsen er diskutert, men at energibruken fortsetter å øke er i tråd med det Aall selv tenker. Samtidig viser Johnsen (2011) hvordan ny energikrevende teknologi generelt blir domestisert som en del av hyttelivet, og at energieffektivitet ikke alltid er det hytteeierne tenker mest på. Wahl (2007) støtter også opp rundt

en generell raskere økning i energiforbruk enn i antallet hytter. Tabell V1-18 viser elektrisitetsbruken til den norske hyttebebyggelsen i 1997 og 2005 (fra Aall (2011)) og i 2019 (min beregning). Det elektrisitetsbruken jeg da legger inn i SimaPro er 84,543 kWh/m²/år.

Tabell V1-18 viser beregningene gjort for å finne et energibruk pr kvadratmeter hytte pr år. Gjennomsnittstørrelsen for 2019 er satt lik Jystad (2015) og antallet for 2019 er hentet fra SSB (2018), ellers er all data hentet fra Aall (2011).

	1997	2005	2019
Totalt energiforbruk på alle hytter [kWh]	900 555 556 kWh	1 774 722 222 kWh	3 678 105 452 kWh
Gjennomsnittstørrelse [m ²]	50 m ²	60 m ²	93,8 m ²
Antall hytter	250 000	379 000	463 812
Energiforbruk pr overflate [kWh/m ²]	72,044 kWh/m ²	78,088 kWh/m ²	84,543 kWh/m ²
Endring siden forrige målepunkt	-	108,33 %	108,33 %

Den andre betydelige energikilden på hytta er ved. Ifølge SSB (2017), som har målt dette siden 2006, ble det forbrukt ved tilsvarende 1,07 TWh på norske hytter i 2017. Med en energitetthet på 4,66 kWh/kg blir dette 229 500 tonn ved. Dette er ca. en tredjedel av det elektrisitetsforbruket jeg har beregnet meg fram til i 2019, og hvis de to summeres vil vedfyring utgjøre ca. en fjerdedel av all energi som forbrukes på hytta.

Før jeg fortsetter å beskrive hvordan dette er modellert i SimaPro vil jeg bruke litt tid på å beskrive hvilke tall SSB (2017) oppgir. De oppgir vedforbruket både i teoretisk energiinnhold, nyttiggjort energi, og i vekt. Dette oppgir de for alle år mellom 2006 og 2017 både for hvert fylke og summert over alle fylker. I tillegg differensieres det mellom ulike fyringsteknologier, altså over med ulik virkningsgrad. Jeg tar ikke høyde for hvilken fyringsteknologi jeg bruker, og benytter hele tidsserien for hele Norge. Det jeg bruker disse tallene til er å beregne energiinnholdet til veden, ved å dele det teoretiske energiinnholdet på den samlede vekten av veden og kommer fram til verdien oppgitt over, 4,66 kWh/kg. Grunnen til at jeg velger å benytte det teoretiske energiinnholdet er fordi jeg ønsker å se hvor mye skog som tas ut, og da trenger jeg ikke å vite hvor mye energi som kommer ut av ovnen (den nyttiggjorte energien), men hvor mye som kommer inn i form av ved.

I SimaPro blir da en kWh med varme fra vedfyring modellert med 0,21 kg ved (1/4,66 kWh/kg) gjennom prosessen «Bundle, energy wood, measured as dry mass {SE}| softwood forestry, spruce, sustainable forest management | Alloc Def, U» som er beskrevet som bærekraftig skogbruk i Svenske skoger. Deretter bruker jeg fordelingen mellom elektrisitet og ved fra Wahl (2007) på 58% elektrisitet og 42% ved sammen med tallene jeg regnet meg fram til for elektrisitetsforbruk fra Aall (2011). Dette gir da et vedforbruk på tradisjonshytta tilsvarende 61,22 kWh/m². Selve prosessen med å brenne veden er ikke tatt med, kun prosessen med å produsere den.

V.1.4.2 Seterhytta:

Seterhytta blir igjen vanskeligere å behandle fordi det ikke er mulig å hente data direkte fra andre kilder da seterhytta kun er på konseptstadiet. Derfor gjør jeg dette på samme måte som for materialene, at seterhytta kun er en skalert versjon av tradisjonshytta og at der tradisjonshytta har sin gjennomsnittstørrelse fra Jystad (2015) er størrelsen på seterhytta satt i samarbeid med Nasjonalparken Næringshage til 60 m² per enhet, altså vil totalt hytteareal på setertunet bli 60 m² * 8 = 480 m². Forskjellen er at jeg kutter ut vedfyringen og sier at seterhytta kun varmes av elektrisitet og

siden de bygges på akkurat samme som tradisjonshytta trenger de i utgangspunktet like mye energi per kvadratmeter. Men siden jeg brukte teoretisk energiinnhold i veden for tradisjonshytta er ikke dette den mengden energi som til slutt forsynes hytta. Jeg bruker isteden den nyttiggjorte energien fra SSB for å beregne elektrisitetsforbruket som erstatter veden, denne er på 0,56 TWh. Gitt de samme tallene for antall hytter og gjennomsnittstørrelse som for tradisjonshytta gir dette en ekstra elektrisitetsbruk på seterhytta på 13,54 kWh/m².

Denne måten å modellere energibruket til seterhytta på er veldig enkel, og etter min vurdering vil energibruket være for stort i forhold til hva det ville vært i virkeligheten. Grunnen til at jeg tenker dette er at større grad av lokal energiproduksjon, for eksempel ved solceller og varmepumper, vil redusere strømforbruket. Samtidig vil bruken av hyttene vær ulik, spesielt hvis seterhytten i mye større grad er i kontinuerlig bruk, slik at periodene hvor hytten står med varmen på uten at noen bruker den blir kortere. Å samle flere hytter tett gjør også at det trengs færre strømførende ledninger, noe som både har noe å si for arealbruket, men som også kan ha noe å si for overføringstap.

V.1.4.3 Urbanhytta:

Denne typen hytte er heller ikke bygd enda, men slik jeg har tenkt, og sett for meg at den vil se ut, så ligner den veldig på hvordan en vanlig leilighetsblokk i en by vil se ut. Dette gjør igjen at studier av energibruk i leiligheter kan være relevante kilder for energibruket også i urbanhytta. Det blir da nærliggende å se til den samme kilden som for materialene, hvor også energibruken i bruksfasen av leilighetskomplekset regnes ut (Gustavsson et al., 2010). Her regner Gustavsson ut energibruket til forskjellige formål i boligen og kommer fram til et totalt energibruk pr. kvadratmeter pr. år på 97,28 kWh når det brukes elektrisitet som varmekilde. Dette vil nok være noe lavt sammenlignet med norske forhold, hvor det som argumentert for materialene i 1.3 er kaldere i Oppdal enn i Växjö. Ifølge SSB er også det gjennomsnittlige energibruket for husholdninger i Norge det dobbelte av dette (SSB, 2014). Jeg tar allikevel utgangspunkt i tallene til Gustavsson, det betyr at det ikke vil fyres med ved i urbanhytta. Jeg velger også å ikke legge til noe ekstra energibruk da jeg ikke har noe grunnlag å finne denne energibruken fra.

V.1.4.4 Sensitivitet:

Siden det er mange måter å forsyne en bygning med energi på synes jeg det er viktig å se hva valgene av energiforsyning har å si for resultatet. Det jeg da tenker på er om seterhytta og tradisjonshytta fyrer med ved eller bare bruker elektrisitet. Derfor har jeg i tillegg til det som er beskrevet over sammenlignet en seterhytta som både bruker elektrisitet og fyrer med ved, med en tradisjonshytte som bare bruker elektrisitet. Måten jeg har gjort dette på er ved å bytte om energiforsyningen i SimaPro slik at tradisjonshytta bruker seterhyttas energiforsyning og seterhytta bruker tradisjonshyttas energiforsyning. Dette fungerer bra siden begge er normalisert på antall m² slik at energibruket bare skaleres etter den aktuelle hyttes størrelse.

V.1.5 Hyttebruk:

Denne delen av vedlegget vil beskrive hvordan de ulike delene er satt sammen til prosessene; bruk av tradisjonshytta (5.1), bruk av seterhytta (5.2) og bruk av urbanhytta (5.3). Alle delene starter med å beskrive antallet persondøgn og hvordan jeg har beregnet det, deretter forklares det hvordan de ulike livsløpsregnskapene er fordelt på persondøgn på riktig måte.

V.1.5.1 Bruk av Tradisjonshytta:

Her er antall persondøgn lett å forholde seg til fordi en hytteenhet kan sees uavhengig andre hytteenheter. Totalt antall persondøgn hentes fra Jystad (2015) gjennom antall døgn hytta er i bruk pr år (57 døgn), og antall personer som er på hytta samtidig (3,3 personer). Antall persondøgn blir da antall døgn hytta er i bruk ganger antall personer som er på hytta samtidig (188 persondøgn/år):

$$\text{Persondøgn} = \text{Antall døgn hytta er i bruk} * \text{Antall personer på hytta}$$

Materialene, og da den fysiske hytta, er en engangsinvestering som må fordeles utover alle persondøgnene på hytta gjennom hele hyttas levetid. Denne levetiden er beskrevet og diskutert i kapittel 3.5. Vi ender da opp med å fordele effektene fra materialene på persondøgn pr. år ganger levetiden til hytta:

$$\text{Materialinput pr persondøgn, tradisjonshytta} = \frac{\text{Alle materialer brukt i tradisjonshytta}}{\text{Persondøgn pr år} * \text{hytta sin levetid}}$$

Transporten er annerledes fordi den avhenger av antallet hytteturer, og ikke antall overnatningsdøgn direkte. Her trenger jeg altså også å finne ut hvor mange hytteturer det er pr år, litteratur med data på dette har jeg ikke funnet, men med utgangspunkt i at hyttefolket bruker hytta i helger (fredag ettermiddag/kveld til søndag formiddag) og i ferier (ukesferier på 5-7 dager) er det ikke umulig å tenke seg at et gjennomsnittlig hytteopphold varer i 3-4 dager. Hvis vi da er konservative og velger tre dager, kan vi fordele all transport til og fra hytta på tre dager pr hyttetur:

$$\text{Transportinput pr persondøgn, tradisjonshytta} = \frac{\text{Transport til og fra hytta en gang}}{\text{Antall døgn man er på hytta pr tur}}$$

Arealbruken trenger også å behandles for seg selv, fordi det jamfør diskusjonen om livstiden til hytta i kapittel 3.5, er vanskeligere å bestemme livstiden til tomte enn til den fysiske hytta. Hytta vil på et tidspunkt måtte restaureres, slik at det blir meningsfullt å snakke om en teknisk livstid. Tomta på den andre siden vil ikke byttes ut når hytta restaureres, den vil forbli hyttetomt til hytta forsvinner for godt. Det gir allikevel lite mening å snakke om en evig livstid, så forenklingen som gjøres er at livstiden til tomte antas like lang som livstiden til hytta, og siden inngangsfaktoren vil være 1 m² må jeg først gange opp med tomtestørrelsen (1000 m²) deretter dele dette på persondøgn ganger levetiden til hytta:

$$\text{Arealinput pr persondøgn, tradisjonshytta} = \frac{\text{En m}^2 \text{ tradisjonshyttetomt} * \text{tomtestørrelse}}{\text{Persondøgn pr år} * \text{hytta sin levetid}}$$

Energibruken er oppgitt med et totalt energibruk pr. m² for et helt år, med andre ord er energibruket pr kvadratmeter på hytta i løpet av et år. Det jeg da må gjøre er å gange opp med overflaten til hytta (93,8 m², hentet fra Jystad (2015)) så jeg får totalt energibruk for hele hytta på et år, også fordele dette utover antall persondøgn i løpet av et år.

Energibruk pr persondøgn, tradisjonshytte

$$= \frac{\text{Energibruk pr kvadratmeter pr år} * \text{antall kvadratmeter}}{\text{Persondøgn pr. år}}$$

Tabell V1-19 viser da hvordan prosessen «bruk av tradisjonshytte» samler de fire delene.

Tabell V1-19 oppsummerer hvordan bruken tradisjonshytte er satt sammen. Inngangsfaktor viser hva som kommer inn fra de fire ulike delene (tomt, materialer, energi og transport) fordelingsmetode viser hvordan dette er normalisert til persondøgn og i fordelingsverdi er tallene satt inn i fordelingsmetoden.

Inngangsfaktor	Fordelingsmetode	Fordelingsverdi
Alle materialene til en tradisjonshytte.	Fordel på antall persondøgn pr år ganger livstid til hytta	$(188*100)^{-1} = 5,32E-5$
Det direkte arealbruket til en m2 med tradisjonshytte.	Gange opp med tomtestørrelse og dele på antall persondøgn pr år ganger livstid til hytta	$1000 / (188*100) = 0,0532$
Totalt energibruk pr m2 pr år for tradisjonshytte.	Gange opp med gjennomsnittstørrelse og dele på antall persondøgn	$93,8/188 = 0,499$
Transport til og fra tradisjonshytte en gang.	Fordel en tur til og fra hytta på lengden på hytteoppholdet	$3^{-1} = 0,3333$

V.1.5.2 Bruk av Seterhytta:

For seterhytta blir det vanskeligere å snakke om persondøgn fordi konseptet bygger på at flere hytteenheter skal dele tomt og en del tekniske fasiliteter. I tillegg er tanken at det skal være mulig å leie ut hytter eller i større grad dele på samme hytteenhet enn for tradisjonshytte. Dette gjør at det blir mest hensiktsmessig å se på totalt antall persondøgn for hele setertunet samlet. I tillegg passer ikke statistikken jeg benytter for å beregne persondøgn for tradisjonshytte for bruken av seterhytta. Derfor har jeg sett på hvor mye det er sannsynlig at en hytte maksimalt vil være i bruk ved å se på hvor mye fri en familie vil kunne ha i løpet av et år. Først er det 52 helger (regner en helg som 2 dager fordi man ikke har hel før på fredagskveld og må reise i løpet av søndag) i et år, dette er $2*52 = 110$ dager. Deretter er det skolefri i høstferien, juleferien, vinterferien og påskeferien, som blir $4*5 = 20$ dager. I tillegg er det fire uker fellesferie på sommeren, altså 20 dager (helgedagene er allerede regnet med). Til sammen blir dette $110 + 20 + 20 = 140$ dager. Når det kommer til hvor mange som er på hytta samtidig ser jeg ingen grunn til å anta at seterhytta vil brukes ulikt tradisjonshytte, slik at jeg antar også her at den gjennomsnittlig brukes av 3,3 personer av gangen. Antallet persondøgn blir da antallet hytteenheter på setertunet (8) ganger antallet døgn hytteenhetene er i bruk (140) ganger hvor mange som gjennomsnittlige bruker hver enhet (3,3), som gir antall persondøgn lik 462 for en hyttenhet og 3696 for alle hytteenhetene.

$$\text{Persondøgn} = \text{Antall hytteenheter på setertunet} * \text{Antall døgn hver hytteenhet er i bruk} * \text{Antall personer som bruker hytteenheten samtidig}$$

Ellers vil måten effektene fordeles på disse persondøgnene være lik for Seterhytta som for Tradisjonshytte. Forskjellene vil ligge i at inngangsfaktoren for materialer vil være alle hyttene på et setertun i tillegg til et fellesbygg istedenfor bare den ene tradisjonshytte, altså må det ganges opp med antallet hytteenheter og plusses på 100 m2 før det deles på persondøgn og hyttens levetid. Tomta vil også være tomte til hele setertunet (2500 m2) og ikke en enkelt hyttenhet slik at den ikke må deles på antall persondøgn for en hytteenhet, men for alle på hele setertunet. Ellers vil transporten fortsatt være

en tur til og fra hytta og uavhengig antallet hytter på setertunet, og energibruken vil være med enhet kWh/m²/år og treger da bare ganges opp med størrelsen på en hytteenhet og fordeles på persondøgnene for denne ene enheten. Tabell V1-20 viser da hvordan prosessen «bruk av seterhytta» samler de fire delene.

Tabell V1-20 oppsummerer hvordan bruken av seterhytta er satt sammen. Inngangsfaktor viser hva som kommer inn fra de fire ulike delene (tomt, materialer, energi og transport) fordelingsmetode viser hvordan dette er normalisert til persondøgn og i fordelingsverdi er tallene satt inn i fordelingsmetoden.

Inngangsfaktor	Fordelingsmetode	Fordelingsverdi
Alle materialene til et seterhyttetun.	Fordel hele setertunet på antall persondøgn pr år for alle enhetene og livstiden til bygningene.	$1/(3696*100) = 2,16E-05$
Det direkte arealbruket til en m ² med seterhyttetun.	Gange opp med tomtestørrelse til setertunet og dele på antall persondøgn pr år for alle enhetene og livstiden til hytta.	$2500/(3696*100) = 0,00676$
Totalt energibruk pr m ² pr år for seterhytta.	Gange opp med gjennomsnittstørrelse på en hytteenhet og dele på antall persondøgn for en hytteenhet.	$60/462 = 0,13$
Transport til og fra seterhytta en gang.	Fordel en tur til og fra hytta på lengden på hytteoppholdet.	$3^{-1} = 0,3333$

V.1.5.3 Bruk av Urbanhytta:

Målet med urbanhytta er at det skal bli en tilnærmet 365dagers hytte (Pir2 & Nasjonalparken Næringshage, 2017). Altså er det også for urbanhytta feil å beregne antallet persondøgn med samme datagrunnlag som for tradisjonshytta. I likhet med seterhytta blir det også for Urbanhytta viktig hvor mange hytteenheter det er i et leilighetskompleks. Jeg regner dette ut ved å ta grunnflaten for Urbanhytta (400m²), dele dette på størrelsen til en hytteenhet som inkluderer bod og fellesareal (75m²) og gange det med antall etasjer (3). Dette gir til sammen 16 hytteenheter. Om målet med en 365-dagers hytte er mulig å nå har jeg ikke gjort noen analyse av, men for å være litt mer konservativ setter jeg bruksdøgnene til 300 dager per år. Deretter antar jeg den vil være i bruk av like mange som både seter- og tradisjonshytta (3,3 personer). Dette gir 990 persondøgn per hytteenhet og 15 840 persondøgn totalt.

$$\begin{aligned}
 \text{Persondøgn} &= \text{Antall hytteenheter i leilighetskomplekset} \\
 & * \text{Antall døgn hver hytteenhet er i bruk} \\
 & * \text{Antall personer som bruker hytteenheten samtidig}
 \end{aligned}$$

Videre vil fordelingen av de fire delene på persondøgn ganske lik som for seterhytta med unntak av materialene og energien. Materialene for hele leilighetskomplekset må fordeles på persondøgnene for hele leilighetskomplekset og dets livstid, hvor den skiller seg fra seterhytta ved at det ikke må ganges opp med antall enheter fordi materialregnskapet allerede modellerer hele leilighetskomplekset. Tomtearealet fordeles på samme måte som for seterhytta. Transporten til og fra urbanhytta er uavhengig antallet hytteenheter og skal bare fordeles på lengden av oppholdet. Og energien som fortsatt er oppgitt med enhet kWh pr m² pr år skal ganges opp med det totale arealet til hele urbanhytta (alle hytteenhetene) og fordeles på alle persondøgnene per år for hele leilighetskomplekset.

Dette er fordi fellesarealene også bruker energi, som jeg vil fordele likt på alle hytteenhetene. Tabell V1-21 viser da hvordan prosessen «bruk av urbanhytta» samler de fire delene.

Tabell V1-21 oppsummerer hvordan bruken av urbanhytta er satt sammen. Inngangsfaktor viser hva som kommer inn fra de fire ulike delene (tomt, materialer, energi og transport) fordelingsmetode viser hvordan dette er normalisert til persondøgn og i fordelingsverdi er tallene satt inn i fordelingsmetoden.

Inngangsfaktor	Fordelingsmetode	Fordelingsverdi
Alle materialene til en urbanhytte.	Fordel på antall persondøgn pr år for alle leilighetene og livstiden til bygget.	$1/(15\ 840*100) = 8,42E-07$
Det direkte arealbruket til en m2 med urbanhytte.	Gange opp med tomtestørrelsen til urbanhytta og dele på antall persondøgn pr år for alle leilighetene og livstiden til hytta.	$400/(15\ 840*100) = 2,53E-04$
Totalt energibruk pr m2 pr år for urbanhytta.	Gange opp med summen av arealet til alle leilighetene og dele på antall persondøgn for hele urbanhytta.	$(16*75)/15\ 840 = 0,0758$
Transport til og fra urbanhytta en gang.	Fordel en tur til og fra hytta på lengden på hytteoppholdet.	$3^{-1} = 0,3333$

Vedlegg 2 Direkte arealbruk av tradisjonshytta

Dette vedlegget oppsummerer datainnsamlingen, metoden og resultatene fra prosjektoppgaven jeg gjennomførte høsten 2018 (Thorvaldsen, 2018). Oppgaven vurderte biodiversitetstapet som konsekvens av arealbruket fra et knippe hyttefelt i området Oppdal og Rennebu. Dette vedlegget vil oppsummere deler av denne oppgaven med hovedfokus på aspekter knyttet til arealbruket. Strukturen vil være slik at jeg først oppsummerer datagrunnlaget deretter metoden, så resultatene og til slutt tar med noen høydepunkter fra diskusjonen. Referansene som oppgis her kan finnes i referanselisten på side 74.

Datagrunnlag:

Denne delen av vedlegget vil introdusere kommunens reguleringsplaner som utgjorde grunnlaget for datainnsamlingen til prosjektoppgaven. Reguleringsplanen springer ut av kommunens overordnede arealplan og er beskrevet i plan- og bygningsloven (Miljøverndepartementet, 2009), formålet med denne er å hjelpe kommuner med å planlegge sin fremtidige utvikling slik at det fremmes bærekraftig utvikling for alle. I paragraf 11 defineres kommuneplanen som det overordnede styringsdokumentet som skal gi rammene for kommunens planer og tiltak for å nå de overordnede mål kommunen har. Dette kan sees som en strategiplan for hvordan kommunen ønsker å gå inn i framtiden, hvilke næringer som skal styrkes, hvordan befolkningen skal bosette seg osv. Denne planen er todelt og har en arealdel og en samfunnsdel. Samfunnsdelen skal ta stilling til hvordan kommunen ønsker å utvikle seg, og arealdelen tar stilling til hvordan kommunens fysiske areal skal brukes for å oppnå denne utviklingen. Denne arealdelen har klassifisert 6 arealformål med tilhørende underformål (underformålene listes ikke her men kan finnes i paragraf 11.7 i Miljøverndepartementet (2009)).

1. Bebyggelse og anlegg
2. Samferdselsanlegg og teknisk infrastruktur
3. Grøntstrukturer
4. Forsvaret
5. Landbruks-, natur- og friluftsmål samt reindrift (LNFR)
6. Bruk og vern av sjø og vassdrag med tilhørende strandsone

Arealdelen av kommuneplanen er en overordnet plan, og går ikke i detalj for hvordan arealbruket innad i kommunen er. Men den definerer i store trekk hvilke områder som er vernet, hvor det skal bygges, og generelt hvilken type bebyggelse som ønskes i hvilke deler av kommunen. Arealdelen beskriver også hvor det er nødvendig med en mer detaljert reguleringsplan.

Et eksempel på et arealplankart er vist i figur V2-1. De stiplede linjene er grensene til det arealet arealplankartet omfatter, de lyse oransje områdene er regulert til fritidsbebyggelse, de rød-brune er regulert til teknisk infrastruktur, det grønne er regulert til LNFR og de grå linjene er veg. Bestemmelsene for dette hyttefeltet er et separat dokument som setter krav for hvordan fritidsboligene på tomten skal bygges, med tanke på høyde, antall bygg, parkeringsplasser, materialer, farger osv. Til sammen setter dette rammene for hva utbygger har lov til å gjøre på tomten, uten at det totalt fratrukker utbygger muligheten til å tilpasse fritidsboligene etter framtidig bruker.



Figur V2-1 viser et eksempel på en reguleringsplan. Eksemplet er hentet fra Gravåbakken som er en av hyttefeltene som er undersøkt i prosjektoppgaven. De lyse oransje områdene er regulert til fritidsbebyggelse, de rød-brune er regulert til teknisk infrastruktur, det grønne er regulert til LNFR og de grå linjene er veg.

Metode

Denne delen av vedlegget beskriver hvordan målingene på reguleringsplanen beskrevet over er gjort og tilpasset ulike arealtyper.

De arealtypene definert i plan- og bygningsloven paragraf 11.7 som ble målt i forbindelse med prosjektoppgaven var:

1. Areal regulert til fritidsbebyggelse
2. Areal regulert til veg
3. Areal regulert til teknisk infrastruktur
4. Areal regulert til idrettsanlegg
5. Areal regulert til parkeringsplass
6. Areal regulert til friområde og LNFR (landbruks-, natur- og friluftformål samt reindrift)

Disse kategoriene ble så redusert ned til tre kategorier:

1. Areal regulert til friområde
2. Areal regulert til fritidsbebyggelse
3. Areal regulert til veg

Denne forenklingen ble gjort av i hovedsak tre hensyn, en var at det forenkler oppgavens kompleksitet, en annen var at de tre kategoriene som forsvant utgjorde en marginal del av det totale hyttefeltarealet. Det tredje hensynet var at likheten mellom de sammenslåtte kategoriene i hvordan arealbruken så ut var såpass stor at det ble vurdert hensiktsmessig å slå de sammen. Tabell V2-1 under viser hvordan denne sammenslåingen ble gjort:

Tabell V2-1 viser hvordan de ulike regulerte kategoriene er slått sammen til overordnede kategorier.

	Ny Kategori	De sammenslåtte kategoriene
1	Areal regulert til friområde	4. Areal regulert til idrettsanlegg 6. Areal regulert til friområde og LNFR
2	Areal regulert til fritidsbebyggelse	1. Areal regulert til fritidsbebyggelse 3. Areal regulert til teknisk infrastruktur
3	Areal regulert til veg	2. Areal regulert til veg 5. Areal regulert til parkeringsplass

Disse målingene ble gjort for følgende hyttefelt:

- Mjuken
- Åsen
- Øvre Stuggulia
- Minnildalsåsen
- Lundlia
- Sørøyen
- Kåsenget
- Gravåbakken

Disse dataene ble deretter tilpasset en livsløpseffektvurderingsmetode (LCIA) kalt LC-impact (Chaudhary et al., 2016) og observasjoner gjort på en lokasjonsbefaring ved å innføre to ekstra kategorier (den fysiske hytta og vegskulder). For å tilegne disse kategoriene areal ble det flyttet litt rundt på tallene, men siden metodene i denne oppgaven ikke benytter LC-Impact bruker jeg ikke tid på å gå mer i dybden av dette.

Resultater

Tabell V2-3a) og Tabell V2-3b) viser resultatene fra målingene på reguleringsplanen gjort i prosjektoppgaven. Måten dette er brukt på i denne oppgaven er at gjennomsnittsarealet er fordelt på antallet tomter, som da gir grunnlaget for arealet tradisjonshytta bruker. Disse tallene er gjengitt i Tabell V2-2.

Tabell V2-2 viser gjennomsnittsarealet normalisert på et gjennomsnittlig antall hyttetomter.

Totalt areal	4296,5 m ²
Areal regulert fritidsbebyggelse og teknisk infrastruktur	1035,6 m ²
Areal regulert veg og parkeringsplass	239,4 m ²
Areal regulert idrettsplass, friområde og LNFR	3021,5 m ²

Diskusjonen

Utgangspunktet for denne prosjektoppgaven var likt som for det jeg har jobbet med her, at det bygges mange hytter og at dette har miljøeffekter. Vi vet bare ikke hvordan disse miljøeffektene ser ut og hvor store de er. Berker & Gansmo (2011) mener allikevel at slik hyttebruken har endret seg vil det være miljømessig gunstig å bygge tettere og å tenke nytt om det å bruke hytte, noe som også støttes opp av

Nasjonalparken Næringshage (2017). Så meg dette som bakgrunn har prosjektoppgaven sett på ulike hyttefelt og forsøkt og målt hvor mye areal de ulike feltene bruker.

Når det kommer til hvordan tetthet burde måles trekker prosjektoppgaven fram to ulike måter å tenke tetthet på. Bakgrunnen for dette er at det på en reguleringsplan ofte kan være sammenhengende areal som ikke berøres av verken veg eller hyttetomter. Hvis tetthet da kun måles basert på hvor stor andel av det regulerte området som er benyttet vil hyttefeltet kunne framstå som veldig spredt på grunn av slike områder. Den andre måten å se tetthet på mener prosjektoppgaven er å se litt mer kvalitativt på avstanden mellom hytter/hyttetomter slik at disse områdene hvor det ikke bygges hytter ikke er tatt med. En observasjon som gjøres i forlengelsen av dette er at det finnes eksempler på store hyttefelt som har høy andel areal regulert til fritidsbebyggelse og at det finnes store hyttefelt med lav andel areal regulert til fritidsbebyggelse.

Hovedresultatet til prosjektoppgaven går på hvordan det totale arealet fra hyttefeltet er fordelt på de ulike kategoriene. Kategorien det settes størst fokus på da er friområdet. Grunnen for dette er at friområdet er det desidert største arealet knyttet til hyttefeltet, samtidig som at det er det areal det er lettest å påvirke hvordan brukes. Vegen og hyttetomta er forholdsvis låst ved at det har et tydelig definert formål mens friområdet kan enten få gro slik det naturlig ville gjort, eller det kan holdes nede av hensyn til utsikt eller andre ønsker. Det som da kan gjøres er å forvalte friområdet slik at biodiversiteten er høyst mulig.

Et viktig aspekt ved prosjektoppgaven er at metoden som brukes (LC-Impact) har som styrke at den har regionaliserte karakteriseringsfaktorer. Fordelen med dette er at områder i verden som er mer sårbare enn andre blir vektlagt mer enn områder som er mindre sårbare. Dette gjør at hytter som bygges i Norske skoger ikke vil skape det samme biodiversitetstapet som tilsvarende hytter i en regnskog. Spørsmålet som da blir løftet av prosjektoppgaven er om dette er en rettferdig vektning da økosystemtjenestene som skogen i Norge leverer kan være like viktig for samfunnet i Norge som de økosystemtjenestene regnskogen leverer til sitt land. Mange vil også trekke fram at naturen har en iboende verdi som ikke har med biodiversitet å gjøre slik at det ikke er hensiktsmessig å vekte arealbruk ulikt. Det er med andre ord en del viktige vektninger som gjøres som en burde være klar over i tolkningen av resultatene.

Videre i oppgaven er det forsøkt å beskrive hvilke karaktertrekk ved hyttefeltene som gjør at de presterer ulikt i forhold til biodiversitet. Her er det for det første den totale størrelsen som er lettest å observere, at et stort hyttefelt har høyere biodiversitetstap enn et lite. Videre er det fordelingen mellom de ulike arealkategoriene, vegen og den fysiske hytta samt hyttetomta har et annet biodiversitetstap enn friområdet. I tillegg er det en diskusjon rundt reversibilitet av effektene, at deler av biodiversitetstapet som oppstår under byggingen kan reverseres hvis arealet får gro tilbake. Men hvis det holdes nede vil biodiversitetstapet framstå mer permanent. Det er også diskutert ulike måter å normalisere biodiversitetstapet på, og den som er benyttet videre i denne oppgaven er normaliseringen på antall hyttetomter/hytter, siden dette er normaliseringen som lettest lar seg knytte opp mot den funksjonelle enheten.

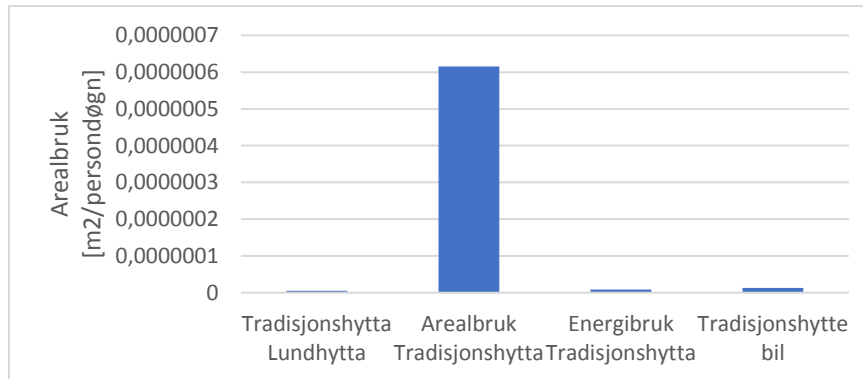
Tabell V2-3 viser to tabeller som oppsummerer målingene gjort på reguleringsplaner fra prosjektoppgave. a) viser de absolutte verdiene fra målingene av hyttefelt i prosjektoppgaven fordelt på tre typer areal. b) viser verdiene for tre ulike arealtyper fra målingen gjort på hyttefeltene i prosjektoppgaven normalisert på totalt areal for hvert hyttefelt.

Feil! Fant ikke referanseilden.a)		Gj.snitt	Mjuken	Åsen	Øvre Stuggulia	Minnildalsåsen	Lundlia	Sørøyen	Kåsenget	Gravåbakken
Totalt areal	m2	245 438	439 440	125 837	191 195	139 730	66 140	673 965	307 326	19 873
Areal regulert fritidsbebyggelse og teknisk infrastruktur	m2	59 158	152 369	34 815	59 420	34 164	21 504	123 527	41 024	6 443
Areal regulert veg og parkeringsplass	m2	13 675	39 509	9 154	14 539	9 441	5 135	20 203	9 834	1 584
Areal regulert idrettsplass, friområde og LNFR	m2	172 605	247 562	81 868	117 237	96 125	39 500	530 236	256 467	11 845
Antall tomter	stk	57	173	35	54	31	20	101	37	6

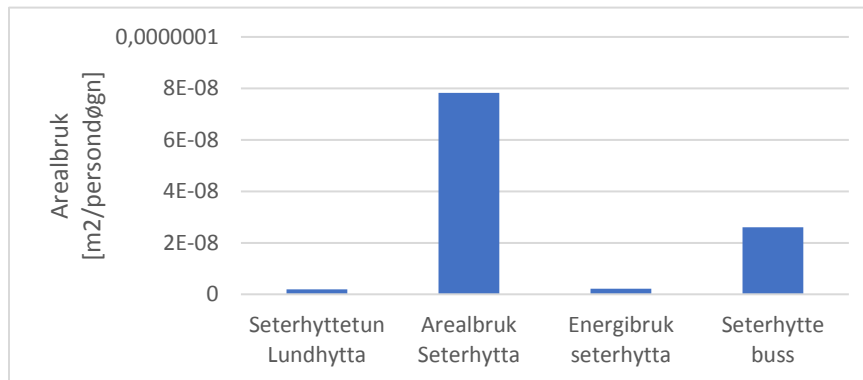
Feil! Fant ikke referanseilden.b)		Gj.snitt	Mjuken	Åsen	Øvre Stuggulia	Minnildalsåsen	Lundlia	Sørøyen	Kåsenget	Gravåbakken
Totalt areal		100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Areal regulert fritidsbebyggelse og teknisk infrastruktur		27 %	35 %	28 %	31 %	24 %	33 %	18 %	13 %	32 %
Areal regulert veg og parkeringsplass		7 %	9 %	7 %	8 %	7 %	8 %	3 %	3 %	8 %
Areal regulert idrettsplass, friområde og LNFR		67 %	56 %	65 %	61 %	69 %	60 %	79 %	83 %	60 %

Vedlegg 3 Resultatgrafer

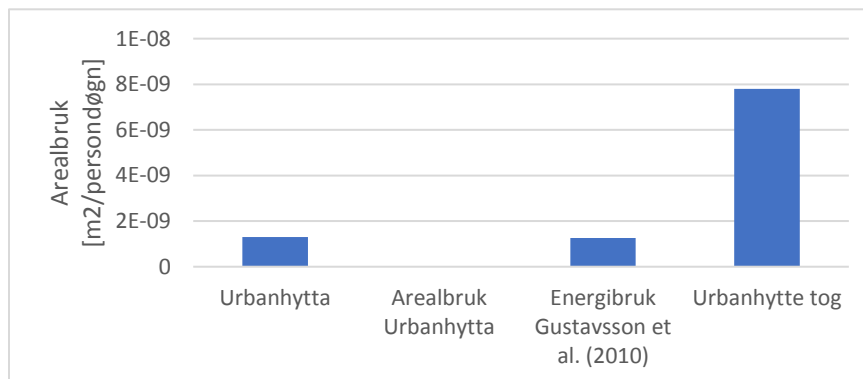
V.3.1 Arealbruksgrafer



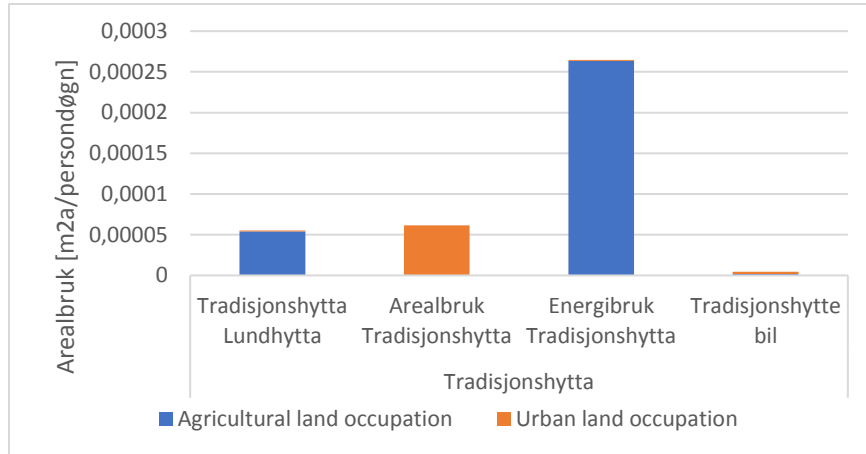
Figur V3-1 Transformasjonseffektene fra tradisjonshytta for 57 bruksdøgn, bil som transportmiddel og vedfyring.



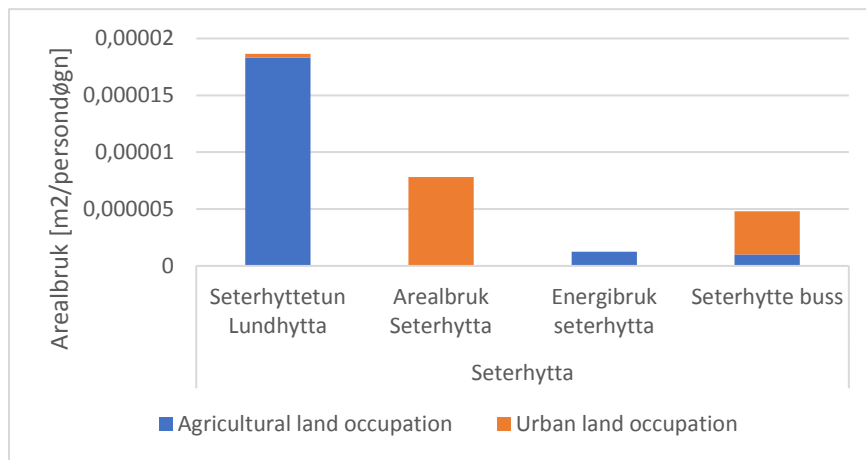
Figur V3-2 Transformasjonseffektene fra seterhytta for 140 bruksdøgn, buss som transportmiddel og uten vedfyring.



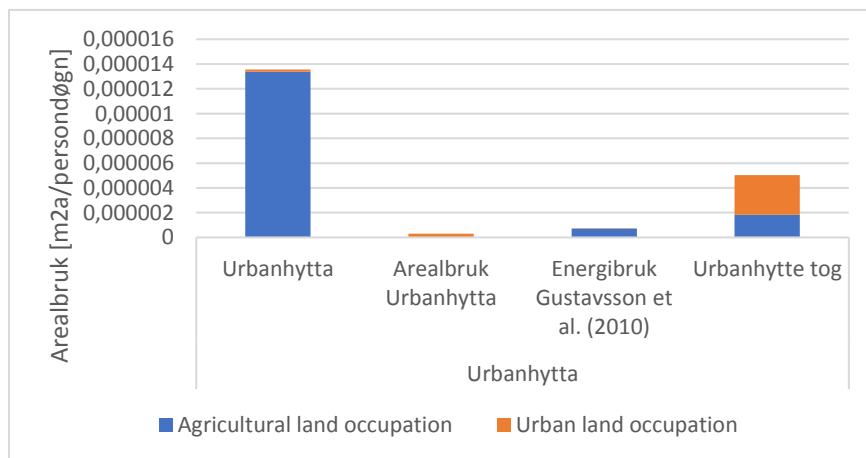
Figur V3-3 Transformasjonseffektene fra urbanhytta for 300 bruksdøgn og tog som transportmiddel.



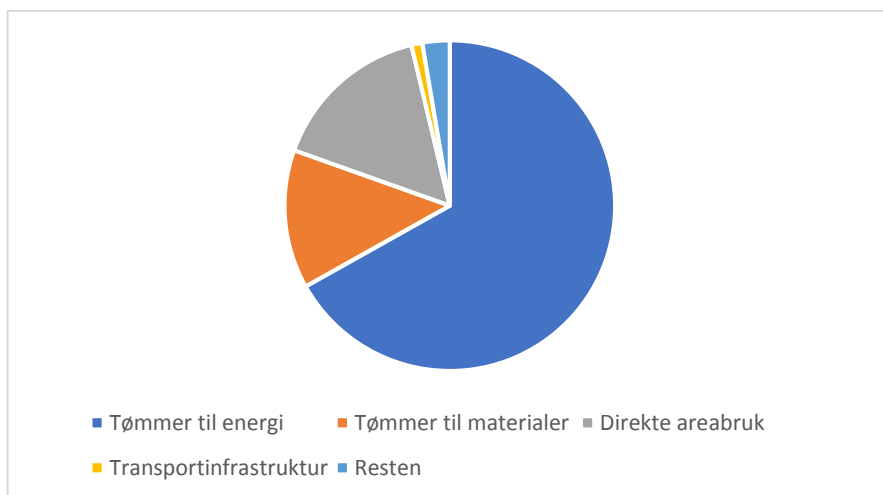
Figur V3-4 Okkupasjonseffektene fra tradisjonshytta for 57 bruksdøgn, bil som transportmiddel og vedfyring.



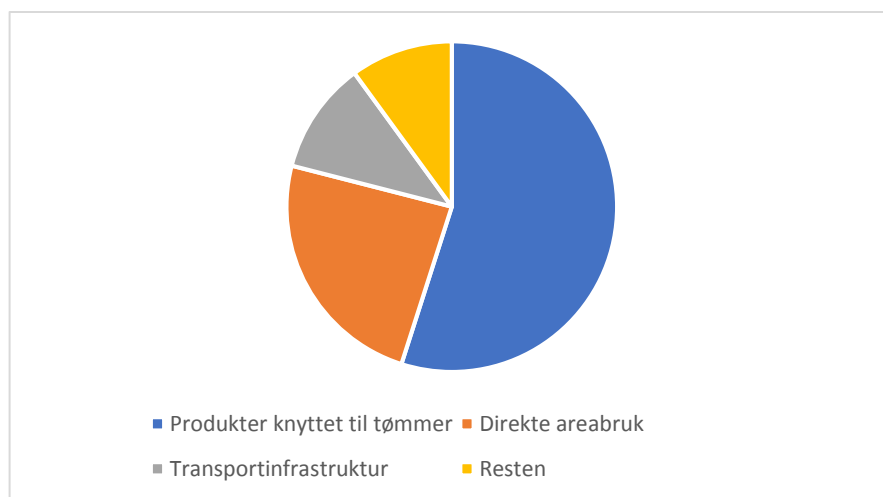
Figur V3-5 Okkupasjonseffektene fra seterhytta for 140 bruksdøgn, buss som transportmiddel og uten vedfyring.



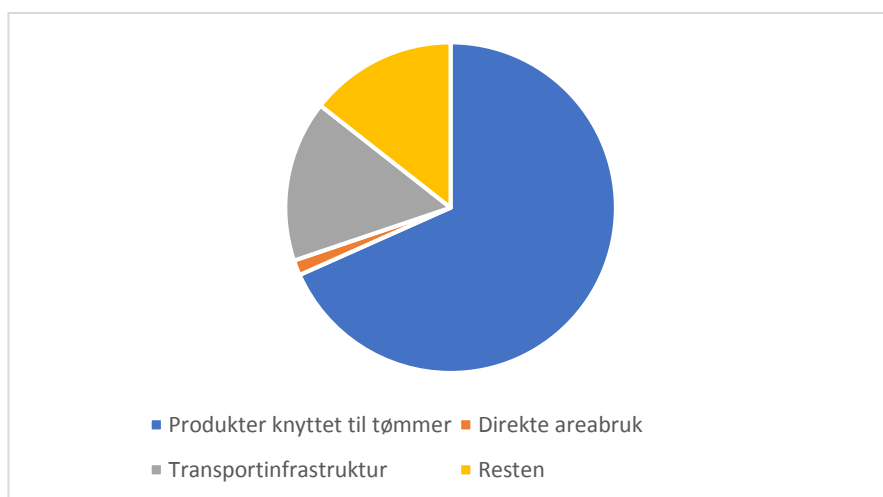
Figur V3-6 Okkupasjonseffektene fra urbanhytta for 300 bruksdøgn, og buss som transportmiddel



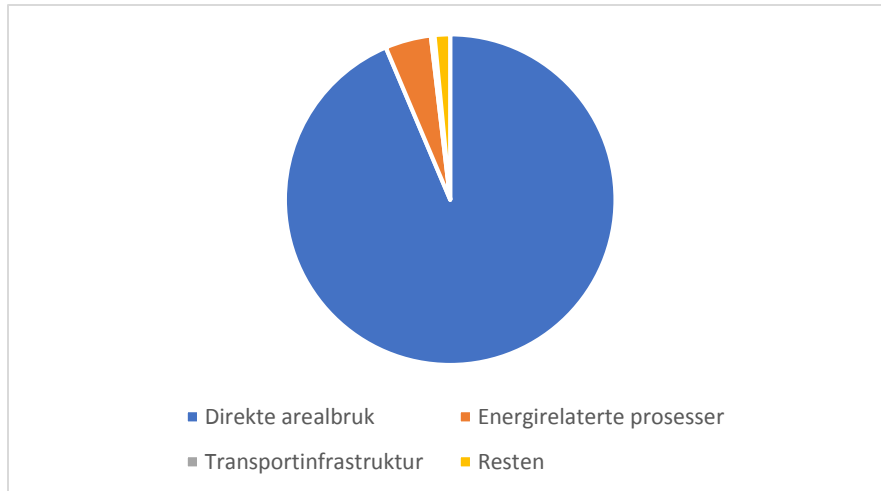
Figur V3-9 viser hvordan okkupasjonseffektene fra tradisjonshytta fordeler seg over ulike type prosesser.



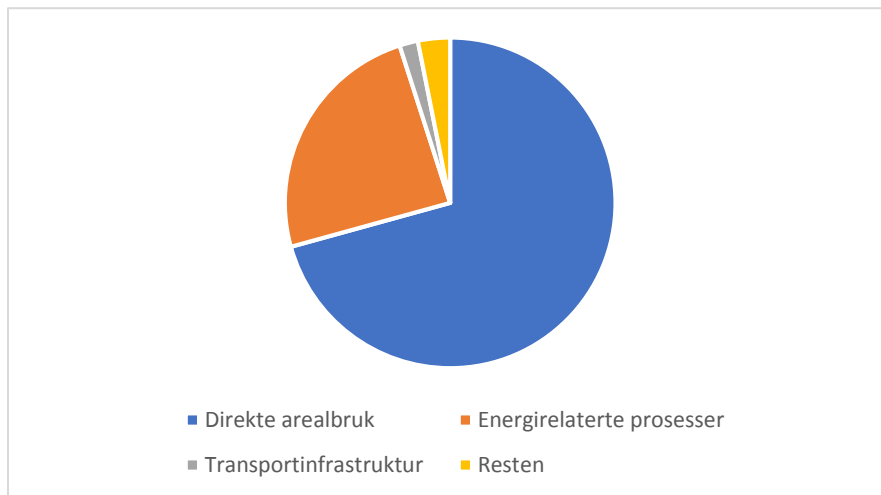
Figur V3-8 viser hvordan okkupasjonseffektene fra seterhytta fordeler seg over ulike typer prosesser.



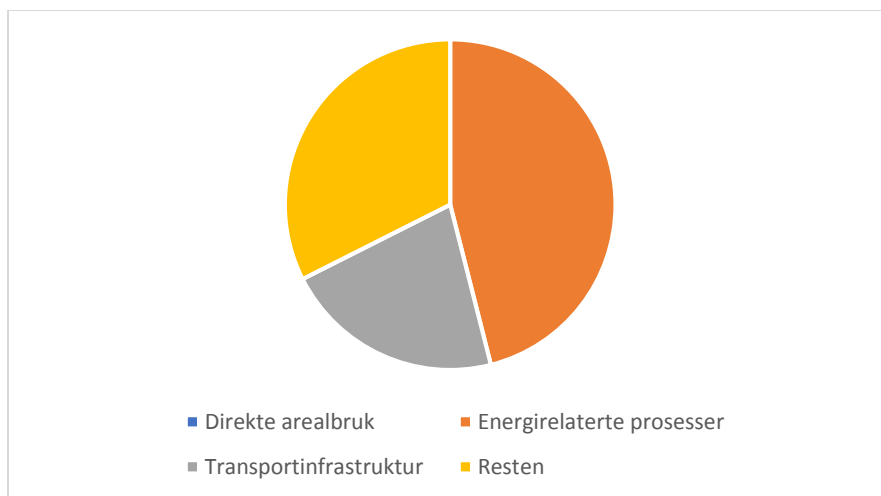
Figur V3-7 viser hvordan okkupasjonseffektene fra urbanhytta fordeler seg over ulike typer prosesser.



Figur V3-10 viser hvordan transformasjonseffektene fra tradisjonshytta fordeler seg over ulike typer prosesser.



Figur V3-12 viser hvordan transformasjonseffektene fra seterhytta fordeler seg over ulike typer prosesser.



Figur V3-11 viser hvordan transformasjonseffektene fra urbanhytta fordeler seg over ulike typer prosesser.

Vedlegg 4 ReCiPe

I dette vedlegget skal jeg gå litt mer i dybden på hvordan ReCiPe modellerer biodiversitetstap fra arealbruk og klimagassutslipp. Vedlegget er en gjengivelse av kapittel 2 og 10 i dokumentasjonen til ReCiPe (Huijbregts et al., 2016) hvor jeg forsøker å også tolke de ulike karakteriseringsfaktorene noe. Vedlegget er bygd opp i to deler, den første beskriver karakteriseringsfaktoren for biodiversitetstap som konsekvens av global oppvarming (**V.4.1 Global oppvarming**) mens den andre beskriver karakteriseringsfaktoren for biodiversitetstapet som konsekvens av arealbruk (**V.4.2 Arealbruk**). Referansene som oppgitt her kan finnes i referanselisten på side 74.

V.4.1 Global oppvarming

Den generelle tanken rundt biodiversitetstap som konsekvens av global oppvarming er blant annet at en økning i temperatur vil endre forutsetningene for dyre- og planteliv på jorden. For eksempel endret temperatur, endrede nedbørsmengder og forsinket vår. Noen arter vil ikke la seg påvirke av dette, andre vil forsvinne (Urban, 2015). Dette er med andre ord veldig kompliserte mekanismer, men Urban har regnet seg fram til en verdi for hvor mange arter som dør ut pr grad oppvarming; 0,037 PDF/°C, denne verdien kalles i formlene under EF (effect factor). Følgende formel brukes da for å beregne karakteriseringsfaktoren for biodiversitetstap fra global oppvarming:

$$CF_{e,CC} = GWP * F_{M \rightarrow e,CC}$$

hvor

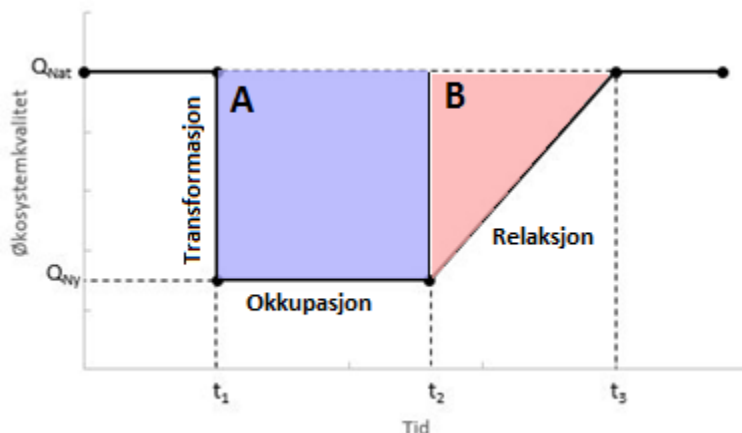
$$F_{M \rightarrow e,CC} = IAGTP_{CO2} * A_{terr} * EF * SD_{terr}$$

Her er SD_{terr} det gjennomsnittlige artsmangfoldet i terrestriske økosystem beregnet til $1,48E-08$ arter/m² (M. J. Goedkoop et al., 2013), A_{terr} er jordens terrestriske overflate ($1,08E14$ m²) og $IAGTP_{CO2}$ en omregningsfaktor fra CO₂-ekv til temperaturøkning. GWP, det globale oppvarmingspotensialet (Global Warming Potential), viser hvor stor økningen i strålingspådriv (radiative forcing) er fra en klimagass relativ til CO₂. Denne er ulik for ulike klimagasser, men siden den normaliseres relativ til CO₂ er det mulig å summere bidragene fra mange forskjellige klimagasser under enheten CO₂-ekvivalenter (Joos et al., 2013). Tolkningen av karakteriseringsfaktoren blir da at den uttrykker et gjennomsnittlig tap av arter i terrestriske økosystem over hele kloden som konsekvens av temperaturstigningen klimagassutslippene fra den modellerte aktiviteten forårsaker. Tilsvarende karakteriseringsfaktor er også beregnet for liv i sjøen, men da byttes EF, SD_{terr} og A_{terr} ut med tilsvarende verdier for akvatiske økosystem. Det totale biodiversitetstapet fra global oppvarming vil da være en sum av tapet fra terrestriske og akvatiske økosystem.

V.4.2 Arealbruk

Konteksten for måten karakteriseringsfaktorene for biodiversitetstap som konsekvens av arealbruk er modellert på kommer fra Milà i Canals et al. (2007) og tar utgangspunkt i at det er tre faser et endret arealbruk går igjennom. Først er det transformasjonsfasen, deretter okkupasjonsfasen og til slutt relaksjonsfasen. Figur V4-1 viser disse fasene hvor transformasjonsfasen er hoppet fra økosystemets naturlige artsmangfold (Q_{nat}) og det nye arealbrukets artsmangfold (Q_{Ny}) ved t_1 . Okkupasjonsfasen er fasen mellom t_1 og t_2 hvor artsmangfoldet forblir likt fordi det nye arealbruket opprettholdes.

Reaksjonsfasen er tidsrommet mellom at den nye arealbruken forlates (t_2) til økosystemet har fått tilbake sitt originale artsmangfold (t_3). Hvis du lurer på hvorfor jeg skriver artsmangfold mens det står økosystemkvalitet på y-aksen i Figur V4-1 er det fordi figuren tar utgangspunkt i at økosystemet skal være stabilt og kunne levere de økosystemtjenestene vi ønsker det skal levere. Hvilket tall som skal brukes for å vurdere dette er ikke trivielt. ReCiPe (og de fleste andre LCIA) har valgt å måle dette ved hjelp av antall arter, eller artsmangfold (se kapittel 2.9 for en utdyping av dette).



Figur V4-1 viser utgangspunktet for hvordan ReCiPe tenker biodiversitetstap. Figuren er fra Milà i Canals et al. (2007).

Med dette som bakgrunn kan vi se nærmere på hvordan karakteriseringsfaktorene som beskriver overgangen fra et arealbruk til et biodiversitetstap ser ut. Det første som er greit å nevne er at det skilles mellom transformasjon og okkupasjon hvor transformasjonen tar høyde for både transformasjonsfasen og relaksjonsfasen i Figur V4-1, mens okkupasjonen tar høyde for kun okkupasjonsfasen. Jeg kommer til slutt til å vise hvordan karakteriseringsfaktorene er ulike, men starter med å kun beskrive okkupasjonen.

I de kommende formlene vil det skilles mellom karakteriseringsfaktorer for mellom- og endepunktskategorier hvor indeksen «e» betyr endepunkt og «m» betyr mellompunkt, indeksen «x» skal skille mellom hvilken arealbruk karakteriseringsfaktoren beskriver. Som nevnt tidligere måler ReCiPe økosystemkvaliteten i antall arter og dermed vil en reduksjon i økosystemkvalitet bety en reduksjon i antall arter. $S_{rel,x}$ beskriver et relativt artstap hvor S_{ref} tilsvarer Q_{Nat} og er artsmangfoldet ved økosystemets naturlige tilstand. $S_{LU,x}$ tilsvarer Q_{Ny} og er artsmangfoldet på samme sted under en ny arealbruk x.

$$S_{rel,x} = 1 - \frac{S_{LU,x}}{S_{ref}}$$

Dette betyr at hvis $S_{ref} > S_{LU,x}$ er $S_{rel,x}$ mellom 0 og 1 hvor 1 betyr at alle dyrearter er utdødd og 0 betyr at ingen er det ($S_{ref} = S_{LU,x}$). Det er også mulig at $S_{ref} < S_{LU,x}$ som betyr at artsmangfoldet øker med den nye arealbruken og vi får et negativt biodiversitetstap ($S_{rel,x} < 0$) (Koellner & Scholz, 2008).

Midtpunktkategorien er deretter regnet ut på følgende måte, hvor $S_{rel, annual crops}$ er det relative biodiversitetstapet regnet ut på samme måte som over for at areal som brukes til jordbruk og årlige avlinger.

$$CF_M = \frac{S_{rel,x}}{S_{rel,annual\ crops}}$$

Grunnen til at det deles på det relative tapet av arter for årlige avlinger er at man ønsker en felles enhet på samme måte som man bruker CO2-ekv som felles enhet for global oppvarming. Enheten her blir da biodiversitetstap i «årlige avlinger-ekvivalenter». Til slutt må dette regnes om slik at vi får en enhet som kan summeres over flere mellompunktskategorier (for eksempel både global oppvarming og arealbruk). Da kommer endepunktkategorien inn og er modellert som følger, hvor SD_{terr} er det gjennomsnittlige artsmangfoldet i terrestriske økosystem beregnet til $1,48E-08$ arter/m² (M. J. Goedkoop et al., 2013).

$$CF_{e,x} = CF_{M,x} * F_{M \rightarrow e,LU}$$

hvor

$$F_{M \rightarrow e,LU} = SD_{terr} * S_{rel,annual\ crops}$$

Setter vi inn $CF_{M,x}$ og $F_{M \rightarrow e,LU}$ i $CF_{e,x}$ ender vi opp med følgende formel:

$$CF_{e,x} = S_{rel,x} * SD_{terr}$$

Det som med andre ord skjer når ReCiPe kalkulerer sine karakteriseringsfaktorer er at de tar et relativt artstap, basert på tellinger av antall arter før og etter et endret arealbruk, og ganger dette med et gjennomsnittlig terrestrisk artsmangfold. Dette betyr at karakteriseringsfaktoren ikke bryr seg om regionaliseringen som er diskutert i kapittel 5. Det er også verdt å merke seg at det er et tidsaspekt som ikke er tatt med i karakteriseringsfaktoren, men som må inkluderes i selve modellen. For å finne de totale okkupasjonseffektene må okkupasjonen ganges opp med okkupasjonstiden. Dette tidsperspektivet er for transformasjonen, som jeg skal vise straks, inkludert i karakteriseringsfaktoren.

Karakteriseringsfaktorene for transformasjonen er enkelt beregnet ut ifra okkupasjonen via følgende formel hvor t_{reg} er tiden det tar fra den nye arealbruken forlates til økosystemet har oppnådd et likt antall arter som tidligere (Curran et al., 2014).

$$CF_{trans} = 0,5 * CF_{occ,x} * t_{reg}$$

Forholdet mellom den totale okkupasjonen og transformasjonen kan dermed tolkes som arealene A og B i Figur V4-1. Når da det totale biodiversitetstapet skal beregnes vil arealbruket og klimagassutslippene ganges opp med karakteriseringsfaktorene beskrevet i dette vedlegget. Deretter vil verdiene summeres under enhet PDF, potensielt utdødde dyrearter.

