

Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2020 30 stp  
Fakultet for landskap og samfunn

## **Bærekraftig byutvikling - En utforskende studie av tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon**

Sustainable urban development - An exploratory study of how to facilitate for a comfortable urban climate and urban renewable energy production

Anna Stenersen Brandin Leiknes & Inga Elen Årvoll Eidsvik  
Landskapsarkitektur

Denne siden er med hensikt gjort blank  
This page is left intentionally blank

# Bærekraftig byutvikling



En utforskende studie av tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon

# Forord

Oppgaven er skrevet ved fakultet for landskap og samfunn, institutt for landskapsarkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) våren 2020. Denne oppgaven markerer avslutningen på en femårig masterstudie i landskapsarkitektur.

Vi vil gjerne rette en stor takk til vår hovedveileder Kathrine Omnia Strøm og biveileder Kerstin Potthoff for gode og konstruktive innspill, inspirerende samtaler og tålmodigheten dere har vist. Takk for all støtte og oppriktighet angående vårt arbeid. Kathrine ønsker vi spesielt å takke for hennes ærlighet, kunnskap og brennende engasjement for prosjektet. En ekstra takk går også til Kerstin for mange gjennomlesninger, gode og konstruktive tilbakemeldinger på oppbygningen av oppgaven og bidrag til å gi oppgaven et akademisk fokus.

Takk til meteorolog og forsker Mareile Astrid Wolff for at du ønsket oss velkommen både til ditt kontor på NMBU og ved Meteorologisk institutt og delte så velvillig data og kunnskap.

Takk til Gunnar Tenge for nedlasting av nødvendig kartdata.

Takk til COWI for bruk av lokaler på Hasle til å skrive vår masteroppgave, at vi ble tatt så godt imot og inkludert. Spesielt takk til Eline Solerød Jahren og Hedda Sæther Rosenlund fra COWI som var våre faddere på kontoret.

Vi vil også gjerne takke Hans Jacob Låhne for hans hjelpsomhet og input om Sollihøgda Plussby

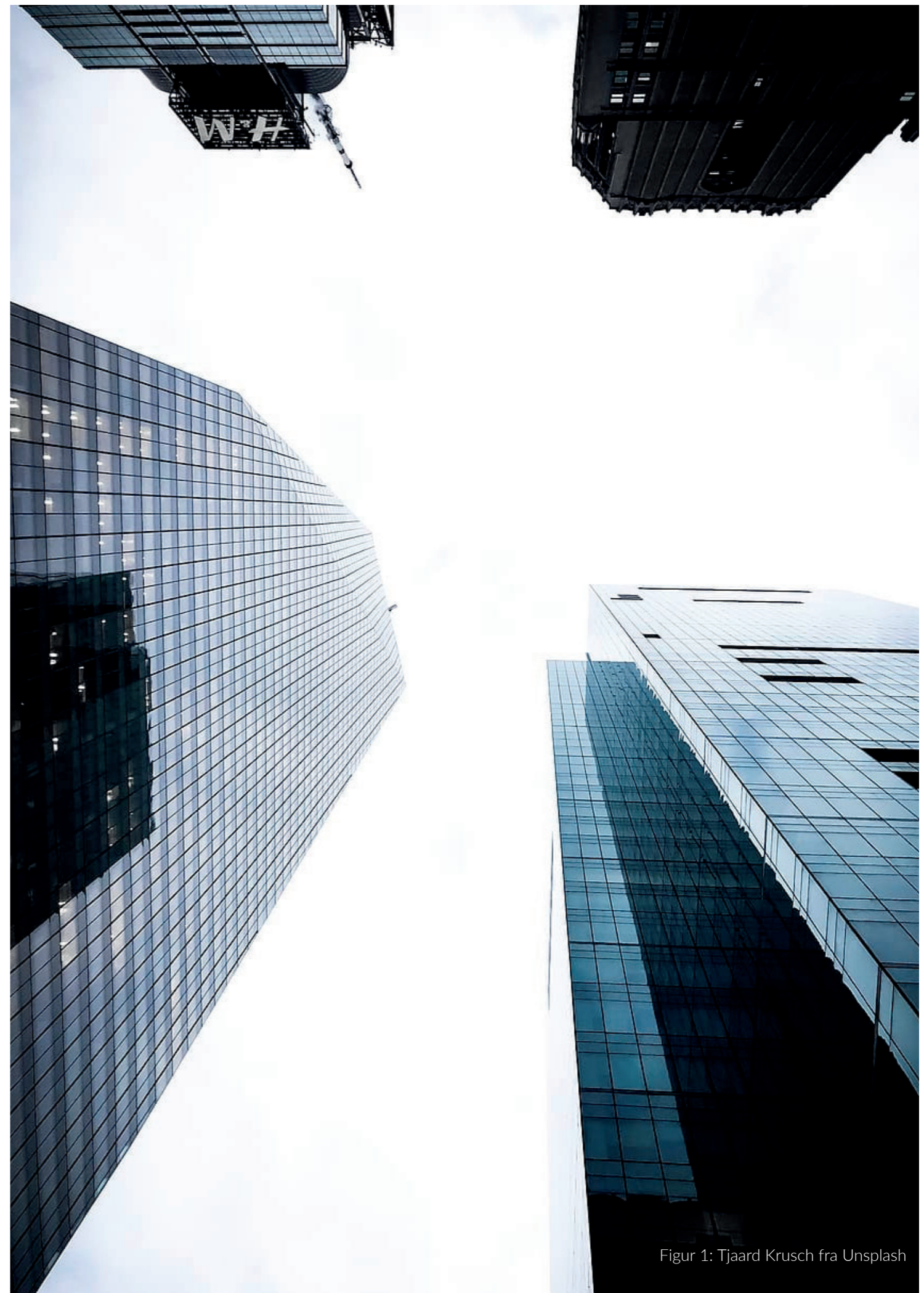
prosjektet.

Takk til korrekturleserne Gry, Arve og Oda.

Tusen takk for 5 fine år med klassen vår - sene kvelder i brakkene på Akropolis, studieturer rundt i Europa og gode faglige og ikke-faglige samtaler. Studietiden hadde ikke vært den samme uten dere!

Til slutt ønsker vi å takke alle venner og familie for all støtte, oppmuntring og oppvarming i arbeidet med denne oppgaven. Team Bergen har hatt mange timer sammen, og lært utrolig mye.

Inga Elen Årvoll Eidsvik & Anna Stenersen Brandin Leiknes



Figur 1: Tjaard Krusch fra Unsplash

# Bibloteksside

Tittel: Bærekraftig byutvikling - En utforskende studie av tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon

Title: Sustainable urban development - An exploratory study of facilitation for a comfortable urban climate and urban renewable energy production

Forfattere: Inga Elen Årvoll Eidsvik og Anna Stenersen Brandin Leiknes

Veileder: Kathrine Omnia Strøm, dosent ved fakultet for landskap og samfunn, NMBU

Biveileder: Kerstin Potthoff, førsteamanuensis ved fakultet for landskap og samfunn, NMBU

Sideantall: 70

Format: Liggende A3 (21,0x29,7 cm)

Opplag: Digital levering grunnet Covid 19

Alle figurer er produsert av forfatterne dersom ikke annet er oppgitt.

Emneord: Bærekraftig byutvikling, bærekraftig, bystruktur, byklima, energiproduksjon, komfortable uterom, Sollihøgda plussby, Avtjerna, vindturbiner, solfangere

Keywords: Sustainable urban development, sustainable urban structures, urban climates, energy production, Sollihøgda plussby, Avtjerna, windturbines, solar panels,



Figur 2: Jan Kopřiva fra Pexels

# Begrepsliste

Kun de mest sentrale begrepene i oppgaven som er beskrevet i denne listen. For begrepene som ikke har en oppgitt kilde er beskrivelsen av begrepet basert på hvordan vi har benyttet begrepet i denne oppgaven. Listen er organisert i alfabetisk rekkefølge for å gjøre det enkelt å kunne slå opp ord.

**Byklima** - Klima er det typiske værmønsteret på et sted, som f.eks. fra hvilken retning det blåser kraftigst (Dannevig & Harstveit, 2019a). I denne oppgaven omtaler vi byklima som det lokale og typiske værmønsteret i en by.

**Bærekraftig byutvikling** - I denne oppgaven er bærekraftig byutvikling definert som en utvikling av byer som tilfredsstiller dagens behov, uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstille sine behov (FN-sambandet, 2019b).

**Bystruktur** - Ordet struktur betyr oppbygning eller sammenheng mellom de enkelte leddene i en helhet (Nilstun, 2020). I denne oppgaven brukes derfor ordet bystruktur for å omtale alle de oppbygde delene som til sammen skaper en by. Eksempler på dette er bygg, veier, vegetasjon etc.

**Evapotranspirasjon** - Den samlede fordampningen fra vegetasjon kalles evapotranspirasjon. Den består både av evaporasjon (fordampning fra fysiske objekter som f.eks. jord og vann) og transpirasjon (fordampning fra den levende plantens overflate) (Berner, 2009).

**Fornybar energiproduksjon** - I denne oppgaven er fornybar energiproduksjon avgrenset til å kun omfatte sol- og vindenergi produksjon.

**Gode solforhold** - Gjennom oppgaven anser vi gode solforhold som forhold som legger til rette for mye solinnstråling.

**Hensyn** - I denne oppgaven brukes ordet hensyn når vi omtaler de delene av analysen som vi har valgt å basere prosjekteringen på.

**Komfortabel** - Ifølge Carmona et al. (2003) er lengden folk oppholder seg et sted en måte å måle komforten. Komfortabel defineres som bekvem, noe som gir komfort (Gundersen, 2009).

**Urban** - Ifølge Gundersen (2020) betyr urban noe som har med byer og bykultur å gjøre.

**Urban heat island** - Varmeøy-effekten eller bedre kjent som Urban Heat Island (UHI)-effekten er påvirkningen som blant annet bygningstetthet, byens varmeutslipp og dekke har på temperaturen i byen og som



Figur 3: Vlado Paunovic fra Pexels

får temperaturen til å øke i byer. Det blir varmere i byene enn de omkringliggende områdene fordi mange elementer i byene gir fra seg varme i tillegg til at det er lite fordampning (Lenzholzer, 2015).

**Landskapsarkitekter** - I denne oppgaven har vi for enkelhets skyld valgt utvide begrepet landskapsarkitekter. Her under går alle som påvirker bystrukturen og kan nyttiggjøre seg av premisslisten vi kom frem til gjennom litteraturstudiet. Dette være seg arealplanleggere, arkitekter, ingeniører, utbyggere, landskapsarkitekter osv.

**Planlegging** - I denne oppgaven er planlegging brukt når vi omtaler avgjørelser knyttet til organiseringen av de urbane funksjonene og bystrukturene (Oke et al., 2017).

**Plussby** - En plussby er en by som produserer mer energi enn den forbruker (COWI & Avtjerna Grunneierforening, u.å.).

**Premiss** - I denne oppgaven brukes ordet premiss når vi omtaler premissene i premisslisten som er basert på litteraturen og som er en del av grunnlaget for prosjekteringen.

**Prinsipper** - I denne oppgaven brukes ordet prinsipper om prinsipper som er knyttet til Sollihøgda plussby prosjektet sin visjon. Disse prinsippene er en del av grunnlaget for prosjekteringen.

**Prosjektering** - I denne oppgaven har vi definert prosjektering som den utprøvende prosessen for å komme frem til en utforming av et sted.

**Solinnstråling** - I denne oppgaven er solinnstråling definert som innkommende stråler fra solen.

# Sammendrag

# Abstract

Globale klimagassutslipp øker stadig, og det planlegges på verdensbasis å produsere dobbelt så mye fossil energi enn det burde for å nå togradersmålet. Samtidig bor stadig større deler av befolkningen i by. Byene bygges høyere og tettere for å kunne huse flest mulig innbyggere og for å unngå utbygging av verdifull natur. For å redusere ytterligere klimagassutslipp og oppnå en mer bærekraftig fremtid er det behov for mer kunnskap og kompetanse om bærekraftige løsninger.

Å planlegge med hensyn til byklimate og utnyttelse av de fornybare ressursene i byen er i liten grad gjort i dagens byer. Oppgaven utforsker hvordan landskapsarkitekter kan tilrettelegge for et komfortabelt byklimate og urban, fornybar energiproduksjon. Vi undersøker hvordan vi ved hjelp av bystrukturene, de fysiske elementene i byen, kan bidra til en bærekraftig byutvikling.

Jo tettere og høyere byggene blir, desto mindre vil byklimate ligne det omkringliggende klimate. Det er derfor svært relevant å planlegge med hensyn til byklimate. Fokus på tilrettelegging for et komfortabelt byklimate fører til gode, behagelige, permanente uterom som byens innbyggere kan benytte seg av i lang tid. Dette kan få svært positive ringvirkninger som bedre folkehelse, da større deler av befolkningen tilbringer mer tid utendørs.

Urbaniseringen øker også behovet for energi i byene. Det ville være en stor fordel å generere denne energien der den skal brukes. Hovedfordelene ved dette er at det vil føre til mindre ødeleggelse av natur

og at ressursene utnyttes mer effektivt.

Gjennom litteraturstudiet la vi grunnlaget for utarbeidingen av en premissliste som ser på hvordan en kan tilrettelegge for et komfortabelt byklimate og urban, fornybar energiproduksjon. Et nordisk fokus og vårt case la føringene for hvilke premiss som ble valgt ut. Gjennom en prosjekteringsdel testes anvendelsen av premisslisten på prosjekteksempel vårt, Sollihøgda plussby. Premissene ble her benyttet til å designe en by som er tilpasset det lokale klimate og produksjon av fornybar energi. Prosjekteringsdelen legger stor vekt på prosessen, avveininger og dilemmaer som oppstod i anvendelsen av premissene. Grunnen til at vi ønsket en transparent prosess er slik at andre skal kunne dra nytte av denne informasjonen senere.

Prosjekteringen avdekket tiltak som vil gjøre det enklere å tilrettelegge for et komfortabelt byklimate og urban, fornybar energiproduksjon. Disse tiltakene er mer lettfattelig litteratur på temaet og gode, nordiske referanseprosjekter. I tillegg bør data om lokalklimate forbedres og gjøres mer tilgjengelig samt at premisslisten bør videreutvikles og tilpasses til hver enkelt kontekst.

Å skape bærekraftige bystrukturer er komplekst og utfordrende. Tilrettelegging for et komfortabelt byklimate og urban, fornybar energiproduksjon er kun to av brikkene i det store puslespillet, men to viktige brikker det burde være mer fokus på.

Global greenhouse gas emissions are steadily increasing. It is planned to produce twice as much fossil energy worldwide as we should to reach the 2 degree goal. At the same an increasing amount of the population lives in cities. The cities are being built taller and denser to accommodate more people and to avoid an urban sprawl. To achieve a more sustainable future is there a need for more knowledge and expertise on sustainable solutions. Planning in terms of urban climate and utilization of the renewable resources in the city is to a small extent done in today's cities. This thesis explores how landscape architects can facilitate a comfortable urban climate and urban renewable energy production. We are exploring how we can contribute to sustainable urban development by using the physical elements of the city.

As we keep building denser and taller the city climate changes more and more from the surrounding area. We have to build our cities with regard to the urban climate to facilitate comfortable and permanent outdoor spaces that the city's residents can use for a long time. The positive effects of this will be more people spending time outside which will lead to improved public health.

Urbanization increases the energy needs in the cities. If we could generate the energy where it is used it would have multiple positive benefits. It will lead to less destruction of nature and the

resources in the city are utilized more efficiently. Through the literature study, we laid the foundations for a list of principles. This list includes principles on how to plan for a comfortable urban climate and urban renewable energy production. A Nordic focus laid the foundations for which the list was made. Further, the list was used to design a city adapted to the local climate and production of renewable energy. The design process is presented as transparent and understandable as possible. The reason we wanted a transparent process is so that others can take advantage of our findings. The design process revealed some measures that can be made in order to make it easier to prepare for a comfortable urban climate and urban, renewable energy production. The literature should be easily accessible and understandable, and more nordic reference projects would be preferable. Climate data should also be more accessible and improved. We hope our list of principles can be developed and adopted in other relevant projects. Creating sustainable urban structures is complex and challenging. The focus in this thesis on urban climate and urban renewable energy production is only a part of the larger picture. We hope there will be more focus on these important topics in the future.

# Innholdsfortegnelse

Forord.....	2
Biblioteksside.....	3
Begrepsliste.....	4
Sammendrag .....	5
Abstract.....	5
Innholdsfortegnelse.....	6
Introduksjon.....	7
1.1 Problemstilling.....	9
Metode .....	10
2.1 Litteraturstudie.....	10
2.2 Prosjektering .....	11
2.3 Oppgavens oppbygging .....	11
Litteratur.....	12
3.1 Byklima .....	12
3.1.1 Stråling .....	13
3.1.2. Vind/ventilasjon .....	15
3.2 Urban energiproduksjon .....	16
3.2.1 Energi .....	16
3.2.2 Solenergi.....	17
3.2.3 Vindenergi.....	18
3.3 Premisliste.....	19
3.3.1 Premisser: Byklima.....	20
3.3.2 Premisser: Energiproduksjon.....	21
Case Sollihøgda .....	26
4.1 Sollihøgda plussby prosjektet .....	26
4.2 Analyser og hensyn .....	28
4.3 Prosjektering .....	36
4.3.1 Byskala .....	38
4.3.2 Bydelskala.....	46
4.3.3 Nabolagsskala.....	51
Diskusjon .....	62
Konklusjon.....	64
Litteraturliste.....	65
Figurliste.....	67



Figur 4



# 1. Introduksjon

I dette kapitlet presenterer vi hvorfor vi valgte byklime og urban fornybar energiproduksjon som tema i denne oppgaven og temaets samfunnsrelevans. Kapitlet avsluttes med en introduksjon til caset som er benyttet gjennom oppgaven og en presentasjon av hovedproblemstilling med tilhørende underproblemstillinger.

Fra 1971 til 2009 har globale utslipp av klimagasser mer enn fordoblet seg (Fæhn et al., 2013). Per 2019 planlegges det på verdensbasis å produsere dobbelt så mye fossil energi enn det man burde frem til 2030 for å nå togradersmålet (SEI et al., 2019). Europa vil ikke klare å nå de europeiske miljømålene for 2020 og må derfor trå til med hastetiltak for å nå miljømålene for 2030 (European Environment Agency, 2019). Konsekvensene av globale utslipp og en global oppvarming er allerede synlige (Meteorologisk institutt, 2020). I dag oppleves stadig mer ekstremvær, høyere temperaturer, endring i nedbørsmønstre i tillegg til at havet blir varmere og stiger (Miljøstatus, 2019). For å redusere klimagassutslipp, forhindre fatale klimaendringer og oppnå en mer bærekraftig fremtid er det behov for nye måter å tenke og leve på i tillegg til mer kunnskap og kompetanse om bærekraftige løsninger (Det europeiske miljøbyrået, 2019).

Innen landskapsarkitekturen er det mange muligheter for å bidra til mer bærekraftig byutvikling. Bransjen beveger seg i en positiv retning, med blant annet økende fokus på lokal overvannshåndtering og gjenbruk av materialer (Bjørbeek & Lindheim, 2016) (Ylvisåker, 2020). Gjennom oppropet Architects Declare som startet i juli 2019 har hele 122 norske firmaer, per 30. mai 2020, skrevet under på at de ønsker en økt bevissthet rundt klimaforandringer og tap av biologisk mangfold (Svendsen, 2019). De som har skrevet under står sammen for å blant annet argumentere for mer bærekraftige løsninger i fagfeltet og dele kunnskap om hvordan de kan ta

*“Bærekraftig byutvikling handler om å dekke de behov og ønsker dagens innbyggere har, uten å forringe mulighetene for kommende generasjoner til å få dekket sine.”*  
(Børrud et al., 2013, Side 5)

mer bærekraftige valg (Architects declare, 2019). Denne oppgaven er basert på et ønske om å utforske utradisjonelle løsninger som kan bidra til en mer bærekraftig byutvikling.

Det er mange faktorer som bidrar til bærekraftig byutvikling, som for eksempel fortetting, sosiale møtesteder, grønn mobilitet, vern av verdifull natur, fremming av folkehelse osv. (Børrud et al., 2013). Vi ønsker å belyse en del av dette som ifølge Carmona et al. (2003) og Oke et al. (2017) ofte blir neglisjert i dagens utforming av byer: tilrettelegging for et komfortabelt byklime og fornybar, urban energiproduksjon.

Ifølge Oke et al. (2017) er det fra et klimatisk perspektiv, tre ting som skal til for å skape en godt planlagt og designet by. De to første punktene handler om våre tema.

- Effektiv ressursbruk
- Et design som legger til rette for et bra mikroklima
- At folk og infrastruktur blir beskyttet fra ekstremvær

For å få til dette skal vi undersøke hvordan vi ved hjelp av bystrukturene, de fysiske elementene i byen, kan bidra til en bærekraftig byutvikling. Oppgaven er relevant for dem som har en påvirkning på bystruktur. Dette gjelder landskapsarkitekter, arealplanleggere, arkitekter, ingeniører, utbyggere, osv. For enkelhets skyld bruker vi i resten av oppgaven landskapsarkitekter som felles betegnelse for alle de benevnede faggruppene.

## EFFEKTIV RESSURSBRUK

For å skape en mer bærekraftig by bør både energiforbruket minimeres og mer energi produseres i byene (Paszkowskia & Golebiewski, 2017). FNs Bærekraftsmål 7 sier at det skal arbeides mot å “Sikre tilgang til pålitelig, bærekraftig og moderne energi (...) for alle” (FN, 2020, mål 7). Derfor er det viktig å jobbe for mer fornybar energiproduksjon.

Urbaniseringen har ført til at en stadig økende andel av befolkningen bor i byer. I Norge bor hele 80% av befolkningen i byer uttaler Butenschøn (2019) og det er antatt at andelen kommer til å fortsette å øke (FN-sambandet, 2019). Ifølge NHO (u.å.) øker denne urbaniseringen behovet for energi i byene, som allerede står for to tredjedeler av det totale energiforbruket i verden og hele 70% av det globale CO2 utslippet (Paszkowskia & Golebiewski, 2017). På grunn av dette er det svært viktig at en går over til mer fornybare energiformer og det vil være en fordel dersom energien kan genereres

der den skal brukes (NHO, u.å.). Fordelene er ifølge Paszkowskia & Golebiewski (2017) et mindre behov for å bygge ut infrastruktur fra energikilden til der den skal brukes, mindre ødeleggelse av verdifull natur, i tillegg til at byen blir mindre sårbar overfor brudd på infrastruktur.

I oppgaven tar vi for oss hvordan landskapsarkitekter kan tilrettelegge for produksjon av urban, fornybar energi i planleggingen og prosjekteringen av byer. Dette er et bredt tema og vi valgte å fokusere på sol og vindenergi ettersom det er mest relevant for prosjektsempelen, Sollihøgda plussby, i resten av oppgaven omtalt som caset. Bakgrunnen for dette kommer vi mer inn på i metodekapitlet.

*“A well-planned and designed city from a climatic perspective would be efficient in its use of resources (sustainable) and designed to protect people and infrastructure from extreme weather events (resilient).”* (Oke et al., 2017, s 12)

## ET KOMFORTABELT BYKLIMA

Et godt, behagelig uterom gjør det mulig å forlenge perioden for utendørsbruk (Carmona et al., 2003). Dette er viktig ettersom det å tilbringe mer tid utendørs fører til en bedre folkehelse (Husaas, 2018). Viktigheten av et komfortabelt miljø understrekes av Carmona et al. (2003) som nevner at komfort er en forutsetning for vellykkede steder for folk. Derfor undersøker vi hvordan det kan tilrettelegges for et komfortabelt byklima og hvilke premisser som bør følges. Den europeiske landskapskonvensjonen har blant annet som mål å fremme bærekraftige lokalsamfunn og attraktive steder som stimulerer folks skaperevne og tiltakslyst (Planavdelingen ved Miljøverndepartementet, 2009). Hvordan kan man lage bærekraftige lokalsamfunn og attraktive steder uten å ta hensyn til de ytre påkjenningene brukerne risikerer å bli utsatt for? Det er lite poeng i å lage attraktive steder hvis de ligger midt i en sterk vindtunnel eller er uutholdelig varme på sommeren. Med tanke på klimaendringene er det nå enda viktigere å planlegge med hensyn til klima og vær enn før (Oke et al., 2017).

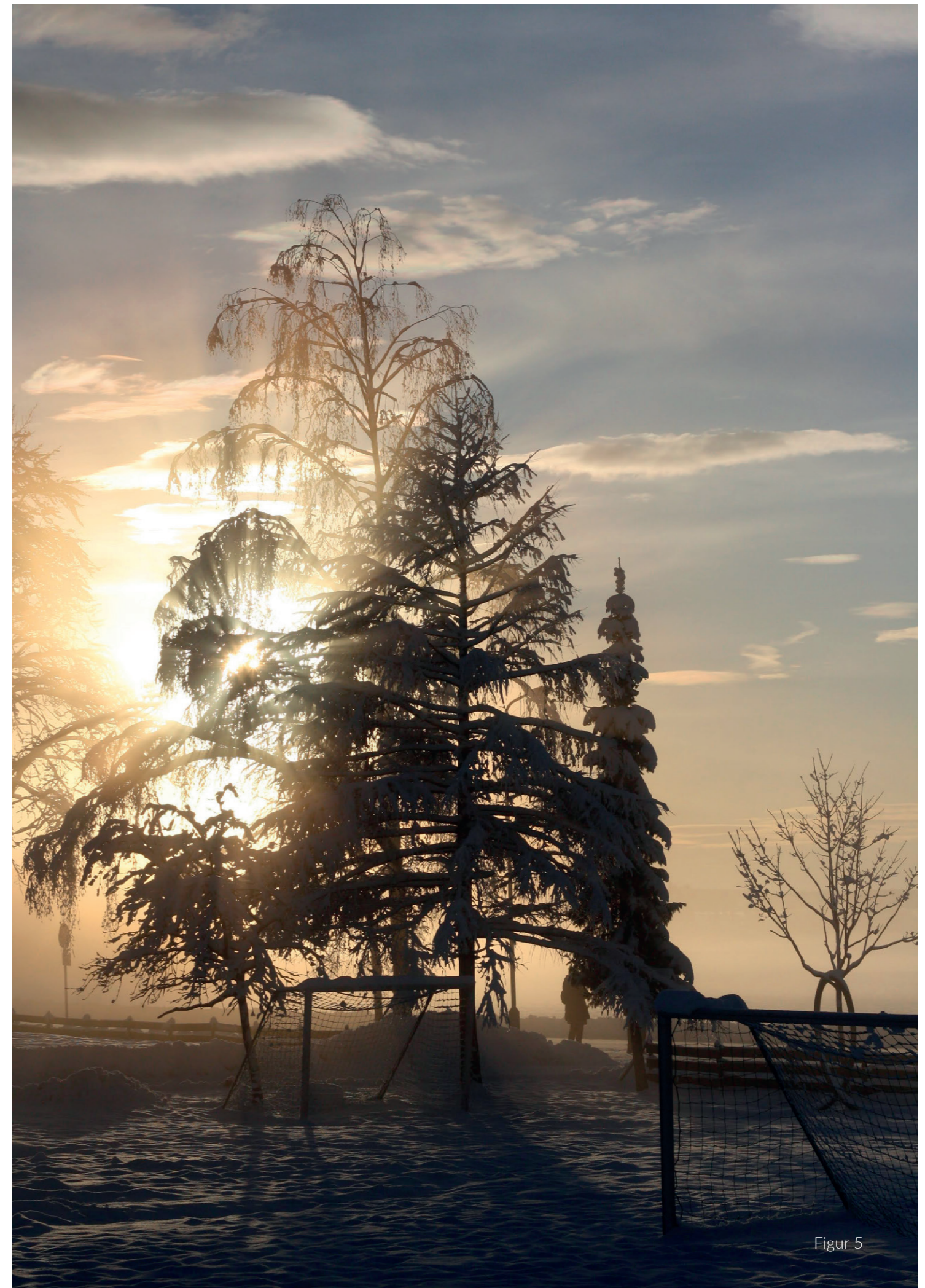
Som nevnt over øker andelen folk som bor i by drastisk. Denne urbaniseringen kan føre til en lite bærekraftig byspredning (urban sprawl) og nedbygging av verdifull natur. For å unngå dette må det ifølge Oke et al. (2017) bygges høyere og tettere. Desto høyere og tettere byggene er, desto mindre vil de klimatiske forholdene i byen ligne på det rurale, omkringliggende klimaet (Berardi & Wang, 2016). Høy tetthet fører til mer refleksjon av solstråling, påvirker luftstrømningene i byen og kan bidra til å øke temperaturen i byen (Berardi & Wang, 2016).

Det å evaluere hvordan byklimaet kan kontrolleres og gjøres mer komfortabelt, ved å endre den urbane strukturen, er en multidisiplinær oppgave og er relevant for alle som påvirker den urbane strukturen

(Berardi & Wang, 2016). Det er blant annet viktig å være bevisst på årstidsvariasjoner og hvilken aktivitet som skal foregå på stedet for å avgjøre hvorvidt en kjølede bris eller stekende sol er å foretrekke. Ofte kan variasjon mellom nedkjøling og oppvarming i bybildet, i tillegg til hensyn til årstidsvariasjon være nyttig (Oke et al., 2017).

Gjennom oppgaven kommer vi frem til en liste med premisser som handler om hvordan landskapsarkitekter kan tilrettelegge for et komfortabelt byklima og urban fornybar energiproduksjon. Deretter blir disse premissene anvendt i caset vårt som ligger på Avtjerna i Bærum kommune, vest for Oslo. Dette er et område hvor det i dag arbeides med planleggingen av Europas første plussby, kalt Sollihøgda plussby (COWI og Avtjerna Grunneierforening, 2019). Sollihøgda plussby er valgt som case ettersom det er et innovativt og fremtidsrettet prosjekt, med spennende visjoner og ideer rundt bærekraftig byutvikling. Prosjektet har som visjon å blant annet være en plussby - som produserer mer energi enn den forbruker selv og i tillegg belaste klimaet i svært liten grad. Ettersom byen skal etableres på et lite bebygd område må det i mindre grad taes hensyn til eksisterende bygg og infrastruktur. Dette åpner muligheten for å tilpasse byen til lokalt klima og designe den for maksimal energiproduksjon.

Ved å teste premissene i et case eksempel så vi hvordan anvendelsen av dem kunne bidra til skape en bærekraftig by. Vi har lagt vekt på å vise prosessen gjennom hele prosjekteringen. Dette er gjort for å tydeliggjøre hvordan premissene kan implementeres og illustrere noen av dilemmaene som oppstår når prinsippet er i konflikt med hverandre eller andre hensyn.



Figur 5

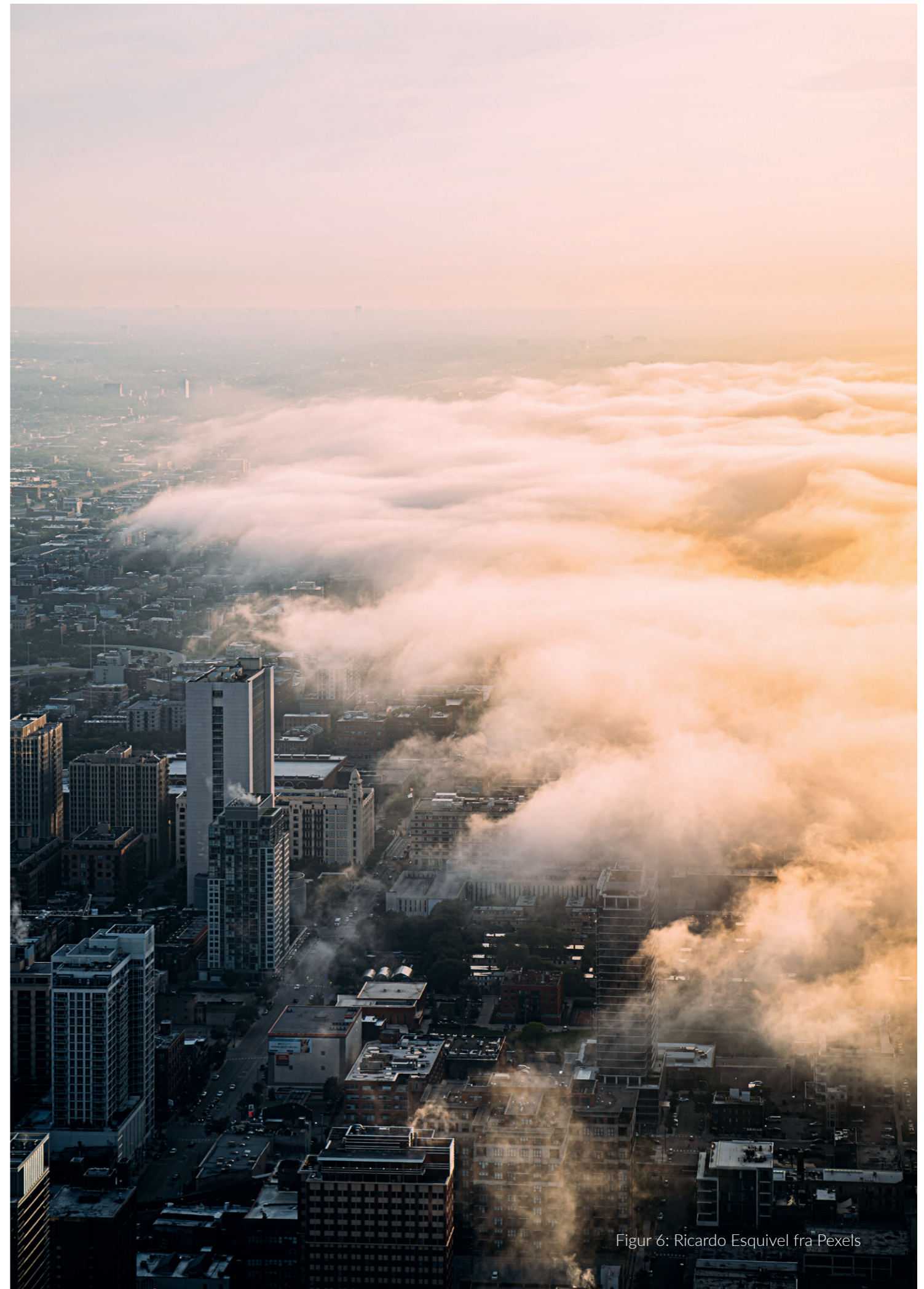
## 1.1 Problemstilling

### Hovedproblemstilling

Hvordan kan fokus på tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon bidra til mer bærekraftige bystrukturer?

### Underproblemstillinger

1. Hvilke premisser kan brukes for å tilrettelegge for fornybar energiproduksjon i urban kontekst og et komfortabelt byklima?
2. Hvordan kan premissene anvendes i et urbant prosjekseksempel?



Figur 6: Ricardo Esquivel fra Pexels

## 2. Metode

I dette kapittelet beskriver vi metoden som er brukt for å svare på problemstillingene våre. Oppgavens oppbygging er også beskrevet her.

For å få en oversikt over eksisterende kunnskap og premisser som brukes for å tilrettelegge for fornybar energiproduksjon og et komfortabelt byklima har vi hentet inn kunnskap gjennom et litteraturstudie. Denne litteraturen ledet til en premissliste som har blitt anvendt i et prosjekteringseksempel gjennom et case-studie.

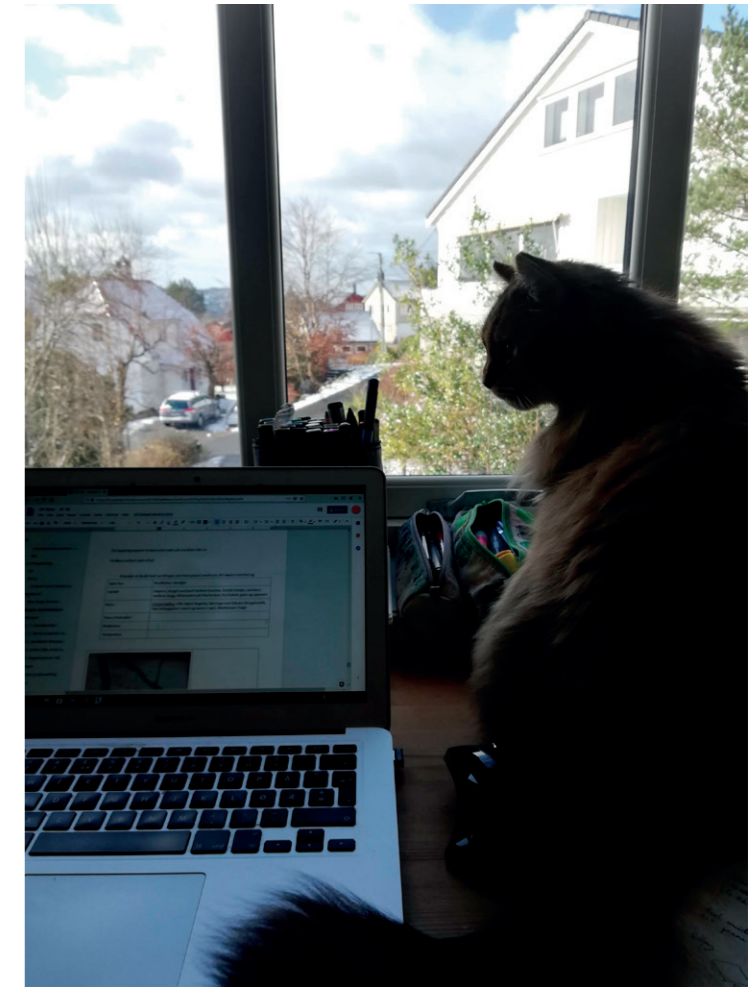
### 2.1 Litteraturstudie

For å hente inn kunnskap har vi benyttet oss av vitenskapelige artikler, fagbøker, rapporter, veiledere, stortingsmeldinger og dokumenter fra miljødirektoratet. Søkemotorene vi hovedsakelig har brukt er Orja, Google og Google scholar i tidsrommet fra 06.01.2020 til 01.06.2020. Vi har brukt en mengde søkeord, noen av disse er: Mikroklima, byklima, planlegging, landskapsarkitektur, temperatur, urban heat island, fornybar energi, solfangere, vindenergi, urban design og bærekraftig byutvikling. Søkeordene er også brukt i kombinasjoner, hvor AND og OR er blitt brukt for å filtrere ut relevant litteratur. Søkene er blitt gjort på både norsk og engelsk. Litteraturlistene fra relevante publikasjoner er også blitt brukt som utgangspunkt for videre søk og innhenting av supplerende informasjon. Relevante kilder har vi også fått kjennskap til via tidligere fag, uformelle samtaler med kollegaer, veiledere, professorer og andre. Disse er deretter blitt søkt opp direkte.

Temaet urban, fornybar energiproduksjon er veldig vidt og i gjennomgangen av litteraturen viste det seg at det eksisterer mest informasjon om vind- og sol. Dette er også to av de mest kjente formene for fornybar energiproduksjon og kan i tillegg til en viss grad påvirke og bli påvirket av bystrukturer. Ettersom vi så oss nødt til å begrense temaet urban fornybar energiproduksjon valgte vi derfor å fokusere på vind- og solenergi produksjon.

Gjennom kunnskapsinnhentingene har det vært et kontinuerlig fokus på å velge ut den litteraturen som var mest relevant og anvendbar for oppgaven. Dette innebærer blant annet kunnskap om hvordan bygninger, veier, vegetasjon og andre objekter påvirker klimaet i byen. I tillegg så vi etter informasjon om hvordan landskapsarkitekter kunne ta hensyn til sol- og vindenergi produksjon i planleggingen av en ny by.

I premisslisten valgte vi å kun presentere premisser som kunne benyttes i caset. Vi fant mest litteratur og premisser angående hvordan landskapsarkitekter kan prosjektere for et komfortabelt byklima og mindre om tilrettelegging for urban, fornybar energiproduksjon. Dette var en av grunnene til at byklima ble mer fremtredende enn fornybar energiproduksjon i prosjekteringen.



Figur 8: Egenprodusert metodekollasj

## 2.2 Prosjektering

Før vi begynte å prosjektere hentet vi inn data og gjorde analyser av området. Vi hentet blant annet inn data om området, terrenget, vassdrag, plassering av markagrensa og lokale turveier. Informasjon om det lokale klimaet ble også innhentet gjennom blant annet vind-og solroser. I tillegg benyttet vi oss av plankart og reguleringsplan for å få kunnskap om overordnede føringer. En rekke kilder ble benyttet i denne prosessen, blant annet: NGU, NVE, Bærum kommune, BaneNOR, Statens vegvesen, DNT, Suncalc, SeNorge.no, NorgesKart.no, Kartverket, SSB, Finn.no karttjeneste, Google maps, artsdatabanken, naturbase, eklima, norsk klimaservice, seklima, seNorge og yr.

De utvalgte analysene for prosjekteringen har fokus på å avdekke og belyse stedets identitet, landskapets eksisterende kvaliteter og nødvendig informasjon for å gjøre en tilpasning til et komfortabelt byklima og urban energiproduksjon. For de to sistnevnte temaene var det spesielt viktig å kartlegge hovedvindretning, dens hyppighet og styrke, samt solinnstrålingsvinkel og terrengets helning.

For å komplementere analysene har vi befart området. På denne måten fikk vi et bedre inntrykk og forståelse av områdets helning, landskapsverdier, kontekst, avstand fra Oslo og nærhet til eksisterende tettsteder.

Samtidig som vi presenterer de gjennomførte analysene viser vi hva som skal bli tatt hensyn til i prosjekteringen av disse analysene, gjennom oppgaven omtalt som hensyn. Vi viser også hvilke av

prinsippene fra Sollihøgda plussby prosjektet vi har benyttet i prosjekteringen.

Prosjekteringsarbeidet har blitt gjennomført med utprøvinger ved å blant annet bruke skissepapir, oppmåling og tegning i AutoCAD i tillegg til bruk av Sketchup. Tegning for hånd var nyttig for å være kreativ og raskt kunne teste ut mange forskjellige design. AutoCAD var nyttig for å kunne gjøre oppmålinger og tegne inn bygg nøyaktig som vi brukte videre i Sketchup. I Sketchup kunne vi se direkte hvilke innvirkning endringer på bygningene, som rotasjon, høyde, lengde og avstand, hadde på solinnstråling.

Gjennom prosjekteringen testet vi ut premisene i praksis og benyttet dem til å designe en by som er tilpasset det lokale klimaet og produksjon av fornybar energi. I tillegg har vi undersøkt når premisene er i konflikt med enten hverandre, hensyn fra analysen, prinsipper fra Sollihøgda plussby prosjektet eller andre vurderinger. Vi la mye vekt på å dokumentere prosessen vår og tydeliggjøre problemene som oppstod underveis. Grunnen til at vi ønsket en transparent prosess var slik at andre skal kunne bli inspirert og få en forståelse for hvilke type dilemmaer som kan oppstå.

## 2.3 Oppgavens oppbygging

Oppgaven består av seks deler: Innledning, metode, litteratur, Case Sollihøgda, diskusjon og konklusjon.

1. Innledning: Oppgavens samfunnsrelevans, bakgrunnsinformasjon og problemstillinger.
2. Metode: Fremgangsmåte for dokument- og litteraturstudie samt prosjektering.  
Oppgavens oppbygning.
3. Litteratur: Informasjon om byklima, sol- og vindenergi. Introduksjon av premisslisten.
4. Case: Sollihøgda: Om prosjektet Sollihøgda Plussby, analyser, hensyn og prosjektering.
5. Diskusjon: Oppsummering av prosjekteringen, utfordringer, fremgangsmåten og oppgavens overførbarhet.
6. Konklusjon: Vår anbefaling til videre arbeid



Figur 9

# 3. Litteratur

I dette kapitlet presenterer vi en rekke premisser som tilrettelegger for urban, fornybar energiproduksjon og et komfortabelt byklima. Før premissene blir presentert introduserer vi informasjon som er nødvendig å kunne for å forstå premissene.

## 3.1 Byklima

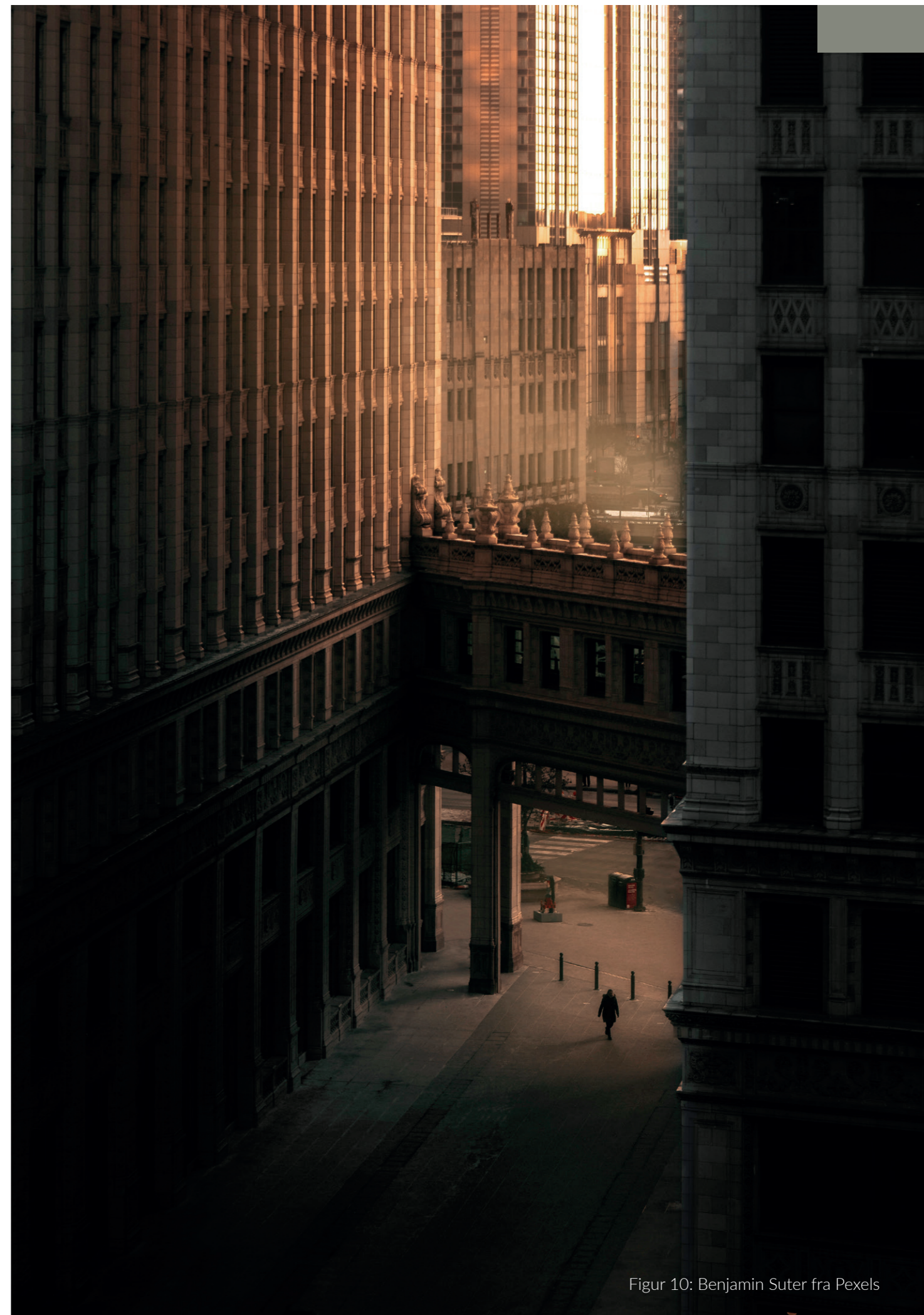
Å evaluere hvordan man kan skape et komfortabelt byklimaet ved å endre den urbane strukturen er en multidisiplinær oppgave (Berardi & Wang, 2016). Dette er relevant for alle som har en innvirkning og påvirkning på den urbane strukturen. Derfor er det viktig at de er bevisst på både årstidsvariasjoner, hvilken aktivitet som skal bedrives på stedet og hvilken effekt bystrukturene har på lokalklimaet. Når byen planlegges kan en ta valg for å påvirke klimaet slik en ønsker.

Sommeren 2018 ble det slått hele 27 varmerekorde i Norge. Disse mener meteorologisk institutt helt klart var et resultat av klimaendringene (Mamen & Hygen, 2019). Dette vitner om at det i fremtiden kan bli mer relevant å kjøle ned byene. Samtidig som det ser ut til at det stadig blir varmere om sommeren er det fremdeles mange dager om vinteren som er korte og mørke. Vi kan derfor ikke prosjektere kun for de få

dagene om sommeren hvor det er veldig varmt. Ofte kan det være nyttig med en variasjon mellom kjølige og varme områder i byen (Oke et al., 2017).

Avtjerna ligger ca 300 m over havet og vil derfor være kjøligere enn lavereliggende områder. Det beste er derfor å legge til rette for både varme og kalde dager. Det blir blant annet avgjørende å sikre tilstrekkelig sollys om vinteren men også en viss nedkjøling på sommeren.

Videre i oppgaven har vi derfor tatt utgangspunkt i en generalisering der det er ønskelig å kjøle ned byen på sommeren, og unngå kald vintervind på vinterhalvåret. Da casets plassering er i Norge har vi vurdert solinnstråling som positivt på områder tilrettelagt for opphold. Samtidig forsøker vi å legge til rette for noe variasjon innenfor hver årstid også. I utvalget av premisser fokuserte vi på variasjon og tilrettelegging for både varme så vel som kjølige forhold.



Figur 10: Benjamin Suter fra Pexels

### 3.1.1 Stråling

Solstråling på offentlige steder og inn i bygninger er hovedsakelig positivt. Det inspirerer til utendørs aktivitet, reduserer omfanget av mugg, fremmer folkehelse, bidrar til at planter vokser, samt at den er en billig og lett tilgjengelig kilde til energi som kan fanges både passivt og aktivt (Carmona et al., 2003). Derfor er det å kontrollere strålingsutveksling i den urbane strukturen en av de viktigste verktøyene til arkitekter, planleggere og landskapsarkitekter for å kontrollere byklimaet (Oke et al., 2017).

Det er en rekke betraktninger som bør tas når det kommer til planlegging med hensyn til stråling. I hvilken grad det tas hensyn til disse betraktningene varierer med hvilken målestokk det jobbes på og hvilke muligheter en har til å ta disse hensynene med i betraktningen. Dersom man jobber på en liten tomt i en tett eksisterende by, er det som regel liten mulighet til å endre på den totale urbane strukturen. Da blir gjerne bruk av f.eks. vegetasjon viktigere. Hvis arbeidet derimot består i å planlegge en by fra bunnen av (slik som i case: Sollihøgda) kan det tas hensyn til flere av betraktningene og gjøres helhetsvurderinger til det beste for hele området.

#### Solens posisjon

I Norge er det stor forskjell på solens posisjon gjennom året og dagen i forhold til andre steder i verden. På vinteren står solen ekstremt lavt, og er oppe i et svært kort tidsrom (På Avtjerna, ca 6 timer på det korteste) i forhold til på sommeren (På Avtjerna, nesten 19 timer på det lengste) (Hoffmann, 2020). På grunn av de korte dagene om vinteren er solinnstråling ofte kjærkomment i Norge, og noe som ettertraktes til uterom og boliger.

#### Stedets topografi og helning

Stedets topografi har mye å si for solinnstrålingen. Helning mot sør gir mye solinnstråling i motsetning til en helning nordover.

#### Overskygging

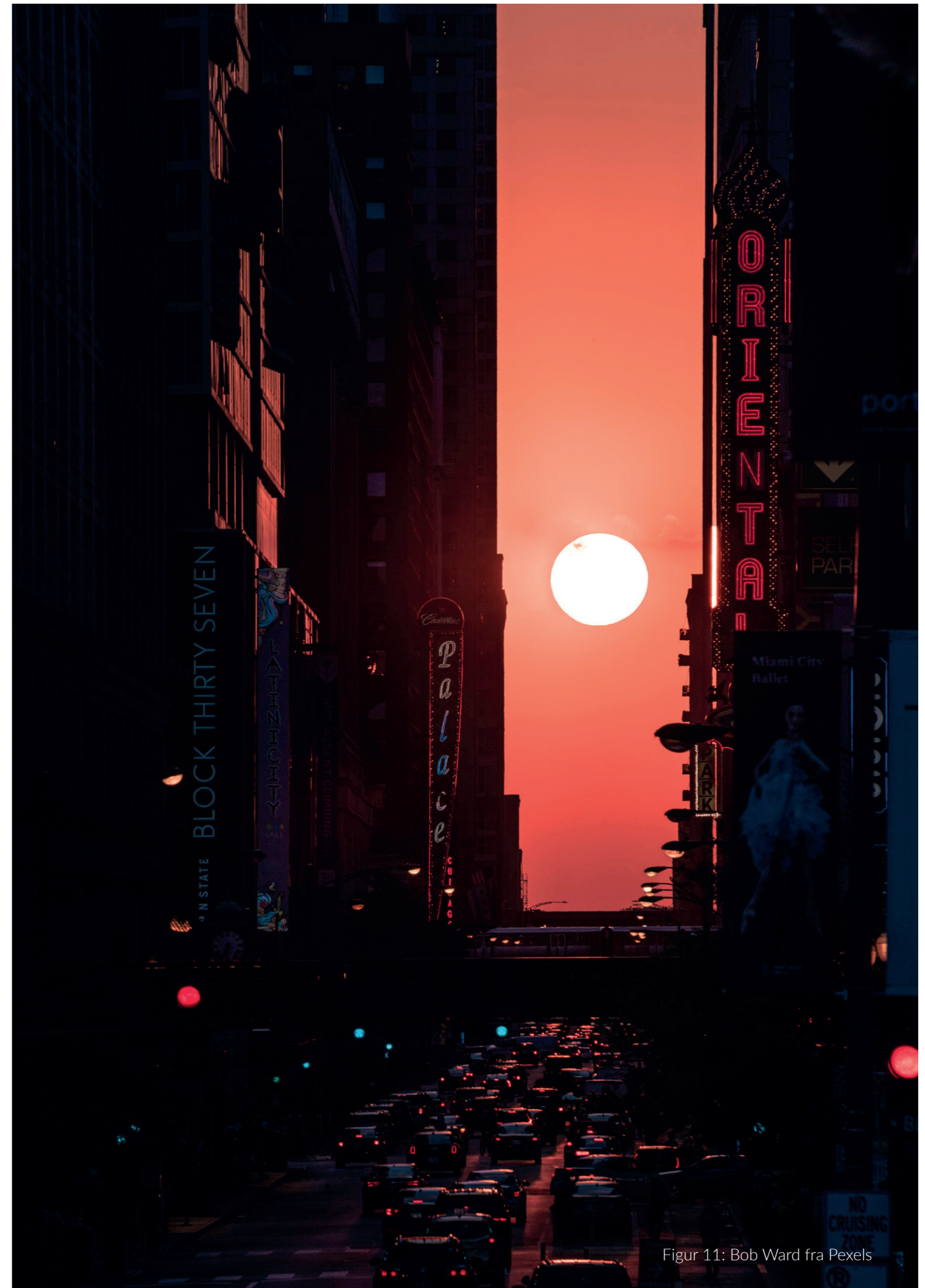
Stedet kan bli overskygget av hindringer både på og utenfor området. Eksempler på elementer som kan skape skygge i byen er bygg, trær og terreng. Det er derfor viktig å være bevisst på høyden på bygg og avstanden (bredden) mellom dem, omtalt som høyde/bredde-forholdet (h/b-forholdet), mer informasjon om dette kommer på neste side.

#### Temperatur

Stråling fører til temperaturøkning. Når strålene treffer materialer blir de reflektert eller absorbert. Denne refleksjonsevnen, vil derfor påvirke temperaturen i byen. Solstrålingen kan reflekteres mellom de urbane elementene, samt at elementene også kan sende ut varmestråling. Tettheten mellom disse urbane elementene har dermed en innvirkning på hvor ofte strålingen reflekteres og er grunnen til at h/b-forholdet har en innvirkning på temperaturen (Pijpers-van Esch, 2015).

#### Vegetasjon

Vegetasjon påvirker også solinnstrålingen i stor grad. Tre kronen til løvfellende trær slipper 10-30% av solstrålingen gjennom om sommeren, mens på vinteren hele 50-80% (Oke et al., 2017). Fordelen med dette er at det oftere ønskes kjølede skygge om sommeren enn om vinteren (Oke et al., 2017). Lenzholzer (2015) nevner også at evapotranspirasjonen fra trær bidrar til å temperere lufttemperaturen.



Figur 11: Bob Ward fra Pexels

#### Høyde/bredde-forhold

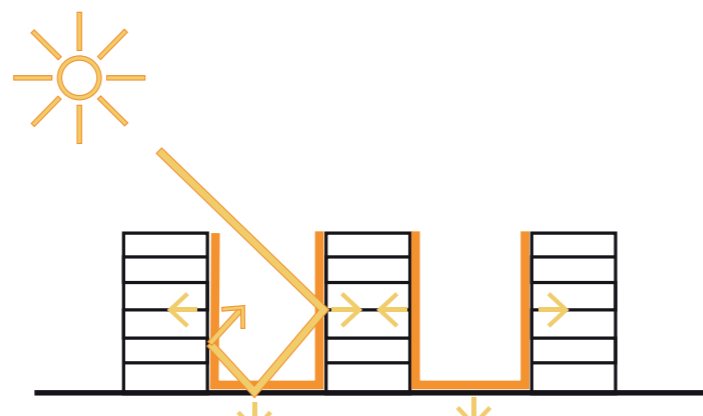
Både Oke et al. (2017), Lenzholzer (2015) og Carmona et al. (2003) nevner byggenes høyde/bredde-forhold (h/b-forhold) som en viktig faktor som påvirker byklimaet. Forholdet mellom byggets høyde (H) og gatens bredde (B) påvirker både vinden, solinnstråling, skygge og temperatur. Vi fokuserer her på hvordan stråling blir påvirket av h/b-forholdet, mens forholdets påvirkning på vind blir tatt opp i neste delkapittel.

For å regne ut høyde/bredde-forholdet divideres husets høyde på gatens bredde. Resultatet sier noe om tettheten og mengden solinnstråling til gaten og fasadene. Et lavt tall (f.eks. 0,3) betyr lavere tetthet enn et høyt tall (for eksempel 0,7). Desto høyere byggene er og nærmere de står hverandre, jo mindre lys slippes ned til gaten. I prosjekteringskapittel 4 har vi gjort en utprøving av to forskjellige h/b-forhold.

Litteratursøket viste at det er varierende meninger om hva som er et optimalt h/b-forhold. I følge Lenzolzer (2015) bør h/b-forhold helst være mindre enn 1 for å unngå en akkumulering av stråling mellom byggene samt for lite solinnstråling til gaten. Carmona et al. (2003) mener at 0,45 vil sikre nok dagslys til gaten og byggene. Oke et al. (2017) gir et anslag på at et h/b-forhold mellom 0,4 og 0,6 vil være et godt kompromiss da det fører til vindbeskyttelse og tar vare på varme om natten samtidig som det slipper inn noe sollys og ventilasjon. I norsk sammenheng sier Boysen et al. (2012, s 16) sin utearealsnorm at "Avstand mellom bygninger på motstående sider av felles uteoppholdsareal skal være minst 1,5 ganger bebyggelsens gjennomsnittlige gesimshøyde." Dette tilsvarer et h/b-forhold på 0,66, men det spesifiseres også at avstanden aldri skal være mindre enn 17 meter. Ettersom alle kildene vi har benyttet sier at det beste h/b-forholdet er et sted mellom 0,4 og 0,6 er det dette vi har brukt som utgangspunkt for

prosjekteringen.

Høyde/bredde forholdet påvirker solinnstrålingen ved at desto høyere og tettere byggene står, jo mindre sol når ned til gaten. Dette vil føre til at varmeenergi som blir sendt ut fra byen i større grad blir værende på gatenivå. Det vil ta lengre tid før den varme luften siver ut fra byen og byen blir derfor varmere (Lenzholzer, 2015). Et lavt h/b-forhold vil derimot føre til både mer solinnstråling og et større varmetap.



Figur 13: Stråling i byer, inspirert av Pijpers-van Esch (2015)

#### Urban Heat Island-effekten (UHI-effekten)

Varmerøy-effekten eller bedre kjent som Urban Heat Island (UHI)-effekten er påvirkningen som blant annet bygningstetthet, byens varmeutslipp og dekke har på temperaturen i byen og som får temperaturen til å øke i byer. Det blir varmere i byene enn de omkringliggende områdene fordi mange elementer i byene gir fra seg varme i tillegg til at det er lite fordampning (Lenzholzer, 2015). De rurale områdene har ofte lavere temperatur da det er mer vegetasjon, åpent vann og mindre harde flater her. Målinger viser at forskjellen fra urbant til ruralt miljø kan være helt opp mot 12 grader og at det er størst forskjell på varme, skyfrie dager med lite vind (Lenzholzer, 2015). Prognoser viser at UHI-effekten vil akkumuleres på grunn av de forventede klimaendringene (Leal Filho et al., 2018).



Figur 12



### 3.1.2. Vind

Vind er forflytning av luft som skapes som resultat av forskjeller i temperatur og lufttrykk (Dannevig & Harstveit, 2019; Universitetet i Oslo, 2018). Ettersom jordas overflate skaper friksjon og senker hastigheten på vinden vil hastigheten øke med høyden over jordskorpen (Pijpers-van Esch, 2015). Vind har betydelig effekt på fotgjengeres komfort og de miljømessige forholdene på offentlige steder. Dette gjelder spesielt rundt byggningsinnganger og steder tilrettelagt for opphold (Oke et al., 2017). Ventilasjon er luftfornyelse i oppholdsrom, noe som er ekstremt viktig, da den urbane strukturen ofte fører til at vinden ikke slipper til og luften stagnerer mellom byggene (Røstad & Havellen, 2018). Oke et al. (2017) mener at ventilasjon er nødvendig i alle byer, ettersom den reduserer forurensning og pollen i byen, i tillegg til å bidra til nedkjøling.

Det følgende avsnittet er basert på Lenzholzer (2015) sin forklaring på hvordan urbane strukturer endrer vindens bevegelser. I byer er vinden mye mer turbulent og fluktuerende enn i et åpent landskap. Dette er fordi vinden blir påvirket av de urbane strukturene. Høyden, bredden og lengden på hindringene vil påvirke vinden. Når vinden treffer et bygg beveger vinden seg ut til alle sidene for å komme seg rundt hindringen. Dette fører til at det ofte oppstår en økning i vindhastighet og virvler på hjørnene og på toppen av bygninger.

Noe av vinden blir også presset ned mot bakken. Dette kan skape problemer på bakkeplan, spesielt hvis bygget vinden treffer er høyt og stort. Når denne nedadgående vinden treffer bakken vil den bli presset ut fra bygget og dermed skape sterk vind på bakkeplan (Oke et al., 2017). Dette kalles for downwash-effekten. Jo høyere bygget er, desto kraftigere blir vindkastene som treffer bakken, og en kan få behov for skjerming mot vinden (Pijpers-van Esch, 2015).

Hvis en ønsker å skape områder med le kan man ifølge Lenzholzer (2015) plassere hus med langsiden vinkelrett på hovedvindretningen. Dette vil føre til en økning i vindhastigheten på hjørnene av bygget men en reduksjon i hastigheten bak (Lenzholzer, 2015).

(Lenzholzer, 2015)

Høye bygninger som er plassert tett sammen kan føre til en økning i vindhastighet mellom bygningene fordi vinden bli presset sammen mellom dem, i resten av oppgaven omtalt som korridoreffekten (Mei et al., 2018). Høye bygg bør derfor ikke plasseres for tett inntil hverandre. Dette er spesielt viktig hvis byggene står parallelt med hovedvindretningen. Mye vind i gatene vil også føre til lavere temperatur. Hvis bygg allerede er plassert så tett inntil hverandre at det fører til en korridoreffekt er ikke disse uteområdene attraktive for opphold. For å unngå eller minimere denne effekten kan trær plasseres i gaten. Dette vil redusere vindhastigheten pga. friksjon fra trærne. (Lenzholzer, 2015).

Trær kan også skjerme for ovenforliggende vind i gater som ikke er parallele med hovedvindretningen. De lager en barriere som separerer den ovenforliggende vinden fra vinden på gatenivå.

Høyde/bredde-forhold

I følge Lenzholzer (2015) vil h/b-forholdet ha en stor innvirkning på vinden i byen. I smale gater med et forhold større enn 0,7 vil mesteparten av vinden blåse over hustakene, noe som fører til et relativt skjermet område mellom husene og lite ventilering. Et forhold mellom 0,7 og 0,3 fører til noen virvler og en gjennomsnittlig vindhastighet (Lenzholzer, 2015). Ved et forhold på mindre enn 0,3 er bygningene så langt vekke fra hverandre at vinden nesten gjenopptar sitt originale bevegelsesmønster og sin originale hastighet (Lenzholzer, 2015). Dette er en av grunnene til at det ofte kan oppstå vindproblemer på åpne plasser.

Åpne plasser

For å få et bra klima på åpne plasser er det viktig å kontrollere vinden.

En bør unngå at gater som er parallele med hovedvindretningen møter torget (Lenzholzer, 2015). For å redusere området vinden kan bevege seg på kan det også benyttes vegetasjon som plasseres rundt plassen (Lenzholzer, 2015). Dette vil bidra til å senke hastigheten til vinden, ettersom



vinden utsettes for friksjon fra vegetasjonen og har mindre plass til å øke farten (Pijpers-van Esch, 2015). Størrelsen og forholdene på husene rundt plassen påvirker i hvor stor grad vegetasjonen bidrar til å senke hastigheten. Hvis husene er veldighøye har vegetasjonen liten betydning

Det er også nødvendig å forstå vindens bevegelsesmønster i et større landskap, som f.eks dalvind. I løpet av dagen vil dalsidene varmes opp raskere enn dalen selv, noe som fører til oppadgående vind langs dalsidene og opp dalen, om natten reverseres dette fenomenet (Lenzholzer, 2015). Denne luften beveger seg sakte og kan lett blokkeres. Hvis en ønsker ventilerende luft inn i byen bør denne vinden derfor ikke blokkeres av bygg, topografi eller mange trær.

UHI-effekten kan også føre til luftstrømninger, da luften over byen blir varmet opp og stiger (Lenzholzer, 2015). Dette fører videre til at kald luft fra omkringliggende områder forflytter seg mot dette lavtrykket. Lenzholzer (2015) påpeker at desto større temperaturforskjellene er mellom disse to områdene desto kraftigere blir vinden.

Informasjonen i dette avsnittet er hentet fra

(Lenzholzer, 2015).

Når to områder med forskjellig temperatur ligger i nærheten av hverandre vil det oppstå en ventilasjonseffekt mellom dem. For å optimalisere for denne ventilasjonen bør området hvor disse to områdene ligger inntil hverandre forlenges. Eksempler på dette er temperaturforskjellen mellom rurale og urbane områder på grunn av UHI-effekten. For å få mer av den kjølige luften fra det rurale området inn i byen kan det for eksempel etableres åpne grønne landskapsområder som strekker seg inn i byen, ventilasjonsakser (grønnstruktur). Denne ventilasjonen fungerer best hvis grønnstrukturen holdes relativt åpen. Hvis ikke mister de en del av ventilasjonseffekten sin (Lenzholzer, 2015).

PCI - (Oke, et al., 2017)

Forskning viser at en park kjøler ned tilsvarende sin egen størrelse inn i den urbane strukturen, men kun opp til 5 km. Dette kalles Park Cool Island-effect (PCI-effekt), og kommer som et resultat av at parker har færre harde flater og ligner mer på et ruralt landskap med skygge, vind og mer evapotranspirasjon. Dette gjør at parker ofte er kjøligere enn andre områder i byen. I følge Oke et al (2017) vil grønnstrukturen mer effektivt kjøle ned byen med mange små parker, fremfor en stor.

## 3.2 Urban energiproduksjon

### 3.2.1 Energi

For å skape en mer bærekraftig by bør det fra et energiperspektiv både produseres mer energi i byene og energiforbruket bør minimeres ved å energieffektivisere.

#### Energiproduksjon

Det finnes flere former for fornybar energiproduksjon som kan integreres i byene våre. Vi går kun dybden på dem som er relevante for vår case og som direkte påvirker eller blir påvirket av bystrukturen, dette er sol- og vindenergi produksjon.

- Produksjon av fornybar energi i byene vil ha flere fordeler og kan føre til:
- Lavere karbonutslipp (Paszowska & Golebiewski, 2017)
- Mindre behov for utbygging og oppgradering av infrastruktur og kraftverk. Dette vil igjen kunne føre til bevaring av verdifulle naturområder hvor det ellers ville blitt bygd ned, for eksempel vannkraftverk, vindmøllerparker eller høyspentmaster (Paszowska & Golebiewski, 2017)
- En sterkere lokal energiavhengighet og

sikkerhet, som gjør stedet mindre sårbart i forhold til brudd på infrastruktur (Paszowska & Golebiewski, 2017)

- En besparelse i energikostnadene på hele 20-50 % gjennom integrert planlegging og ved å ta hensyn til stedsorientering og passive strategier (Kanters et al., 2014)

#### Energieffektivitet

Ved å energieffektivisere reduseres behovet for energi. Dette kan gjøres på flere måter.

Nye bygg eksempelvis være passivhus, som har et svært lavt energibehov eller plusshus som produserer mer energi enn det de selv trenger (Energiverket, 2016). Husene kan også designes slik at de får optimalisert plassering og størrelse med tanke på energieffektivitet (Paszowska & Golebiewski, 2017). Plasseringen bør overveies nøye og byggene bør vendes mot solen for å legge til rette for maksimal utnyttelse av solinnstråling til oppvarming (Paszowska & Golebiewski, 2017). Andre måter å energieffektivisere er for eksempel ved å benytte seg av grønne tak. De har en isolerende effekt og vil kunne være med på å redusere behovet for oppvarming og nedkjøling (Braskerud, 2016). I denne oppgaven har vi ikke gått nærmere inn på disse arkitektoniske og tekniske løsningene.



### 3.2.2 Solenergiproduksjon

Solenergi er svært relevant å bruke i bystrukturer, da det ofte er store flater med mye solinnstråling i byene. Landskapsarkitekter har ofte ikke nok kunnskap til å kunne kvantifisere bidraget fra solenergi i byene, og det er derfor et behov for å utvikle retningslinjer som gjør det enklere å ta hensyn til solenergiproduksjon i designprosessen (Kanters et al., 2014). Solenergi bør bli tatt med i betraktningen tidlig i designprosessen ettersom energiproduksjonen er avhengig av beslutninger tatt på dette stadiet (Kanters et al., 2014). Ofte er tilrettelegging for solenergi korrelerende med å tilrettelegge for gode solforhold for mennesker, slik vi snakket om i 3.1 Byklime. Både plassering, form, design, tetthet og rotasjon på byggene påvirker solinnstrålingen og energiproduksjonen (Kanters et al., 2014; Sarralde et al., 2014). En studie av 8 forskjellige byform design fant at optimalt urbant design kunne øke solinnstrålingen på tak med 9% og på fasadene med 45% (Sarralde et al., 2014). En annen studie som så på energipotensialet til typiske svenske byhus konkluderte med at designet til byggene påvirket den totale solenergiproduksjonen med hele 50% (Kanters et al., 2014; Sarralde et al., 2014).

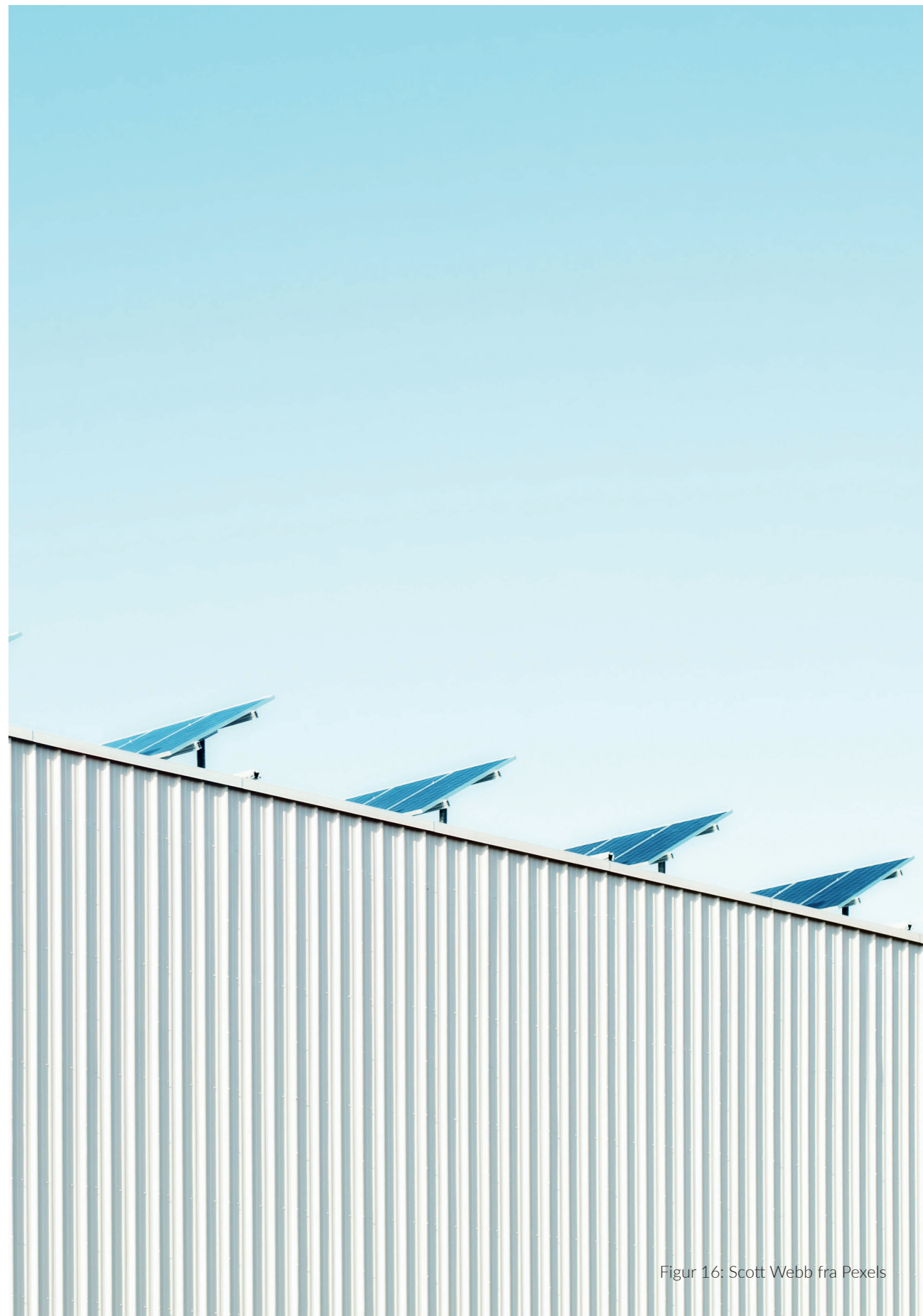
#### Solceller vs. solfanger

Informasjon om solceller, solfangere og plassering i de to kommende avsnittene er hentet fra en håndbok fra Norsk solenergiforening skrevet av Sørensen et al. (2017). En kan utnytte solenergien ved å bruke solceller eller solfangere. Solceller omdanner solstråler til strøm og kan produsere 100-170 kWh strøm per kvm. Solfangere derimot omdanner energien i solstrålene til varme og kan produsere 300-500 kWh varme per kvm. Hvor mye energi som blir produsert er også avhengig av for eksempel plassering, hvor i landet det er, skyggeforhold, orientering og helningsvinkel. Håndboken nevner også at solceller i tillegg til å produsere mindre energi per kvadratmeter er mer sårbare for skygge enn solfangere. Dette er fordi når solceller blir dekket av skygge kan hele

strømkretsen brytes, mens når solfangere dekkes av skygge vil energiproduksjonen reduseres med omtrent like stor andel som skyggen dekker. Med dette som grunnlag har vi tatt utgangspunkt i at det hovedsakelig benyttes solfangere i Sollihøgda plussby.

#### Plassering:

Solfangere kan være en frittstående struktur eller integreres på bygnings fasaden eller tak. For å få mest utbytte av en solfanger i Norge bør den plasseres mot syd. Noe avvik fra syd vil ikke være særlig problematisk da det kun fører til en liten reduksjon i innstrålingen. Hvis en har et ønske om å produsere mest energi om morgenen eller ettermiddagen kan retningen henholdsvis endres mot sydøst eller sydvest. Helningsvinkelen solfangerne plasseres i vil også påvirke energiproduksjonen sier håndboken (Sørensen et al., 2017). Hva som er optimal helningsvinkel for solfangere er blant annet avhengig av breddegraden en befinner seg på. Desto nærmere ekvator en befinner seg desto mer vil en få ut av en solfanger som er horisontal, mens desto lengre mot polene en befinner seg desto mer vil en få ut av en brattere helning på solfangerne. Optimal helningsvinkel varierer også gjennom året ettersom solen endrer bane på himmelen. 45 grader er mest optimalt om sommeren, men om en ønsker å produsere mest energi om våren og høsten er det, på grunn av solens lave plassering på himmelen, bedre med en brattere vinkel på solfangerne. Solfangere plassert på vegg, med en vinkel på 90 grader, vil være optimalt om vinteren for å utnytte den lave solen. I Norge vil en sørvendt solfanger med en vinkel på 30-45° produsere mest energi totalt sett gjennom hele året. For maksimal utnyttning av solinnstrålingen hele døgnet og hele året bør det benyttes solfangere som beveger seg etter solen (Reca-Cardena & López-Luque, 2018). En bør i så stor grad som mulig unngå skygging fra omkringliggende bygg og vegetasjon ettersom dette kan ha en stor effekt på den totale energiproduksjonen (Kanters et al., 2014; Sarralde et al., 2014).



Figur 16: Scott Webb fra Pexels



### 3.2.3 Vindenergiproduksjon

#### Vindturbiner

I 2019 ble 4% av den totale kraftproduksjonen i Norge produsert ved hjelp av 800 vindturbiner (Norges energi- og vassdragsdirektorat, 2019b). Det finnes mange forskjellige typer turbiner, men vi kan dele dem inn i to grupper etter måten de utnytter vinden på. Vertikalakslade turbiner (Vertical axis wind turbine, omtalt VAWT som heretter) som utnytter seg av dragkraften på bladene og horisontalakslede turbiner (Horizontal axis wind turbine, omtalt som HAWT heretter) som utnytter løftekraften til vinden (Vindportalen, u.å.). Av disse to er det HAWT som har den høyeste virkningsgraden og er også den turbintypen som er mest brukt i Norge (Vindportalen, u.å.). Storskala vindturbiner kan ikke produsere energi hvis vinden er for svak (<3 m/s) eller for sterk (>25m/s) (Norges energi- og vassdragsdirektorat, 2019a). Ved vindkast over dette må de fleste turbiner stanses for å unngå for høy belastning på komponentene i turbinen. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HAWT\\_and\\_VAWTs\\_in\\_operation\\_medium.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HAWT_and_VAWTs_in_operation_medium.gif)

Ettersom HAWTene fører til en del støy når de er i drift, både fra vingene og fra maskineriet blir vindturbiner ofte plassert samlet i vindparker i områder med lav befolkningstetthet (Ministry of Environment and Food of Denmark, u.å.). Etablering av vindparker fører ofte til nedbygging og

ødeleggelse av naturområder, på grunn av blant annet bygging av anleggsveier, oppstillingsplass og utbygging av kraftledninger (Jakobsen et al., 2019). Dette kan både føre til en redusert naturopplevelse, ødeleggelse av biotoper og ha en negativ påvirkning på plante og dyrelivet (Vindportalen, u.å.). Samme kilde sier også at turbinene kan være farlige for fugler som flyr inn i dem. En annen grunn til at vindmøller påvirker området de plasseres i er fordi de er plasskrevende. Det er ikke plass til mer enn en turbin per 150-200 dekar grunnet turbinenes påvirkning på vinden (Vindportalen, u.å.).

Vindenergi produksjon i by  
Hvis vi i stedet for å bygge store vindparker produserte strømmen i byer ville vi kunne redusere forringelsen av natur, i tillegg til allerede nevnte fordeler (se side 15). Det å plassere vindturbiner i byer har likevel noen utfordringer. I byene er vindhastigheten lavere, det er mer turbulens og i tillegg fører turbinene til støy og vibrasjoner som kan være forstyrrende for dem som bor i byen (Roothaan et al., Oktober, 2012). Ifølge Roothaan et al. (2012) vil VAWT være å foretrekke i urbane områder ettersom de bråker mindre, fører til mindre vibrasjon og kan utnytte vind fra alle retninger. VAWT fungerer bedre i turbulent vind og de kan også stå nærmere hverandre enn HAWT (Nelson, 2020).

Bruk av VAWT i by:  
VAWT kan brukes flere steder i byen som for

eksempel på tak og fasader (Haase & Löfström, 2015). Plassering på og designet av bygg kan også påvirke energiproduksjonen, men dette vil vi ikke gå inn på ettersom det er arkitektur (Micallef & Bussel, 2018). VAWT kan også plasseres frittstående i offentlige rom som f.eks i parker eller langs veier der de i tillegg til å utnytte naturlig vind kan utnytte vinden som oppstår av passerende kjøretøy (Devecitech, u.å.). Det er også flere eksempler på diverse bymøblering som f.eks. skilt og lyktestolper med vindturbiner på toppen (Khan et al., 2017).

#### Vindtårn

I tillegg til VAWT har vi funnet en prototyper på bruk av vindtårn, Invelox, for å produsere energi. Dette er et vindtårn skapt av bedriften Sheer Wind (Allaei & Andreopoulos, 2014). Disse vindtårnene er høye pipe-lignende strukturer som strekker seg opp i himmelen for å fange vind med høyere hastighet enn vinden på bakkeplan. Vinden blir fraktet ned gjennom tårnet, som er formet som en trakt, og gjennom en innsnevring. Dette gjør at det blir mindre plass til den samme mengden luft som igjen får vinden til å akselerere før den passerer turbinene. (Allaei & Andreopoulos, 2014). Når vinden har passert turbinene blir plassen utvidet igjen og luften blir sluppet ut på bakkenivå gjennom en diffusor som reduserer farten til vinden (Allaei & Andreopoulos, 2014). Økningen i hastigheten på vinden gjør at det blir bedre utnyttelse av de lave vindhastighetene som vanlige vindturbiner ikke klarer å utnytte seg av i dag (Surendar AG,

2015). En annen fordel er at turbinene er plassert på bakkeplan, noe som gjør vedlikehold enklere (Allaei & Andreopoulos, 2014).

Ettersom vi fant få andre eksempler på hvordan vindenergi produksjon blir påvirket av eller påvirker bystrukturer ønsker vi, til tross for at bedriften Sheer Wind gikk konkurs, å benytte oss av prinsippet i prosjekteringen og se nærmere på vindtårnene som element i bybildet (Gipe, 2018). Da vår case også er et fremtidsrettet prosjekt synes vi det passer å tenke innovativt. Vindtårnene må selvfølgelig forskes mer på for å finne ut om de kan være effektive, om det vil være økonomisk og mulig å benytte dem i en by.

Ettersom vindtårnene er relativt høye installasjoner som vil være synlige i bybildet vil plasseringen av dem påvirke byen. Vi skal derfor benytte dem i en utprøvende del av prosjekteringen hvor vi blant annet ser på hvordan ulik plassering og høyde vil påvirke bybildet og om tårnene kan brukes til å skape stedsidentitet.

#### Våre forutsetninger for bruk av vindtårn i by

Vindtårnene vi bruker i vår prosjektering er noe annerledes enn Invelox tårnene. Turbinene er plassert under bakken, noe som vil føre til mindre støy og vinden slippes ikke ut på bakkenivå ettersom det vil kunne føre til et ubehagelig byklima. I stedet for slippes vinden ut et sted det ikke er til bry for fotgjengere.

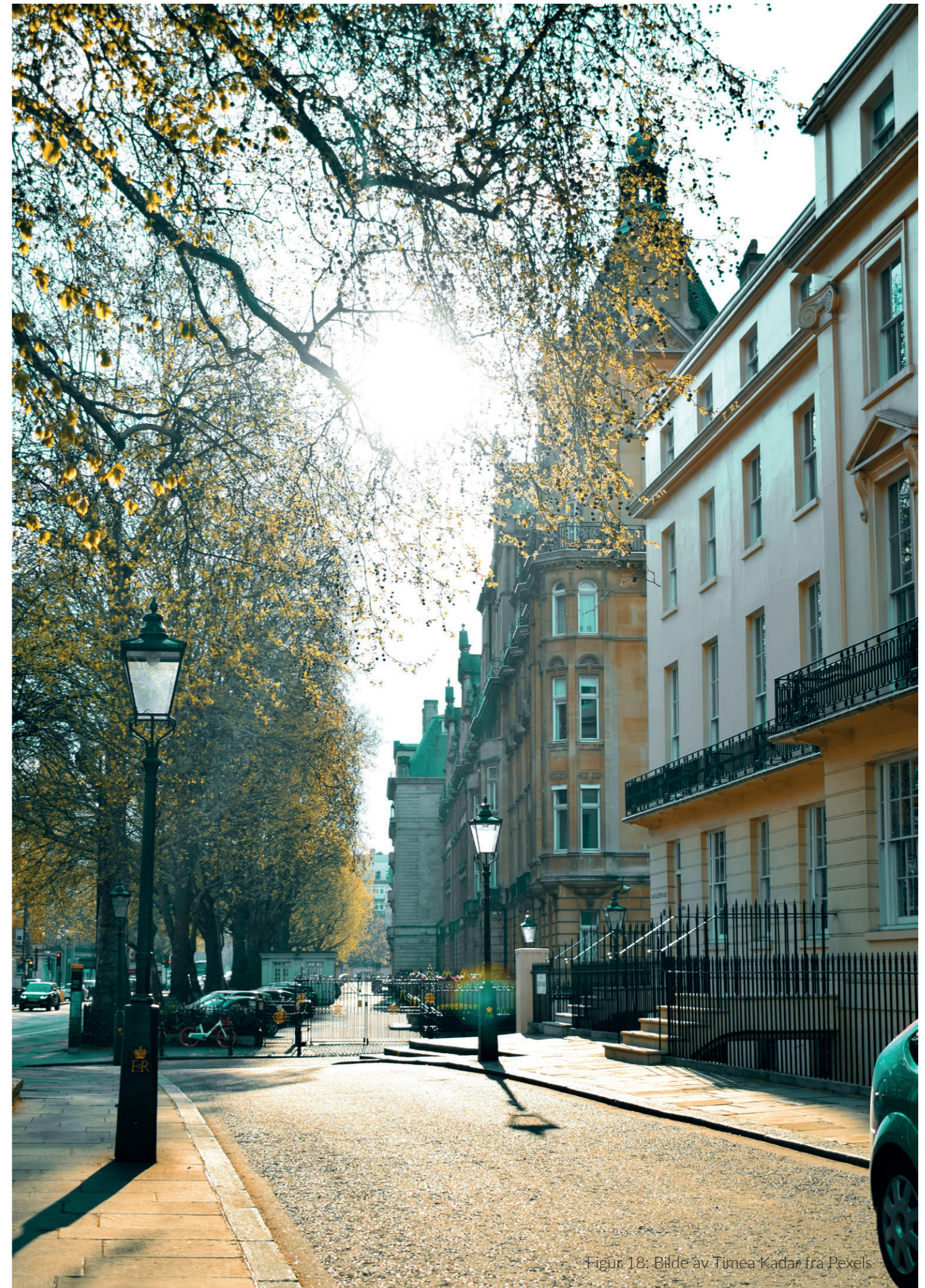
### 3.3 Premissliste

Basert på litteraturen vi har presentert i foregående delkapitler har vi utviklet en premissliste. Ved å konkretisere og samle tiltakene på et sted gjør vi det lettere å kunne implementere dem i landskapsarkitekturen. Kun premisser som kan benyttes i caset er tatt med i listen som hovedsakelig er basert på kunnskap fra litteraturkapittelet. Noen få premisser er basert på våre egne utprøvinger, men da er dette kommentert i teksten.

Ettersom det var tilgjengelig mer litteratur som handler om byklimate enn tilrettelegging for fornybar, urban energiproduksjon har det ført til flere premisser for byklimate enn energiproduksjon. Dette er også grunnen til at byklimate er blitt mer fremtredende i prosjekteringen.

Først presenterer vi premissene til byklimate og deretter energiproduksjon. For å gjøre det mest oversiktlig er premissene for byklimate kategorisert etter temaene bygg, gater, åpne plasser og vegetasjon. Energipremissene er delt inn etter premisser for vindenergi produksjon og solenergi produksjon. Med mindre annet er oppgitt er premisset hentet fra kilden som står etter underoverskriften.

Det hender at premissene er motstridende og det kan oppstå konflikter mellom dem og andre hensyn. Dette kommer vi tilbake til i prosjekteringen og diskusjonen hvor vi vurderer premissene opp mot hverandre og prioriterer hvilket grunnlag vi vurderer som viktigst for den gitte situasjonen.



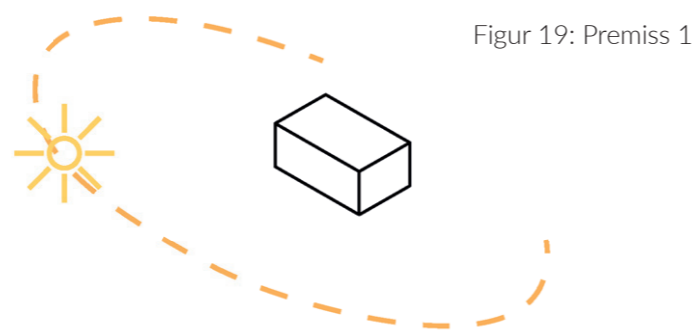
Figur 18: Bilde av Timea Kadar fra Pexels

### 3.3.1 Premisser: Byklima

#### BYGG

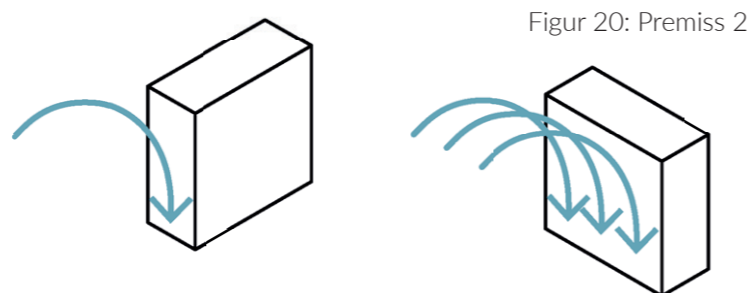
##### 1. Sørvendte bygg (Oke, et al, 2017)

Den lengste fasaden av bygget bør orienteres i sørlig retning, slik at bygget får gode solforhold hele dagen for beboerne i bygget. Når dette premisset benyttes er det viktig å være bevisst andre premisser og hensyn som påvirker solinnstrålingen, som for eksempel h/b-forholdet og topografien. Se premiss 13 på s.21.



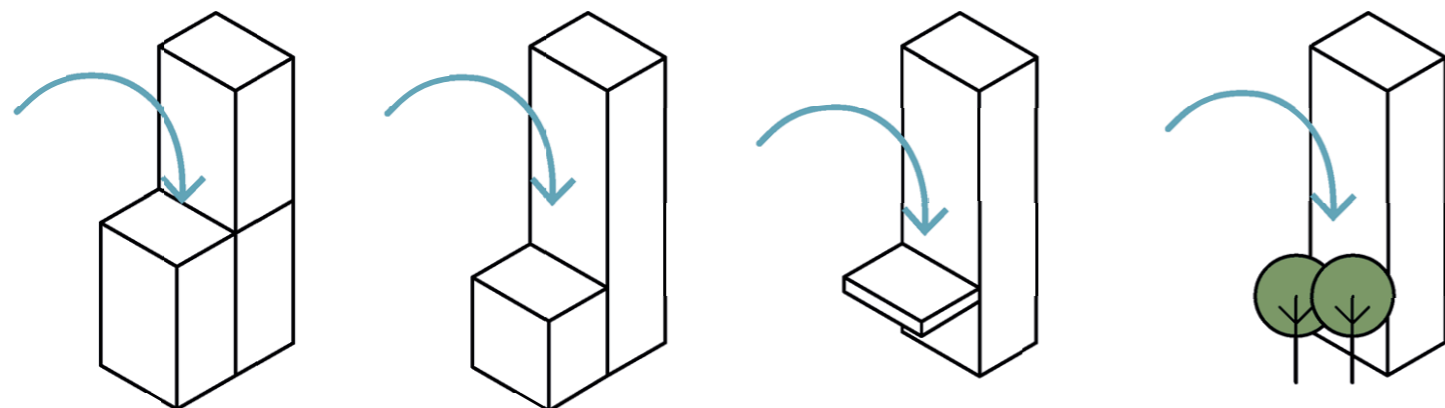
##### 2. Orienter bygg parallelt med vindretning (Lenzholzer, 2015)

For å unngå kraftig downwash effekt og vind rundt hjørnene av store frittstående bygninger er det beste å orientere disse byggene parallelt med hovedvindretningen.



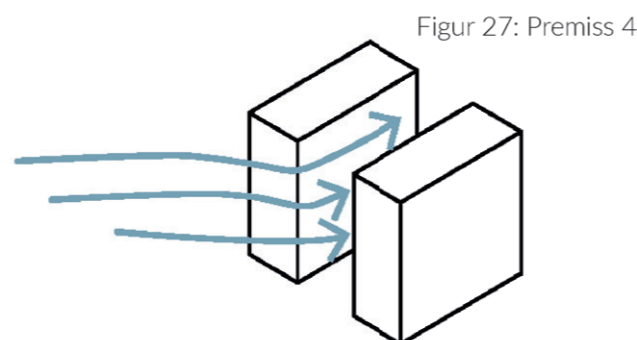
##### 3. Skjerm mot downwash-effekt (Lenzholzer, 2015; Oke et al., 2017)

For å beskytte fotgjengere og syklister mot downwash effekt rundt høye bygg bør det etableres vindbeskyttelse på bakkeplan. Til dette brukes blant annet markiser, trær eller en økning i bygningsvolumet nærmest bakken.



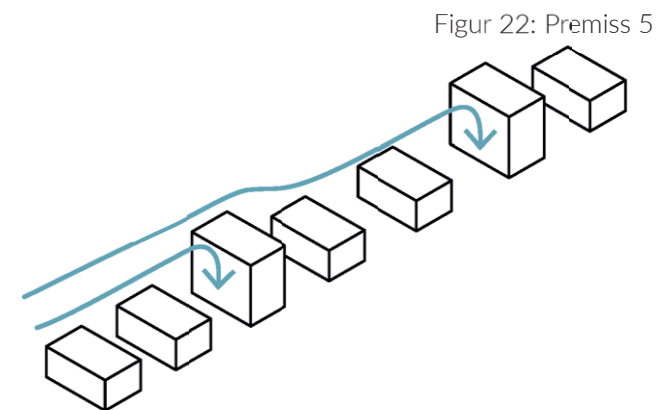
##### 4. Unngå tette høye bygg (Lenzholzer, 2015)

Høye bygg bør ikke plasseres for tett inntil hverandre, ettersom det kan føre til en økning i vindhastigheten mellom bygningene. Dette gjelder spesielt dersom områdene rundt høye bygg skal brukes til opphold.



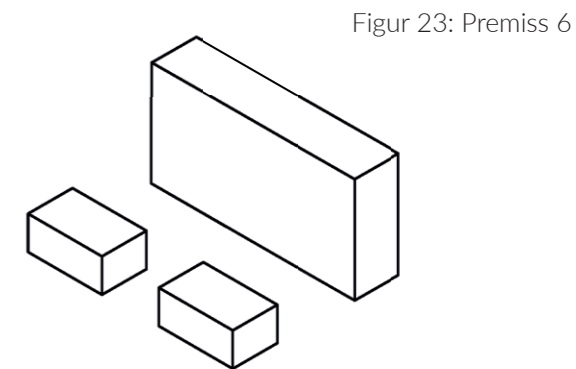
##### 5. Lave varierte bygg (Oke, et al, 2017)

For å få bedre ventilasjon i byen bør lavere bygg eller varierende høyde på byggene benyttes. Lavere bygg fører til at vinden lettere slipper inn i byen. Variert høyde på bygg fører til at vinden ikke bare beveger seg over takene, men treffer veggen til de høyeste byggene og blir på grunn av downwasheffekten blåst ned til gatenivå.



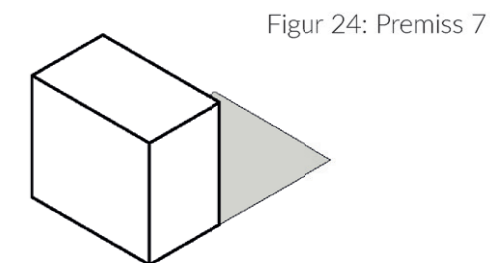
##### 6. Høye hus i nord, lavere og oppdelte hus i sør

Ifølge Oke et al. (2017) bør høye hus plasseres lengst i nord, med lavere hus foran i sør. Da de høye byggene i nord vil skjerme for nordavind og de lavere husene i sør fører til bedre solinnstråling og mindre skygge. Etter utprøving i 3D har vi konkludert med at husene i sør også bør være mer oppdelte, ettersom dette gjør at slagskyggen flytter seg mer og det gir færre lange perioder med skygge.



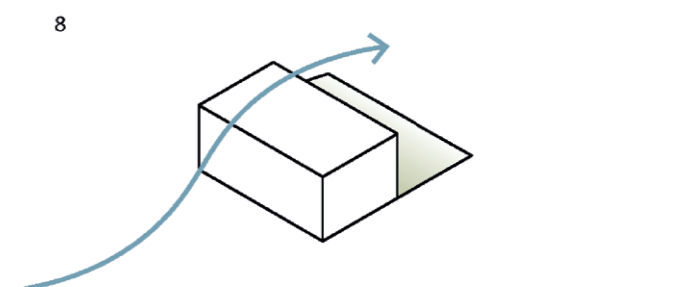
##### 7. Plasser høye bygg sør for mindre viktige områder

Basert på eget resonnement kom vi frem til at man kan plassere høye bygg sør for områder der det ikke er problematisk å ha mye skygge.



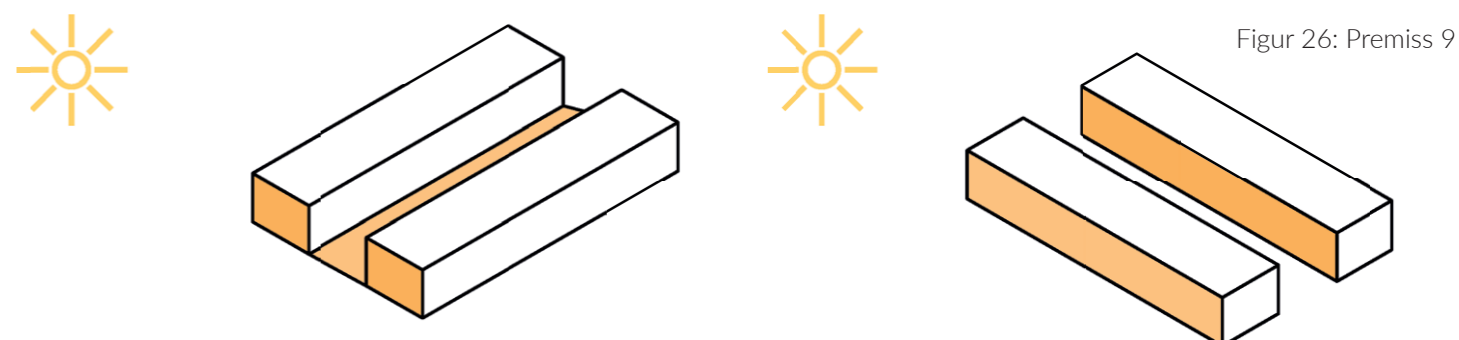
##### 8. Skape le (Lenzholzer, 2015)

For å skape områder med le kan hus plasseres med langsiden vinkelrett på hovedvindretningen. Dette vil føre til en reduksjon av vindens hastighet på baksiden av bygget, men en økning på hjørnene av bygget.



##### 9. Kveldssol i gate eller på hus

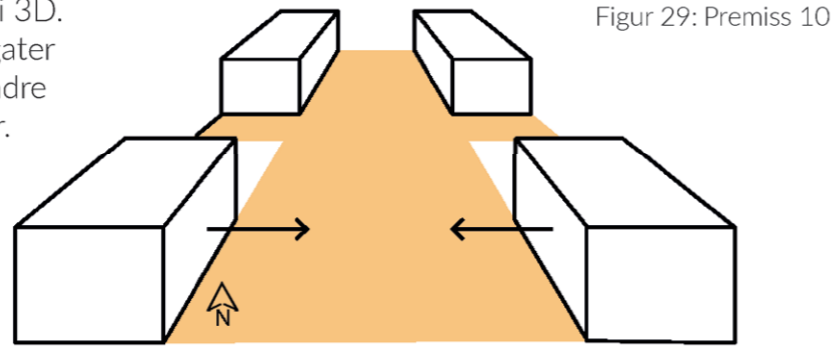
Dette premisset har vi kommet frem til gjennom utprøving i 3D. Hvis det er ønskelig med mest mulig kveldssol til byggene, bør de lengste fasadene vendes mot sørvest. Om solen derimot ønskes mest i gaten på kveldstid bør de lengste fasadene vendes mot sørøst.



# GATER

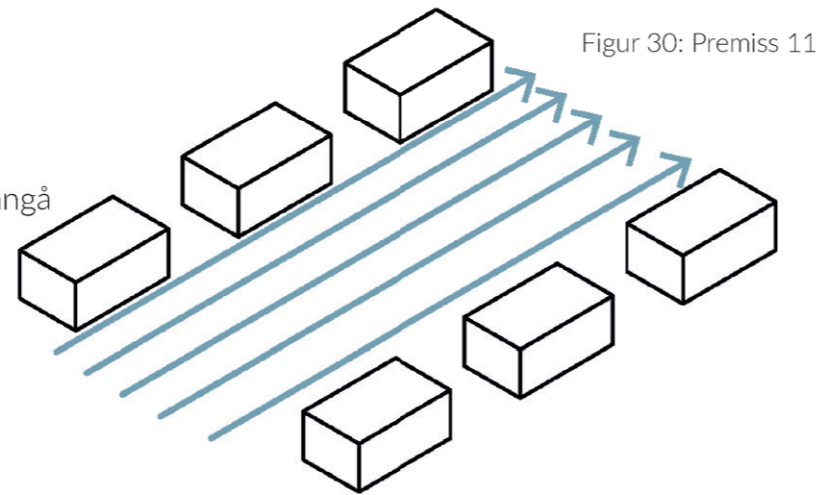
## 10. Smalere nord-sør rettede gater

Dette premisset er utviklet gjennom utprøving i 3D. Gater som går øst-vest bør være bredere enn gater som går nord-sør. Dette er fordi det kreves mindre avstand for å få inn sol i gater som går nord-sør.



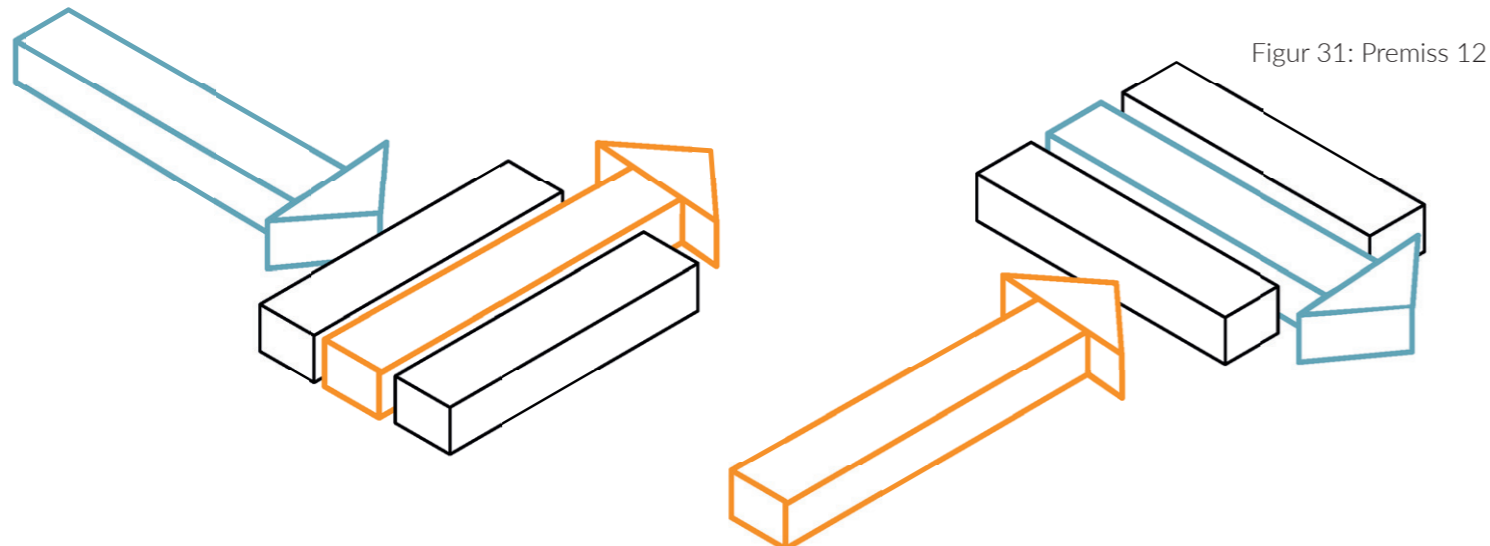
## 11. Breder gate (Oke, et al, 2017)

Dersom en gate ligger parallelt med hovedvindretningen, bør den være bred for å unngå en kanalisering av vind, korridoreffekt.



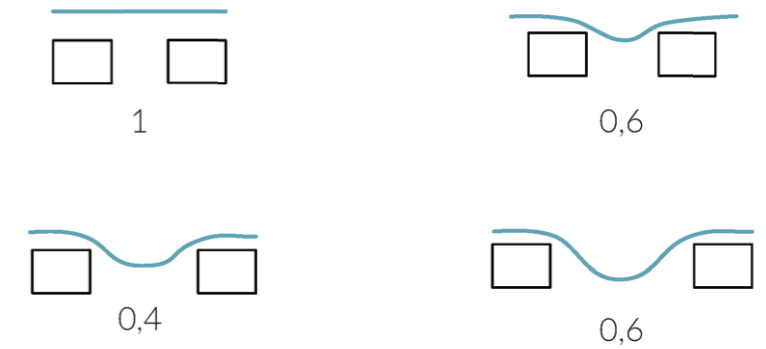
## 12. Gateretning - vind (Oke, et al, 2017)

For å unngå kald vind om vinteren og et ubehagelig gatemiljø bør ikke gater og grønne årer legges parallelt med hovedvindretningen vinterstid.



## 13. Høyde/bredde-forhold på 0,4 og 0,6 (Oke, et al, 2017)

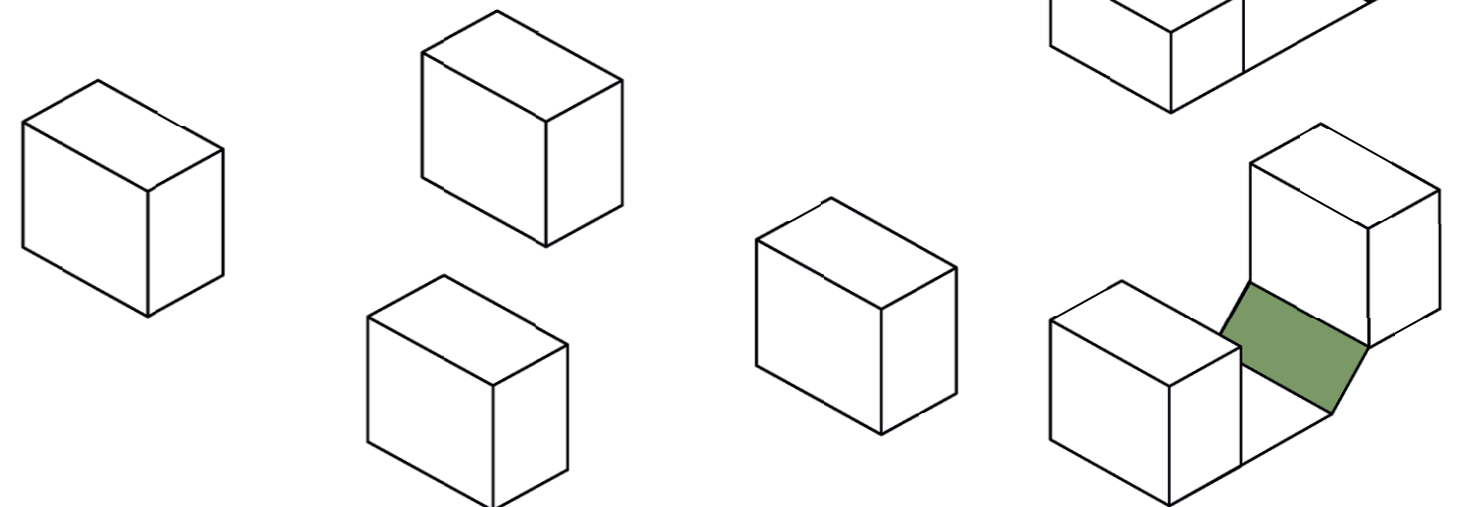
H/b-forholdet mellom bygningshøyde og gatebredde bør være mellom 0,4 og 0,6.

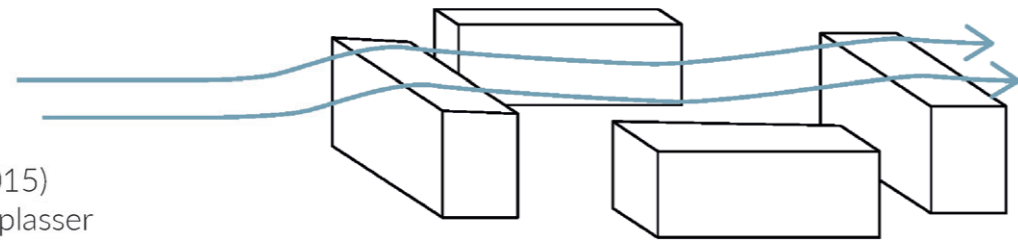


## 14. Større H/B forhold

Gjennom utprøving i 3D har vi konkludert med at H/b-forholdet kan under noen omstendigheter (som fører til bedre solinnstråling), være høyere enn 0,6 (mindre avstand). Som vist i figur 32 gjelder dette dersom:

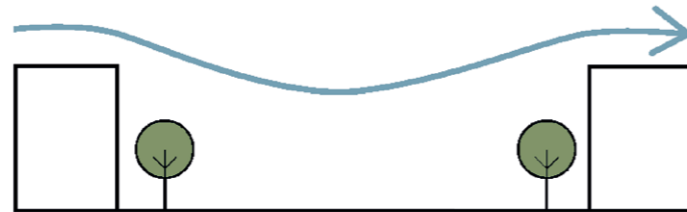
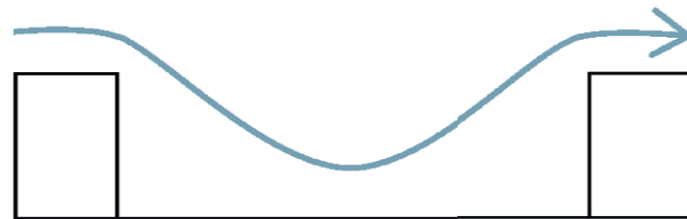
- De sørlige bygningene er lavere enn de nordlige
- Byggene står i et terreng som heller mot sør
- Byggene plasseres forbandt





Figur 33: Premiss 15

**15. Barriere** (Lenzholzer, 2015)  
For å unngå mye vind på åpne plasser bør det plasseres en barriere vinkelrett på hovedvindretningen. I tillegg bør det inn mot plassene unngås å benytte store åpne gater som ligger parallelt med den rådende vindretningen.



Figur 34: Premiss 16

**16. Trær rundt plasser** (Lenzholzer, 2015)  
For å unngå at ovenforliggende vind kommer ned til gatenivå på en åpen plass bør det plasseres trær rundt plassen. Dette vil redusere området vinden har til å øke hastigheten på og det vil føre til mindre kraftig vind.



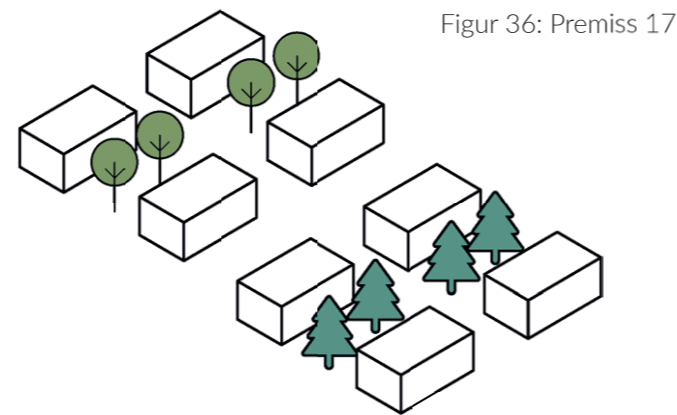
Figur 35



## 17. Løvtrær som skygger om sommeren

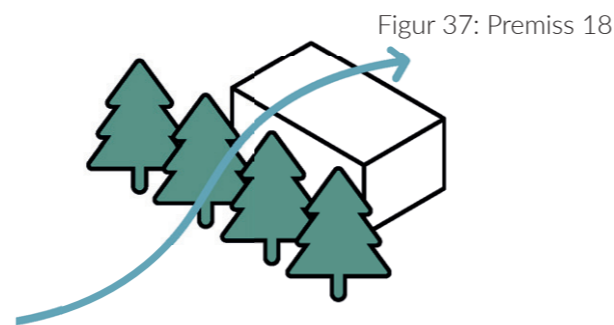
(Lenzholzer, 2015; Oke, et al, 2017)

Løvtrær kan plantes på ønskelige steder for å skape skygge om sommeren og sol om vinteren, da trærne feller bladene om vinteren. Det er viktig å være bevisst på høyden på trærne, slik at skyggen faller der man ønsker den. En annen fordel med trær er at evapotranspirasjonen fra dem er med på å temperere luften (Lenzholzer, 2015).



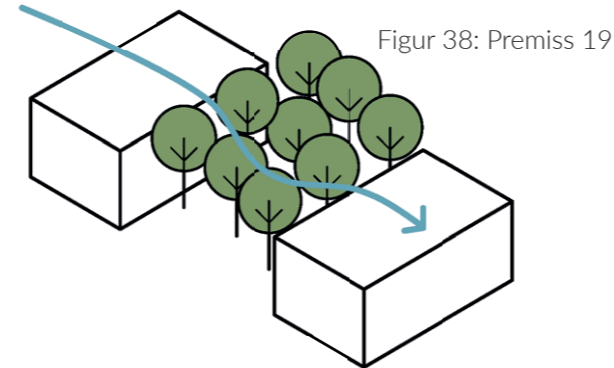
## 18. Skjerming mot nordavind

(Oke, et al, 2017)  
Høye bartrær kan plasseres i nord for å ta unna for kald nordavind. Bartrær fungerer bedre som vindstopper enn løvtrær.



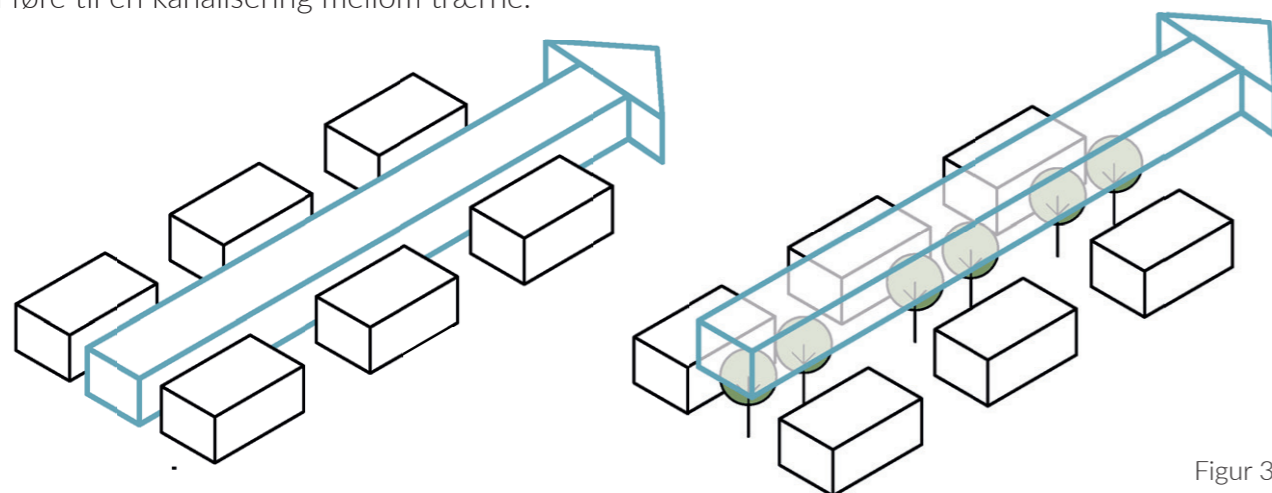
## 19. Plasser trær tett for å skjerme for ovenforliggende vind

(Oke, et al, 2017)  
Dersom man ønsker en lun gate, med skjerming mot vind kan trær plasseres tett i gaten. Dette lager en barriere som separerer den ovenforliggende vinden fra vinden på gatenivå. Hvis gaten går parallelt med hovedvindretningen bør man ikke plassere trær for tett ettersom det vil føre til en kanalisering av vind mellom trærne, se neste premiss (Lenzholzer, 2015). Effekten vil også være noe redusert dersom husene er veldig høye.



## 20. Trær for å hindre kanalisering

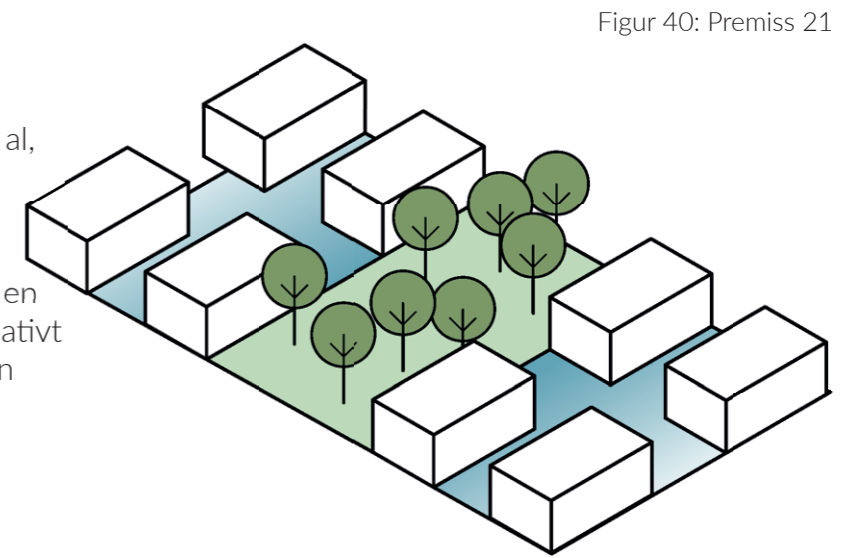
(Lenzholzer, 2015)  
Trær kan brukes for å unngå kanalisering mellom høye bygg som ligger parallelt med hovedvindretningen ved at trekronene reduserer vindhastigheten. Det er viktig å ikke plante disse trærne for tett ettersom dette kan føre til en kanalisering mellom trærne.



De to neste premissene er per dags dato mest relevant for større byer i varmere deler av verden. Vi har likevel inkludert dem i premisslisten ettersom klimaprognosene tilsier at det blir flere hetebølger i fremtiden og derfor et større behov for nedkjøling (FN, 2019).

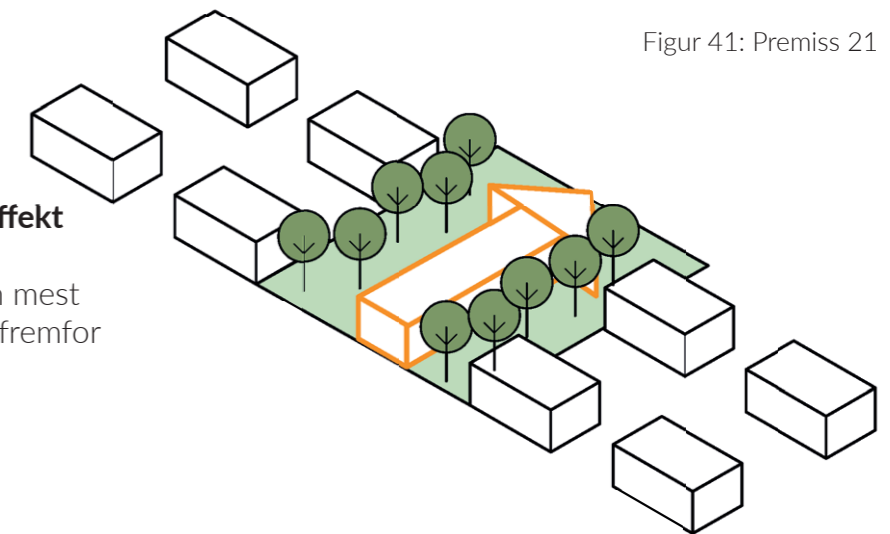
## 21. Grønnstruktur som bidrar til sommerventilasjon

(Lenzholzer, 2015; Oke, et al, 2017)  
Det bør etableres åpne grønne områder som strekker seg inn i byen og ventilerer. Denne grønnstrukturen bør være parallell med vinden en ønsker å få inn. Grønnstrukturen bør holdes relativt åpen med kun trær i ytterkantene, slik at vinden slipper ned på bakkenivå og kan ventilere.



## 22. Parker for å lage Park Cool Island-effekt (PCI-effekt)

(Oke, et al, 2017)  
For å skape en PCI-effekt og kjøle ned byen mest effektivt bør det etableres flere små parker fremfor en stor.

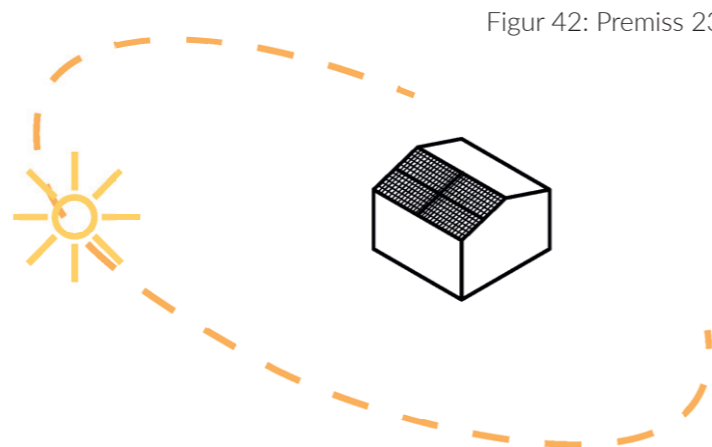


### 3.3.2 Premisser: Energiproduksjon

#### SOLENERGIPRODUKSJON

##### 23. Mot sør (Sørensen et al., 2017)

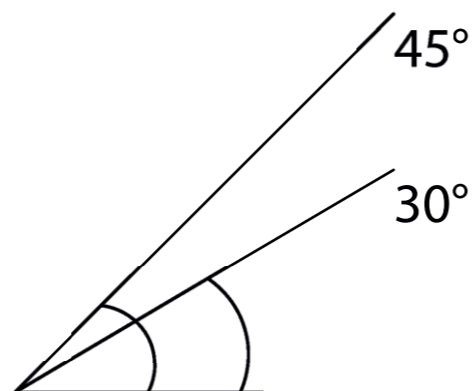
For å motta sterkest solinnstråling over lengst tid i løpet av dagen bør solcellene plasseres mot sør. Noe avvik fra syd er akseptabelt ettersom det vil føre til kun en liten reduksjon i innstrålingen.



Figur 42: Premiss 23

##### 24. Vinkel solfanger (Sørensen et al., 2017)

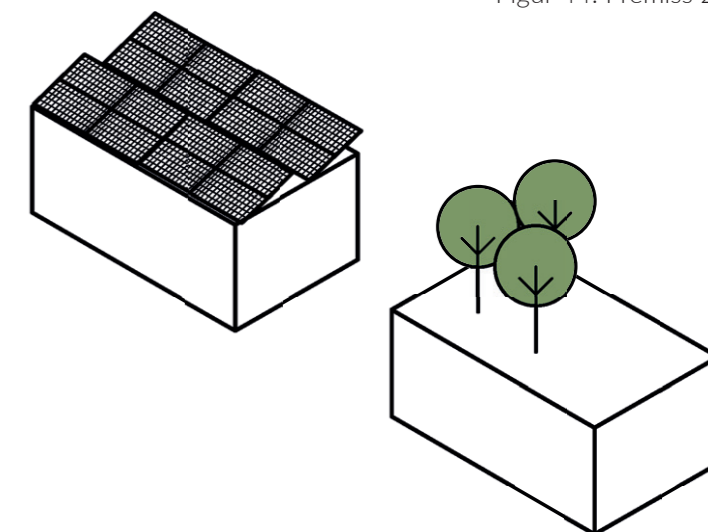
Solfangere på tak bør ha en 30 - 45 graders helning hvor det er mulig. Helst så nærme 45 som mulig.



Figur 43: Premiss 24

##### 25. Solfangere og grønne tak (Hanslin & Johannessen, 2019)

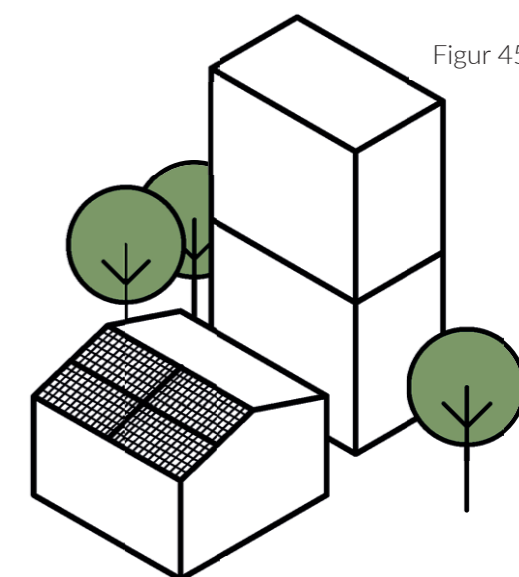
På flate tak bør solfangere prioriteres foran takterrasser, takhager osv. Dette for å produsere mest mulig energi.



Figur 44: Premiss 25

##### 26. Skygge (Kanters et al., 2014; Sarralde et al., 2014; Sørensen et al., 2017)

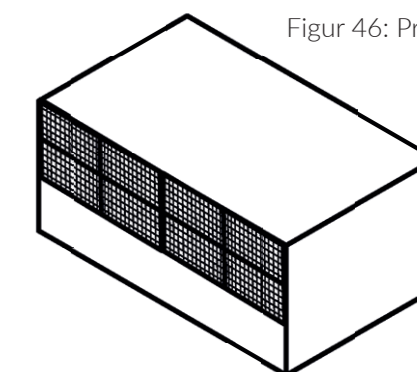
For best utnyttelse av solfangerne bør en unngå at det faller unødvendig mye skygge på dem. Det bør derfor ikke plasseres høye bygg, trær eller andre objekter som kan skape skygge for solinnstrålingen sør for solfangerne.



Figur 45: Premiss 26

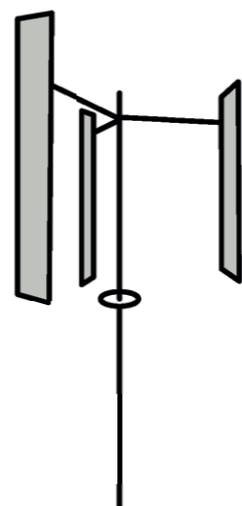
##### 27. Solfanger på vegg (Sørensen et al., 2017)

Solfangere kan plasseres på vegger som vender mot syd. Det må vurderes i hvert enkelt tilfelle hvor store deler av veggen det er hensiktsmessig å ha solfangere på. Dette vil variere med h/b-forholdet, rotasjon på bygningen, boligstruktur og omkringliggende bygg og vegetasjon som skygger.



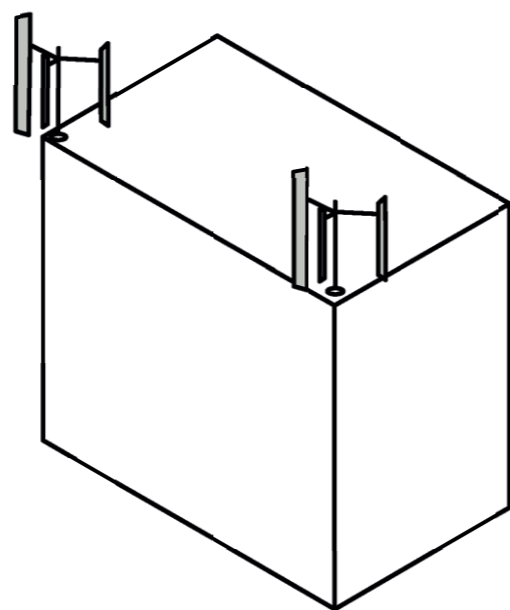
Figur 46: Premiss 27

**28. HAWT vs. VAWT** (Roothaan et al., 2012)  
VAWT (Vertikalakslede turbiner) bør benyttes i by ettersom de er mindre arealkrevende, mindre farlig og bråker mindre enn HAWT (horisontalakslede turbiner).



Figur 47: Premiss 28

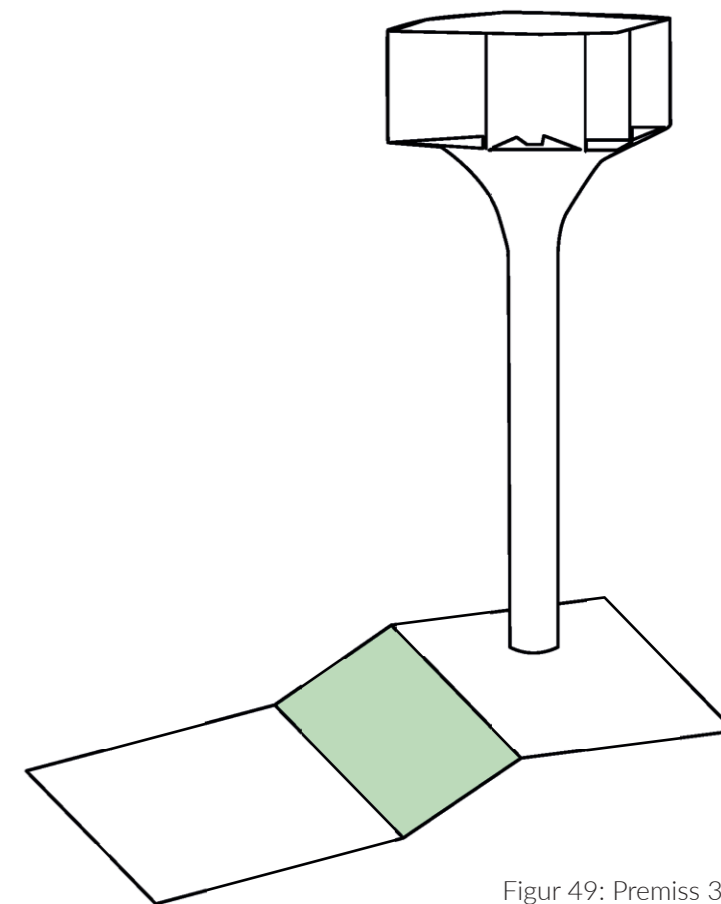
**29. VAWT bør plasseres ved høye vindfrekvenser** (Pijpers-van Esch, 2015)  
For å produsere mest mulig energi bør turbinene plasseres så vindutsatt som mulig. Et eksempel på dette er på tak.



Figur 48: Premiss 29

**30. Høyde og plassering av vindtårn** (Pijpers-van Esch, 2015)

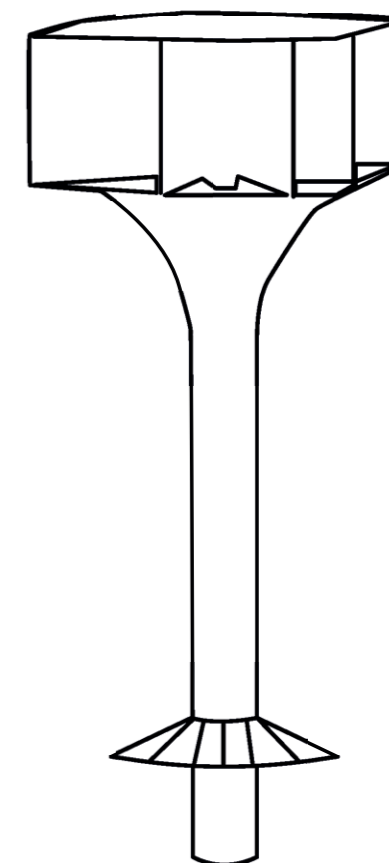
Vindtårn bør plasseres så vindutsatt som mulig. Et eksempel på dette kan være på høyder, ettersom hastigheten øker med høyden bør vindtårn plasseres på høyder for å fange vinden med høyest hastighet.



Figur 49: Premiss 30

**31. Vindbeskyttelse ved vindtårn** (Lenzholzer, 2015; Oke et al., 2017)

Ved plassering av høye vindtårn i by må en sørge for at det ikke blir et ubehagelig miljø på bakkeplan pga. downwasheffekten fra tårnene. Dette vil være avhengig av diameteren til tårnet. Det bør derfor ved behov etableres vindbeskyttelse under slike tårn.



Figur 50: Premiss 31

# 4. Case Sollihøgda plussby

I dette kapitlet introduserer vi caset, Sollihøgda plussby, nærmere. Vi viser også analysene som er gjort og de utvalgte hensynene vi tar med oss videre til prosjekteringsprosessen. Deretter går vi gjennom prosjekteringen som er basert på premisslisten presentert i litteratur kapitlet, hensynene vi har kommet frem til gjennom analysene, visjonen til Sollihøgda plussby og våre vurderinger for å skape en bærekraftig by.

## 4.1 Sollihøgda plussby

### Avtjerna

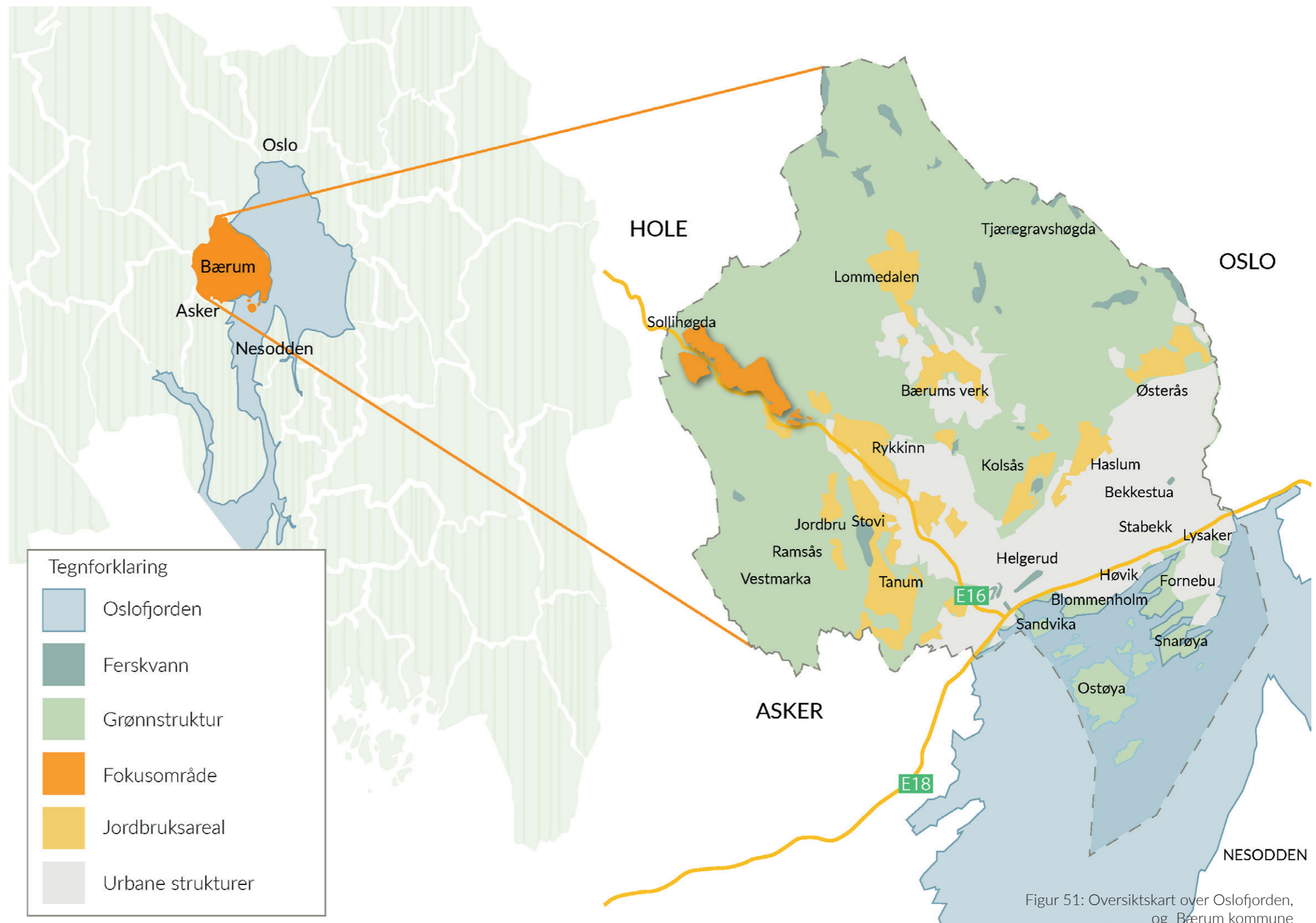
Caseområdet befinner seg på Avtjerna i Bærum kommune, rett sør for Sollihøgda. Det ligger ca. 300 meter over havet og består i hovedsak av skog i tillegg til noen hus, hytter og gårder langs E16 (Kartverket, 2020). Ifølge Gule Sider (2020) tar det ca. 25 minutter å kjøre dit med bil fra Oslo sentrum og området brukes mye som utfartsområde til marka for tur og skigåere (Den Norske Turistforening, 2019). Til tross for områdets nærhet til Oslo og plassering langs en hovedvei, er området lite utbygd (se figur 51). Prosjektet Sollihøgda plussby ønsker å benytte 2700 mål ubebyggt land på Avtjerna som lokasjon for Europas første plussby, og er regulert til boligbebyggelse i kommuneplanen (Bærum kommune, 2018; COWI & Avtjerna Grunneierforening, u.å.).

### Sollihøgda plussby

Hvis ikke annet er oppgitt er all informasjon i resten av delkapitlet hentet fra nettsiden til Sollihøgda plussby (COWI & Avtjerna Grunneierforening, u.å.).

Sollihøgda plussby er et samarbeid mellom investeringselskapet North Bridge Nordic Property AS og øvrige grunneiere som rådgivningsfirmaet COWI har utført konsulentoppdrag for (North Bridge, 2017). De arbeider for å skape en ny by som skal kunne romme 30 000 innbyggere og 15 000 arbeidsplasser. Plussbyen skal nyttiggjøre seg av fremtidsrettede, miljøvennlige og smarte løsninger og er på denne måten et innovativt, nytenkende og ambisiøst miljøprosjekt. De har definert fire byprinsipper som er førende for utviklingen av byen: Plussenergi, smartby- og transport, markaportal og sikulærøkonomi. Disse prinsippene er tett koblet sammen og utfyller hverandre.

1. Plussenergi handler om å produsere mer energi enn byen selv forbruker. Dette skal de få til ved å begrense forbruket, samtidig som byen genererer fornybar energi på en bærekraftig og effektiv måte.



## 2. Smartby- og transport

Målet med smarte bygg og transportløsninger er at innbyggerne skal få plusstid. Ettersom en starter med blanke ark og ikke må ta hensyn til eksisterende bebyggelse og infrastruktur har en mulighet til å velge smarte løsninger og optimalisere byen. Dette være seg smarte hus og bygninger som begrenser energiforbruket eller effektiv, selvkjørende og grønn transport.

## 3. Markaportal

Sollihøgda plussby sin plassering gjør at området ligger svært nær markagrensen og har god tilgang til allerede eksisterende ski- og turløyper, dette gjør Sollihøgda plussby til en markaportal. Visjonen er å ha det beste fra byen og marka på samme sted, med tilgang til alle hverdagslige nødvendigheter samt å aldri være mer enn 200 meter fra marka eller en markaportal.

## 4. Sirkulærøkonomi

Sollihøgda plussby ønsker å basere byen på sirkulærøkonomi ved å blant annet ha klimavennlige løsninger og gjenvinne ressurser. Sirkulærøkonomi er grunnlaget for en bærekraftig utnyttelse av ressurser, hvor fokus er å utnytte de ressursene som er i systemet til det maksimale. Dette er høyst nødvendig, da forbruket og behovet for ressurser øker. Med sirkulær økonomi ønsker man å ha materialer og ressurser i omløp så lenge som mulig med så god kvalitet som mulig (Benjaminsen, 2018).

Av disse byprinsippene er det spesielt prinsippet om plussenergi og produksjon av urban, fornybar energi som inngår i denne oppgaven. I tillegg har vi også lagt til grunn prinsippet om at Sollihøgda plussby skal være en markaportal. Derfor har vi prosjektert med mål om maks 200 meter til marka eller en markaportal (grønnstruktur) for alle innbyggerne i byen.

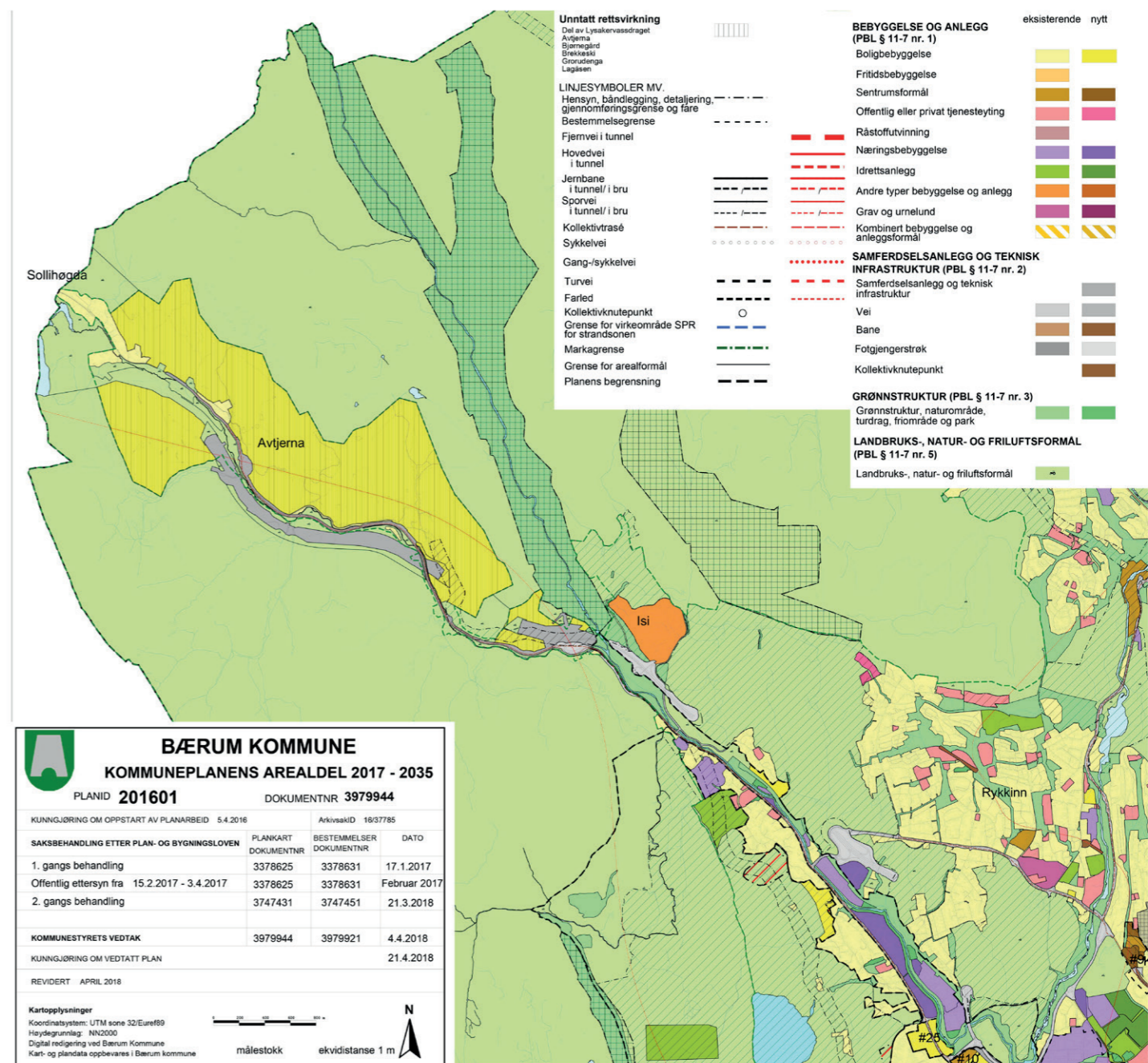
I kommuneplanens arealdel 2017-2035 for Bærum kommune (2018) ligger Avtjerna inne som en langsiktig utbyggingsmulighet, se figur 52. Det er med på listen over hovedutbyggingsområder som skal utvikles, men kommer sist etter både Fornebu, Lysaker, Bekkestua og Fossum (Bærum kommune, 2018).

Avtjerna er vurdert som et område aktuelt for deponering av masser i forbindelse med gjennomføring av flere veiprosjekter, blant annet E18, Manglerudtunnelen, sentrumstunellen, E16

og den mulige utbyggingen av Ringeriksbanen (Statens vegvesen et al., 2018). Disse prosjektene innebærer store tunnelprosjekter og vil dermed føre til mye sprengstein som må deponeres et sted. For å hindre unødig transport er Avtjerna vurdert som et aktuelt sted for gjenbruk og deponering av disse massene. 27. Mars 2020 ble reguleringsplanen for fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 vedtatt (Bane NOR et al., 2020). I den står det at området har en samlet kapasitet på 3,3 millioner m<sup>3</sup> permanent masselagring og gjenvinning, dette volumet er det stor usikkerhet rundt, men det er dette som sees på som realistisk for øyeblikket. I oppgaven har vi gått ut ifra at det er snakk om egnede masser og tatt utgangspunkt i reguleringsplanen fra BaneNOR i forhold til plasseringen til deponiet.

I forbindelse med Ringeriksbanen har det også vært diskutert hvorvidt det kan komme en togstasjon på Avtjerna. BaneNOR (2017) anbefaler derimot ikke dette og mener at man kan tilfredsstille målet om kollektivtilbud med buss. Ifølge Samferdselsdepartementet (2018) er det mulig å bruke servicetunnelen til den fremtidige Ringeriksbanen som trasé for selvkjørende bussløsninger. I dette tilfellet ville den planlagte tverrslagstunnelen som ligger i reguleringsplanforslaget fra BaneNOR fra Avtjerna ned til Ringeriksbanen kunne benyttes som atkomsttunnel (Bane NOR et al., 2020; COWI AS, 2018; Statens vegvesen et al., 2018). Foreløpig er det usikkert når Ringeriksbanen blir bygget, da den endelige beslutningen nok en gang ble utsatt 15. Mai 2020 (Gildestad, 2020). Dette påvirker prosjektet på flere måter, både med hensyn til manglende masser til deponiet og i forbindelse med kollektivløsningen på Avtjerna. Sollihøgda plussby er et omdiskutert prosjekt, der mye av kritikken er rettet mot deponiet, løsningene for kollektivtransport og manglende hensyn til natur og vannmiljø (Bane NOR & Statens vegvesen, 2019; Kammerud & Jøntvedt, 2017).

Til tross for en del utfordringer knyttet til prosjektet, valgte vi å bruke Sollihøgda plussby som case da det er et innovativt og spennende prosjekt. I prosjektet arbeides det med bærekraftig byutvikling og produksjon av energi i by som begge deler er fokus i denne oppgaven. Det har også vært positivt for oss å kunne benytte premissene uten å måtte ta hensyn til eksisterende bebyggelse og infrastruktur.



Figur 52: Utsnitt av Bærum kommunes arealplan 2017-2018 (Bærum Kommune, 2018)

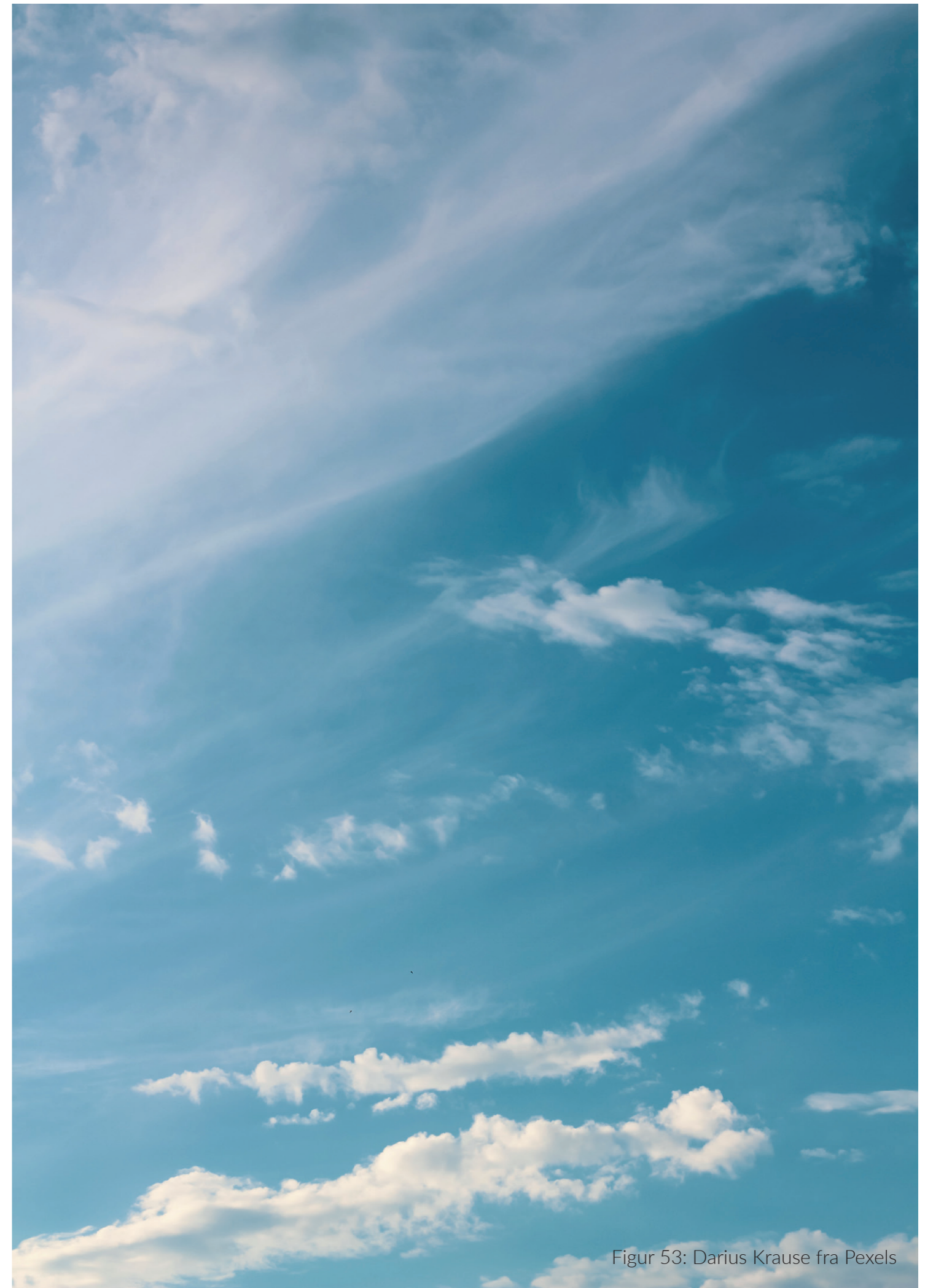
**“Mulighetsrommet som ligger i å designe en by fra bar bakke, skal gjøre Sollihøgda plussby til den første byen i Europa som produserer mer energi enn hva menneskene, bygningene og transportmidlene bruker. På ikke utviklede områder står man fritt til å planlegge betydelige områder fra scratch, og man står fritt til å velge plussbyløsninger fra før første spadetak i utbyggingen er tatt.”**

Sitat fra Sollihøgda plussbys nettsider ( COWI & Avtjerna Grunneierforening, u.å.)

## 4.2 Analyser og hensyn

I dette delkapittelet presenterer vi analysene vi har gjort av området og beskriver hvordan hensynene er tatt med videre i prosjekteringen. Hensynene er i dette tilfellet den utvalgte delen av analysen som vi bruker videre i prosjekteringen, videre i oppgaven kun omtalt som hensynene. Analysene er presentert til venstre i tabellen og hensynene til høyre. Dersom det ikke er presentert et spesifikt hensyn fra analysen, har hele analysen påvirket prosjekteringen.

Hvis ikke annet er spesifisert er kartgrunnlaget lastet ned fra Norgedigitalt og Geonorge, januar 2019, disse kartdataene er N20-data og kommuneplan Bærum i UTM32 Euref89. Områdeavgrensningen vår er noe mindre enn eksisterende avgrensning i kommuneplan da vi for enkelhets skyld fjernet en del, tømmerdalen som ligger sør for E16. (Bærum kommune, 2018).

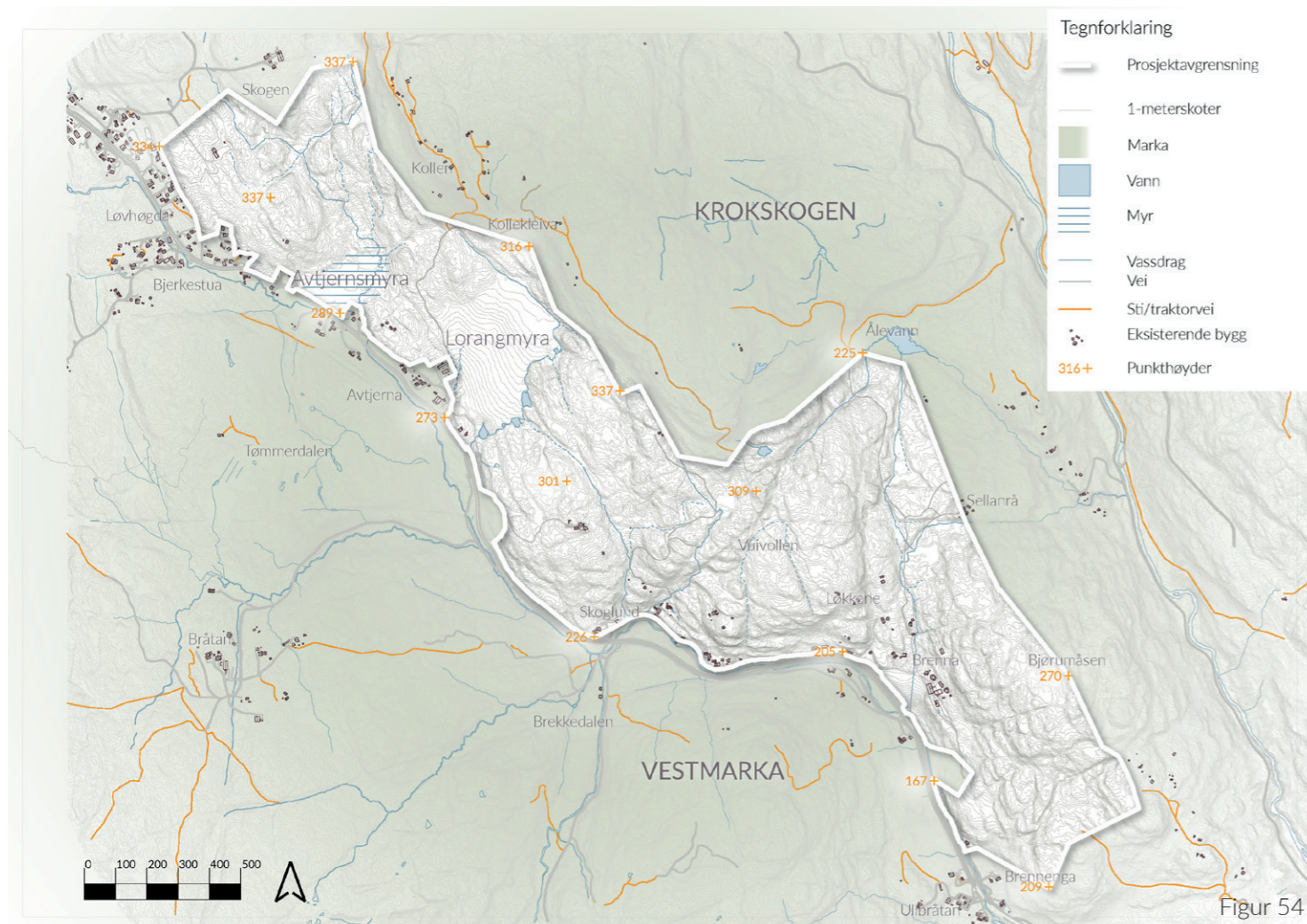


Figur 53: Darius Krause fra Pexels

# Analyse

## Topografi - eksisterende terreng

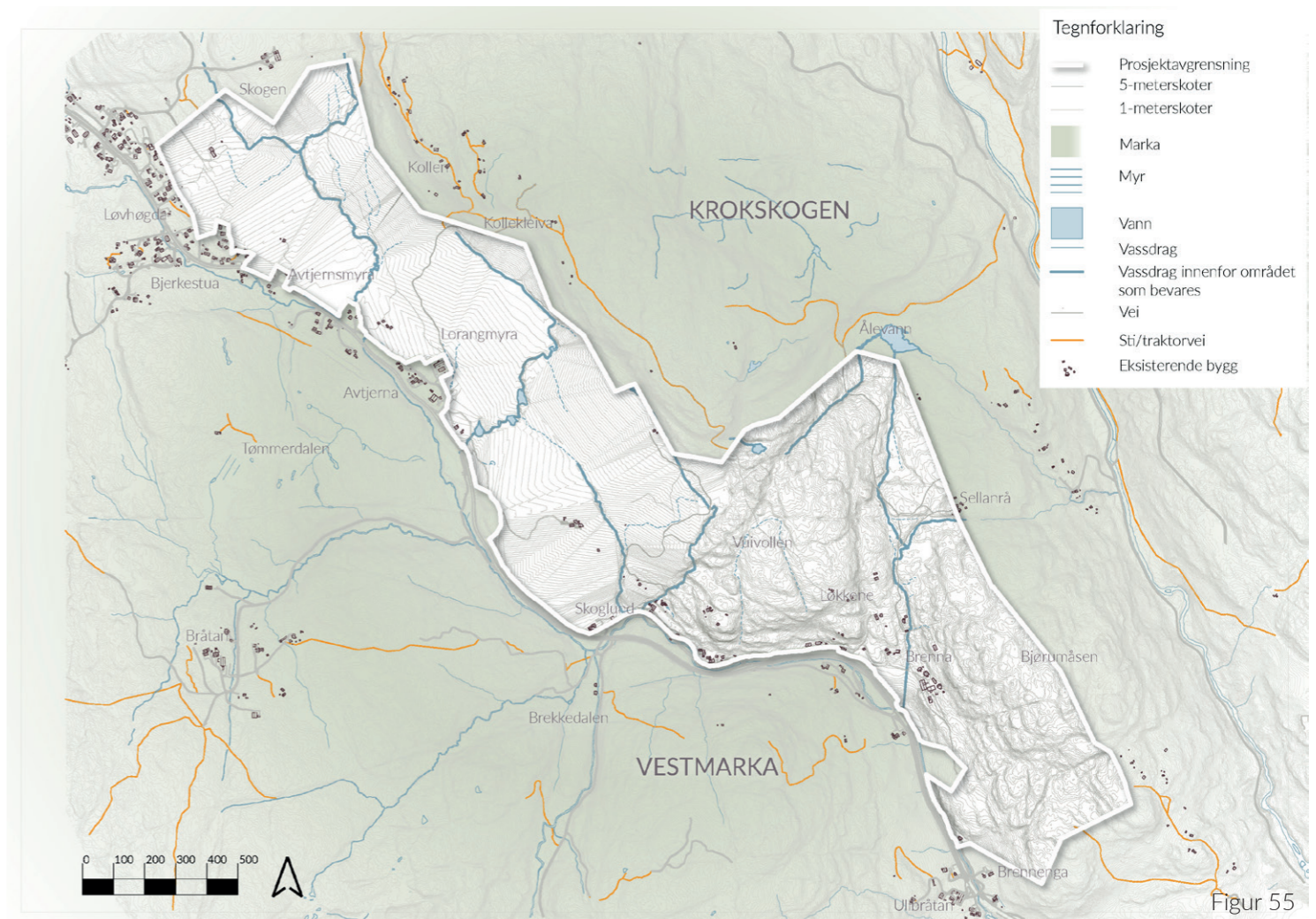
Det eksisterende terrenget er svært kupert i sør, mens det er slakere helninger i nordvest. Innenfor prosjektavgrænsningen er det to steder som er relativt flate. Det ene av disse områdene er Avtjernsmyra, som ligger nord for Avtjerna. Det andre området var opprinnelig en myr, Lorangmyra, som i 2014-2019 ble gjort om til et midlertidig massedeponi etter utbyggingen E16 Sandvika - Wøyen (Statens vegvesen, 2020).



# Hensyn

## Topografi - utjevnet terreng

Som nevnt i foregående delkapittel skal det legges et deponi tilsvarende 3,3 millioner m<sup>3</sup> på cirka halvparten av prosjektavgrænsningen (Bane NOR et al., 2020). Vi har valgt å foreta en utjevning av terrenget basert på de eksisterende kotene som grenser til deponiet og de eksisterende koter til vassdragene som bevares (se underliggende punkt bekker og elver). Dette er gjort for å få et inntrykk av hvordan terrenget kan se ut etter deponiet er på plass, slik at vi har noe å prosjektere etter. Det er viktig å påpeke at dette terrenget er generert ved bruk av programvaren AutoCAD og det fremtidige deponiet er ikke lagt til - da det fortsatt er stor usikkerhet angående mengden masser. Det utjevnete terrenget har flere steder en for bratt helning i forhold til universell utforming TEK17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017), dette må løses med terrengforming.



# Analyse

## Eksisterende vassdrag

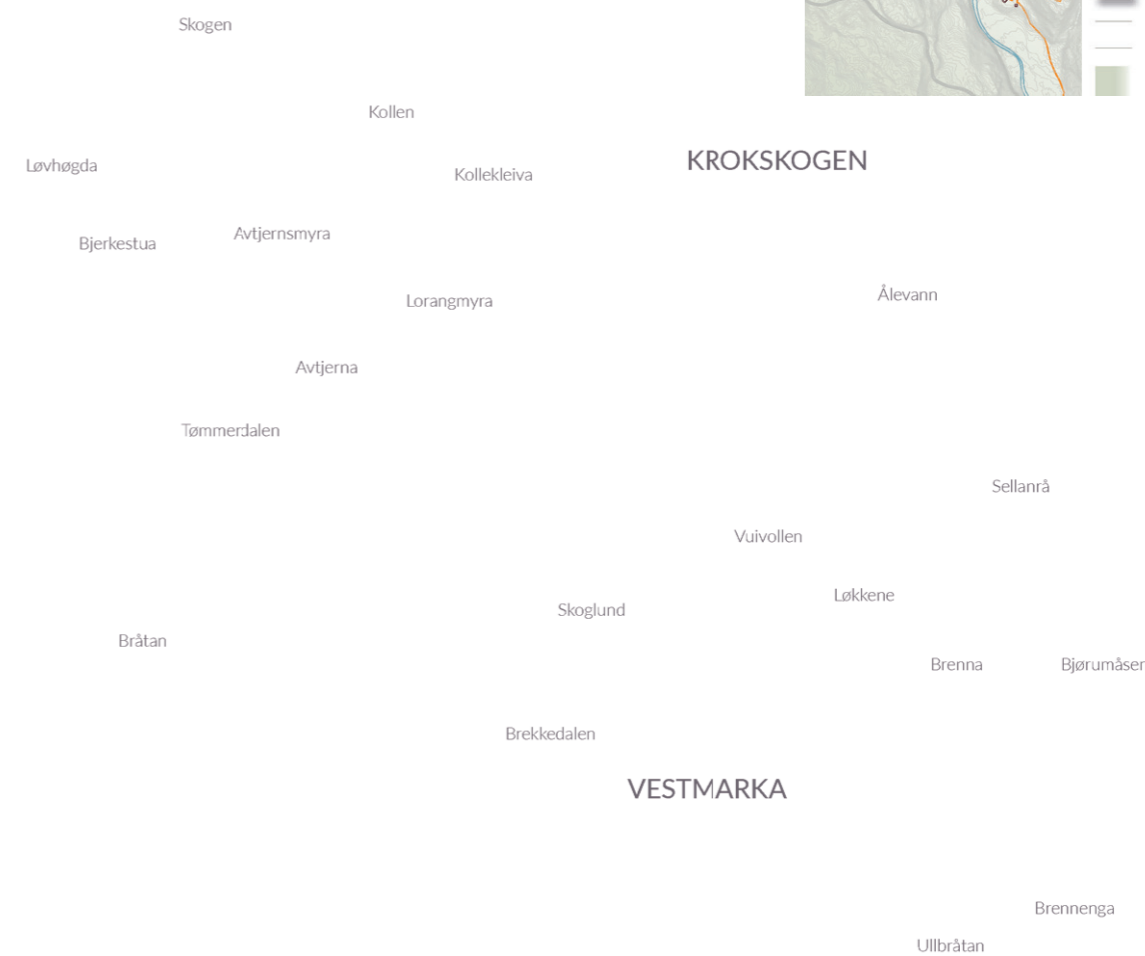
Her er alle vassdragene innenfor prosjektavgrensningen markert i blått. Vi har vurdert enkelte av vassdragene som betydningsfulle og verdifulle vassdrag som bør bevares. I utvelgelsen av hvilke som bør bevares har vi fokusert hva som regnes som hovedelver og sidebekker ifølge Norges energi- og vassdragsdirektorat (2020) samt vurderinger av størrelse og betydning gjort på befaring.

# Hensyn

## Vassdrag som bevares

De utvalgte vassdragene for bevaring er her uthevet, mens de som fjernes innenfor prosjektavgrensningen er stiplet. Da det er store kvantum skog som fjernes forventes det at de bevarte vassdragene vil vokse utover sine eksisterende bredder. Derfor har vi valgt en buffer på minimum 10 meter på hver side av vassdragene. Fordi det er anbefalt av Blankenberg et al. (2017) å blant annet ha en buffer på 10-60 meter av slik at vassdragene har muligheten til å vokse utover sine bredder, sikre økologiske verdier og redusere farten på overflateavrenningen gjennom bufferen. For å hindre en ødeleggelse av vannmiljøet til vassdragene er det viktig at terrenget ikke endres rundt dem, derfor har disse elvene påvirket det genererte terrenget i stor grad. Hele området bør ha lokal overvannshåndtering.

I tillegg så vi på vassdragenes plassering slik at man får omtrent lik avstand mellom de bevarte vassdragene. En slik jevn fordeling vil føre til at beboerne får tilgang til vassdrag i relativ nærhet samtidig som man får muligheten til å etablere en sammenhengende, tett by mellom vassdragene.





# Analyse

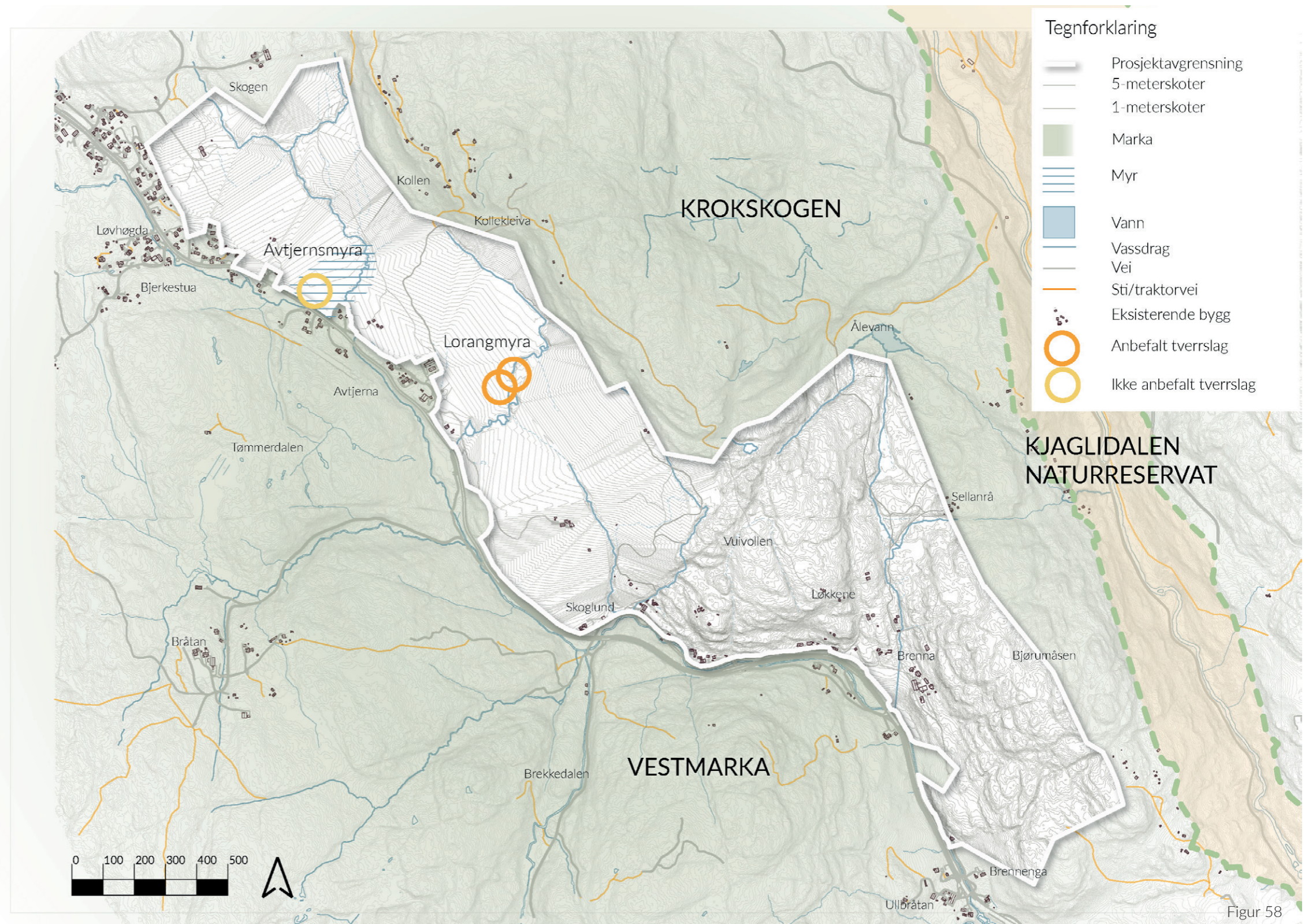
## Tverrslagstunell alternativer

Ifølge Bane NOR & Statens vegvesen (2019b) er tre steder vurdert som plassering av en tverrslagstunell i forbindelse med den fremtidige Ringeriksbanen. Tunnelen skal benyttes både som rømningsvei og for å få ut masser ved bygging av tunnelen (Statens vegvesen & Jernbaneverket, 2009).

Et alternativ for plassering er ved siden av den godt omdannede Avtjernsmyra (se figur 58, lys oransje sirkel), men fylkesmannen anbefaler at denne myren bevares og får en buffer (Kartverket et al., u.å.). De to andre alternativene ligger rett ved siden av hverandre ved det midlertidige massedeponiet Lorangmyra (se mørk oransje sirkler).

Grunnen til at plasseringen av tverrslagstunellen er interessant er på grunn av forslaget om å benytte servicetunellen til den fremtidige Ringeriksbanen som trasé for selvkjørende bussløsninger til Avtjerna. Tverrslagstunellen ville i denne sammenheng kunne bli benyttet som en adkomsttunnel (som nevnt på side 27).

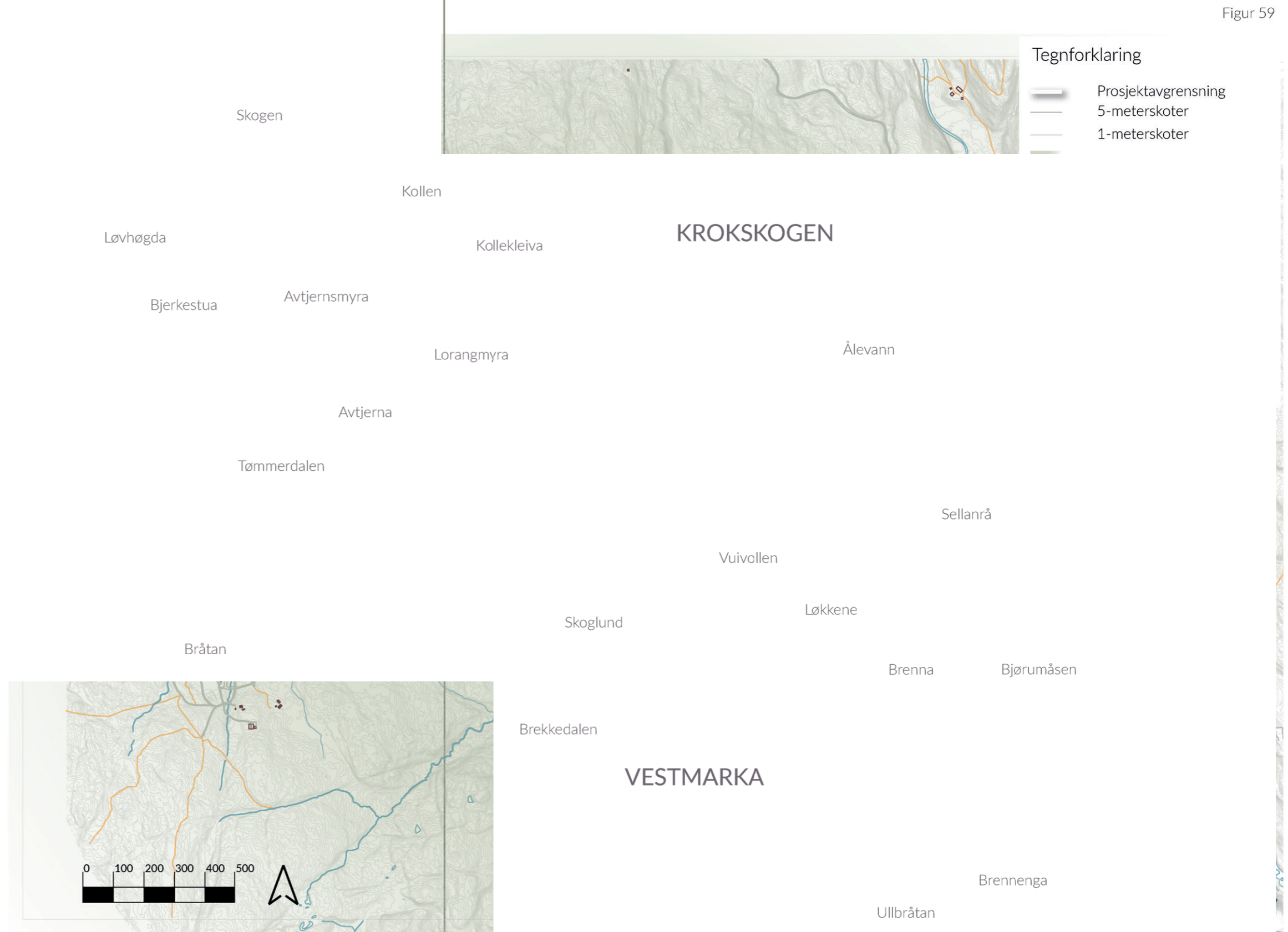
Basert på økologiske hensyn til Avtjernsmyra har vi sett det som mer hensiktsmessig å plassere utløpet atkomsttunnelen på Lorangmyra, da naturen her allerede er forringet. Denne plasseringen er også mer sentralt plassert og dermed bedre egnet som et kollektivt knutepunkt.



# Analyse

## Markagrensen

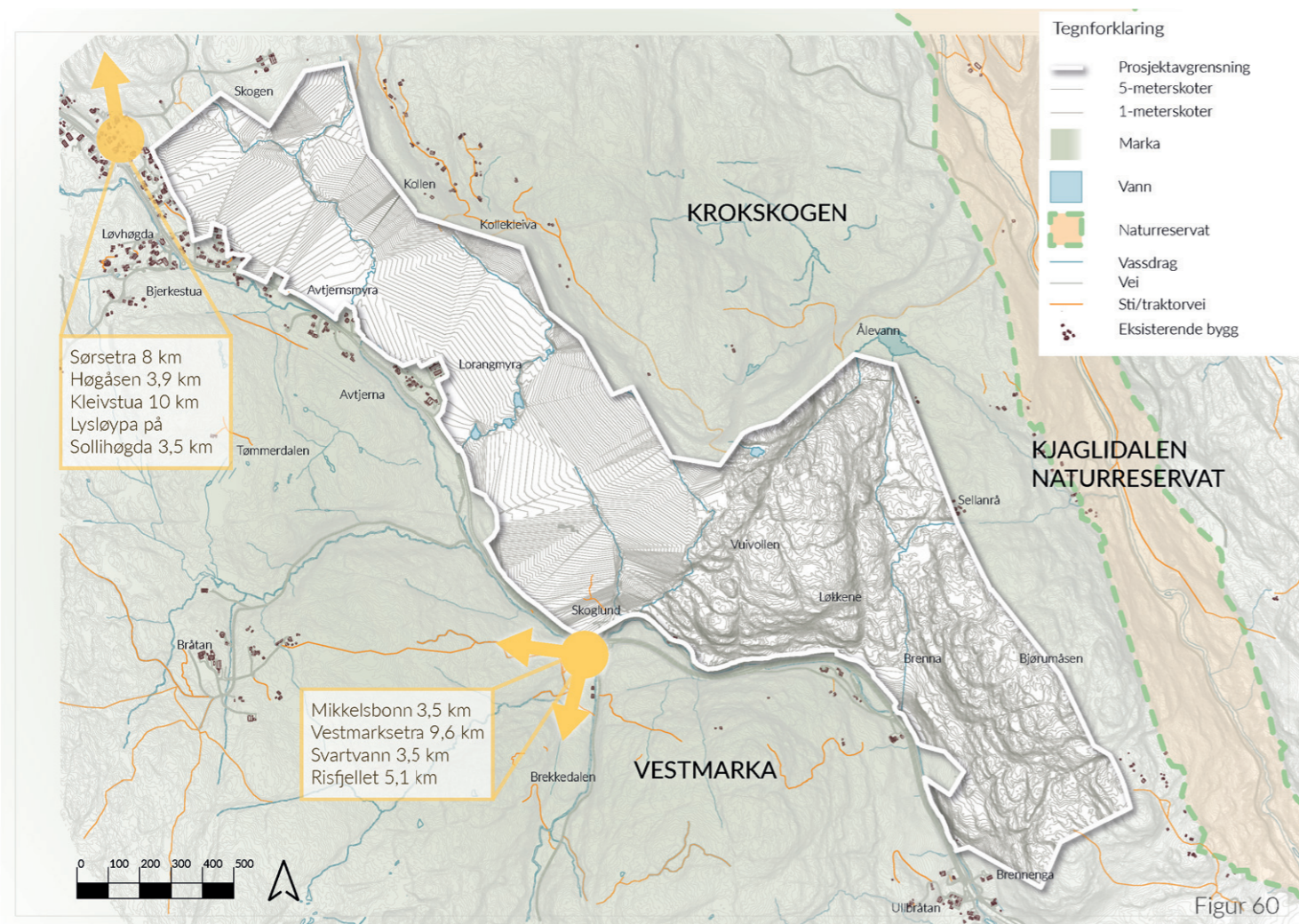
Basert på kommuneplanens arealdel 2017-2035 (Bærum kommune, 2019) ligger Markagrensen i ytterkant av området i nord, mens den ligger på sørsiden av E16 i sør. Som nevnt i forrige delkap har Sollihøgda plussby som visjon å ha 200 mete til marka for alle innbyggerne i byen. Det er vikti understreke at E16 i sør er en barriere i landskap og som det burde gjøres mulig å krysse med bro lignende. Prinsippet om maks avstand på 200 m til en markaportal er derfor førende for plasserin grønnstrukturen gjennom byen.



# Analyse

## Eksisterende turnett

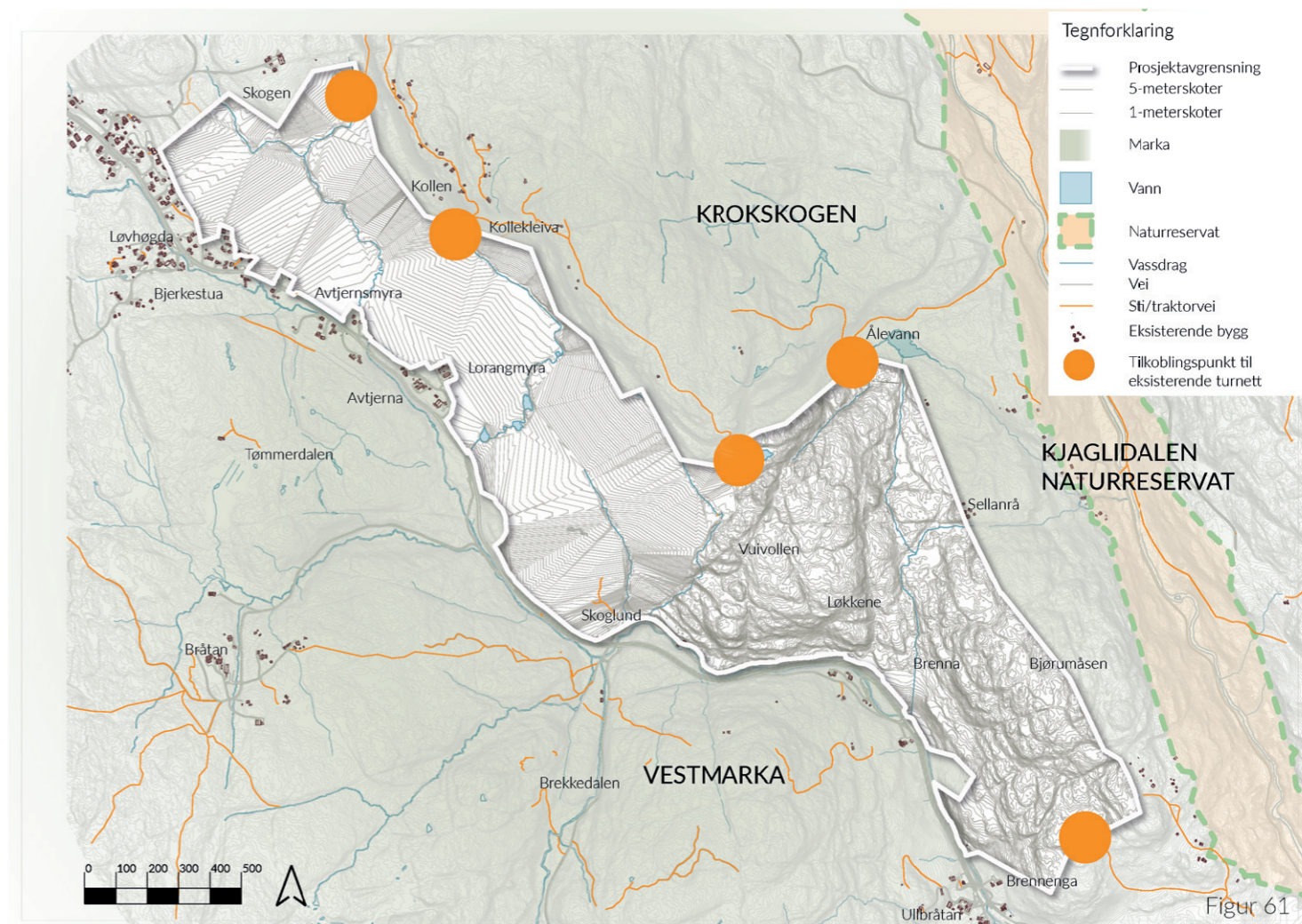
Ifølge Den Norske Turistforening (2019) er Avtjerna et attraktivt utgangspunkt for turer på ski og til fots. Herfra kan man enten gå nordover inn i Krokskogen, eller sørover inn i Vestmarka (Skiforeningen, u.å.). Basert på Strava (2020) går mange på tur med Sollihøgda eller Skoglund som utgangspunkt. Etter at byen er etablert vil turstiene langs områdeavgrensningen i nord mest sannsynlig bli mer brukt, da flere folk bor i nærheten.



# Hensyn

## Turnett å koble grønnstrukturen på

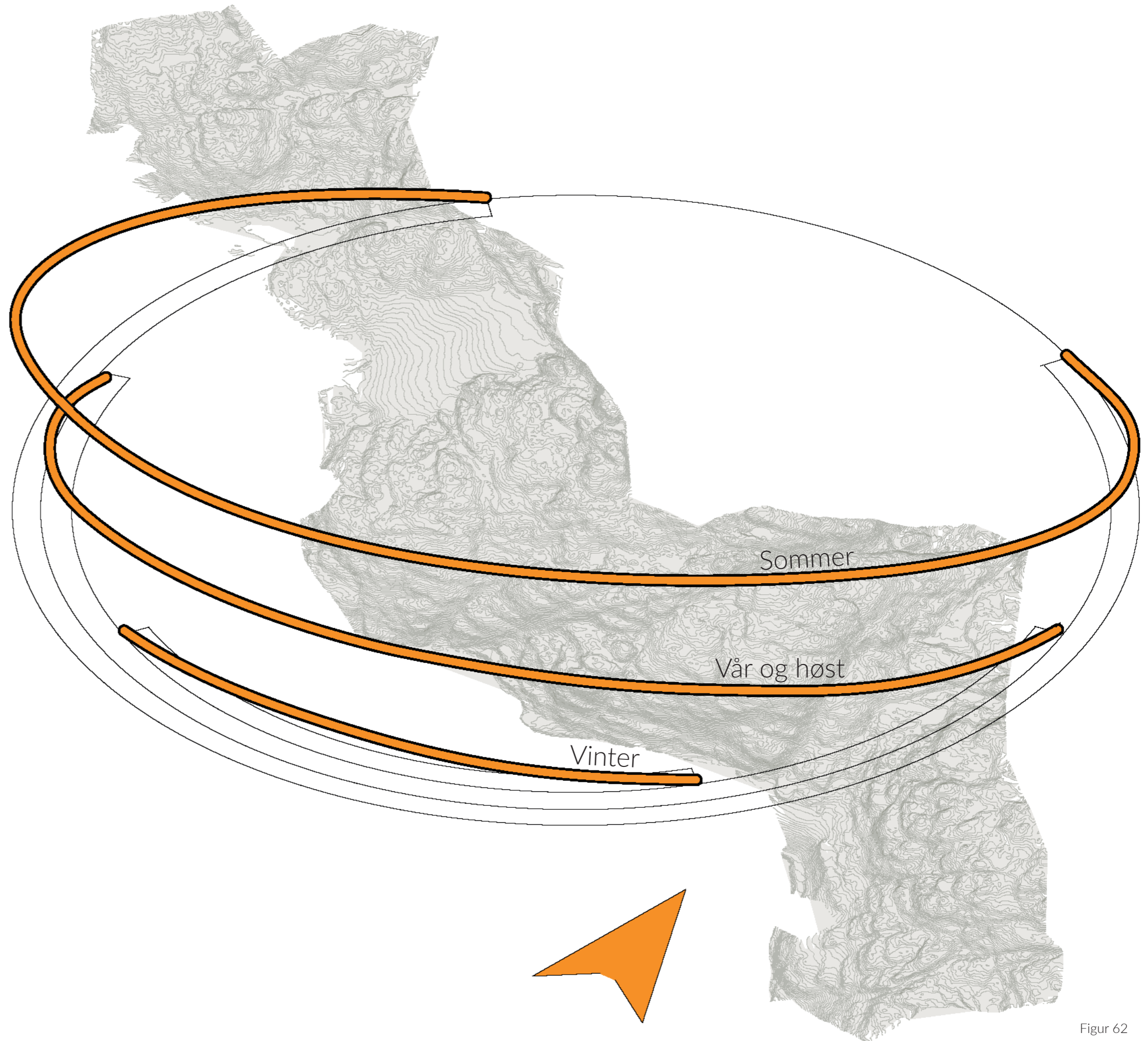
Vi ønsker å koble grønnstrukturen innenfor prosjektområdet på det eksisterende turnettet for å på denne måten skape enkel adkomst til marka gjennom en markaportal. Derfor har vi filtrert ut de eksisterende turstiene som er spesielt relevant å koble grønnstrukturen på slik at turen kan starte allerede i byen. Spesielt stien ved Ålevann vil bli viktig, da den kobles inn mot naturreservatet Kjaglidalen som har en helt spesiell geologisk sammensetning og variert edelløvsskog (Forskrift om vern av Djupdalen og Kjaglidalen naturreservat, 2015; Ryvardenn, 2014).



# Analyse

## Solforhold

Solforholdene på stedet er relativt gode da den generelle helningen er mot sørvest. Basert på Hoffmann (2020) har vi laget en solanalyse som viser hvor solen står opp ved vintersolverv (korteste), vår- og høstjevndøgn (midten) og sommerjevndøgn (øverst) se figur 62. Vi har også sett på hvordan solens vinkel vil påvirke slagskyggen til et bygg på 5 meter plassert på Avtjerna forskjellig gjennom året. Slagskyggen om vinteren strekker seg hele 40 meter på en horisontal linje, mens den om sommeren kun er 4 meter.



Figur 62

# Analyse

## Vindforhold

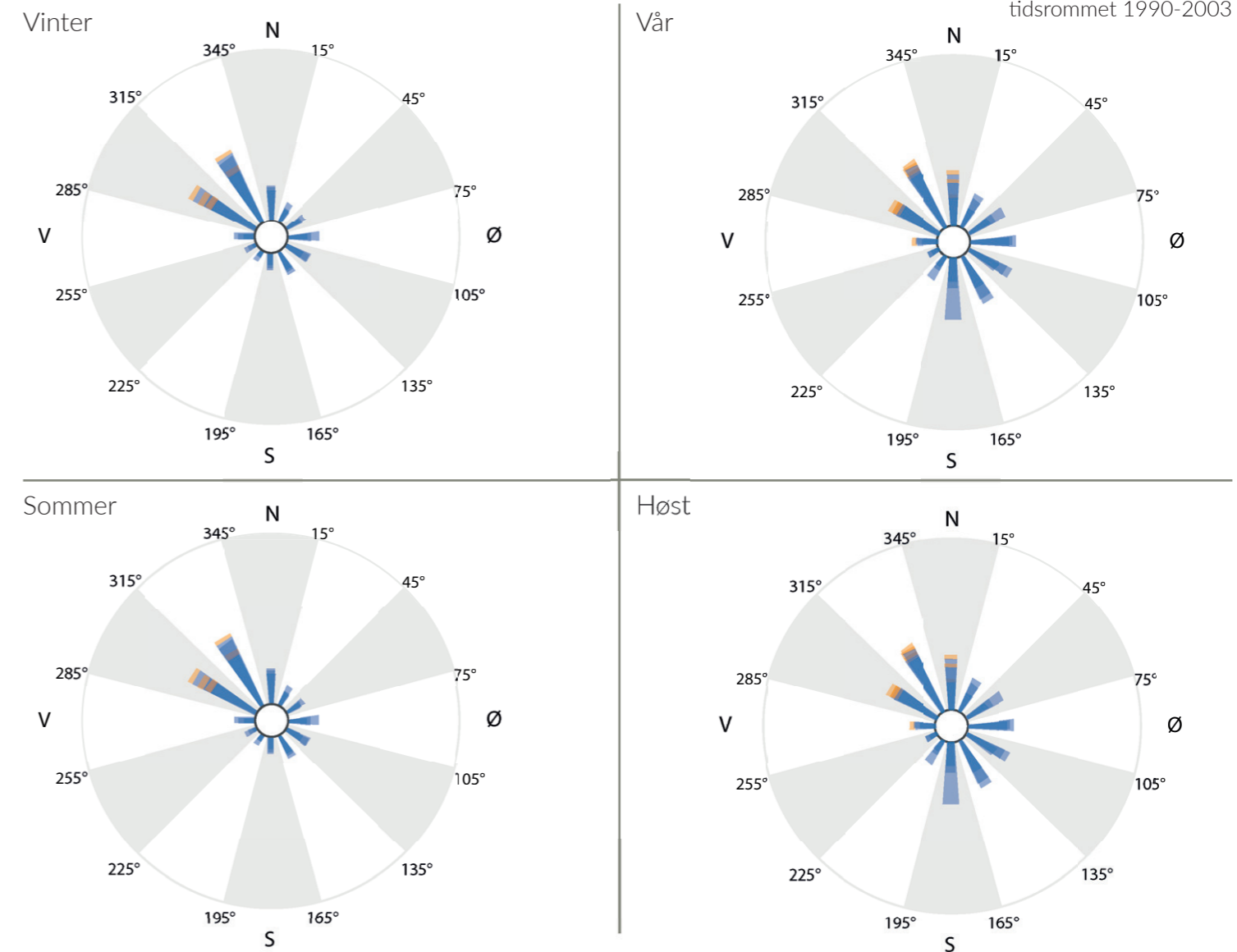
For å finne ut av vindens hovedretning, hyppighet og styrke på Avtjerna har vi brukt Meteorologisk institutts vær- og klimadata, Eklima, (Meteorologisk institutt, u.å.) og Norsk klimaservicesenter, seklima (Norsk klimaservicesenter, u.å.). Via nettsiden eKlima fikk vi generert vindroser fra Dønski værstasjon for perioden 1990-2003. Dataene stopper i 2003 ettersom den da ble lagt ned. Denne værstasjonen ligger 10 km i luftlinje nærmere Oslofjorden og hele 237 meter lavere enn Avtjerna. Til tross for usikkerheten knyttet til overførbareheten fra Dønski til Avtjerna bestemte vi oss for å benytte oss av data fra denne værstasjonen da dette var de beste dataene vi fant. Det vil derfor være noe usikkerhet rundt hvor hovedvindretningene egentlig kommer fra og hvor kraftig vinden ved Avtjerna egentlig er (Norsk klimaservicesenter, u.å.).

Vi har også fått generert vindroser fra Statens vegvesen sin værstasjon på Sollihøgda fra årene 2015 og 2019 via nettsiden seklima. Vi bestemte oss for å kun benytte dataene fra Dønski værstasjon, da værstasjonen på Sollihøgda har for mange feilkilder. Disse er blant annet plassering nær forstyrrende

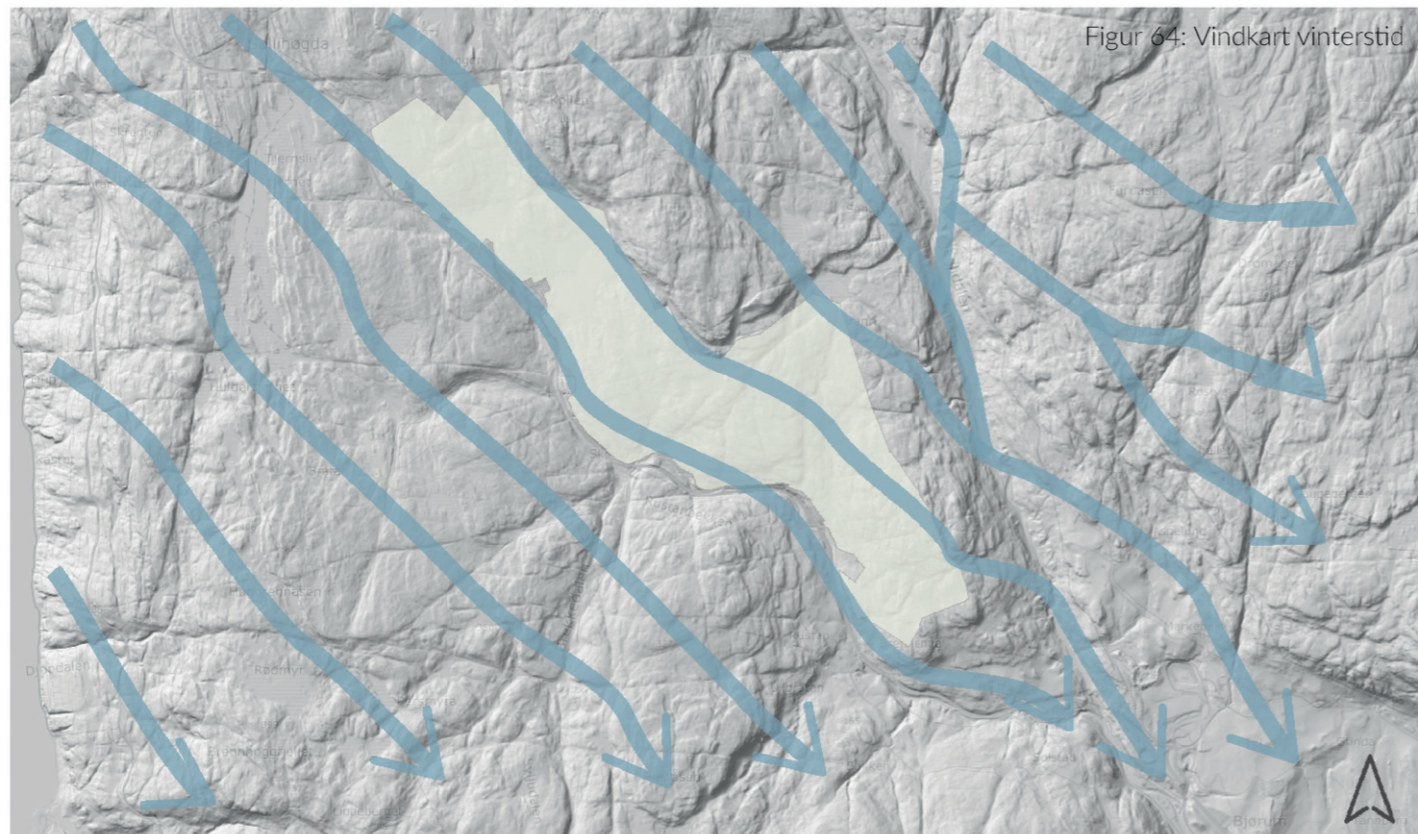
elementer, har målinger over et kortere tidsrom, plassert mer utsatt for pålandsvind fra Tyrifjorden og er mindre lik prosjektområdet som ligger beskyttet i en dal, samt at det var ekstremt tidkrevende å hente ut denne informasjonen da dataene viste hovedvindretning for hvert tiende minutt.

Basert på vindrosene fra Dønski slo vi sammen 3 og 3 måneder for å få et inntrykk av hvordan vindforholdene var for hver årstid. Dette gjorde det enklere å kunne gjøre noen sluttninger og hente ut informasjon som vi kunne ta med videre i prosjekteringen. Med utgangspunkt i vindrosene, kunnskap om terrenget og muntlig resonnement fra førsteamanuensis ved NMBU og forsker ved Meteorologisk institutt Mareille Astrid Wolff, har vi gjort en antakelse for vindens bevegelser og laget et vindkart for prosjektområdet (se figur 64 og 65). Om sommeren kommer vinden hovedsakelig fra sør-sørvest. Om vinteren kommer vinden hovedsakelig fra nordvest. I tillegg er det oftere vindstille om vinteren, men vinden er sterkere.

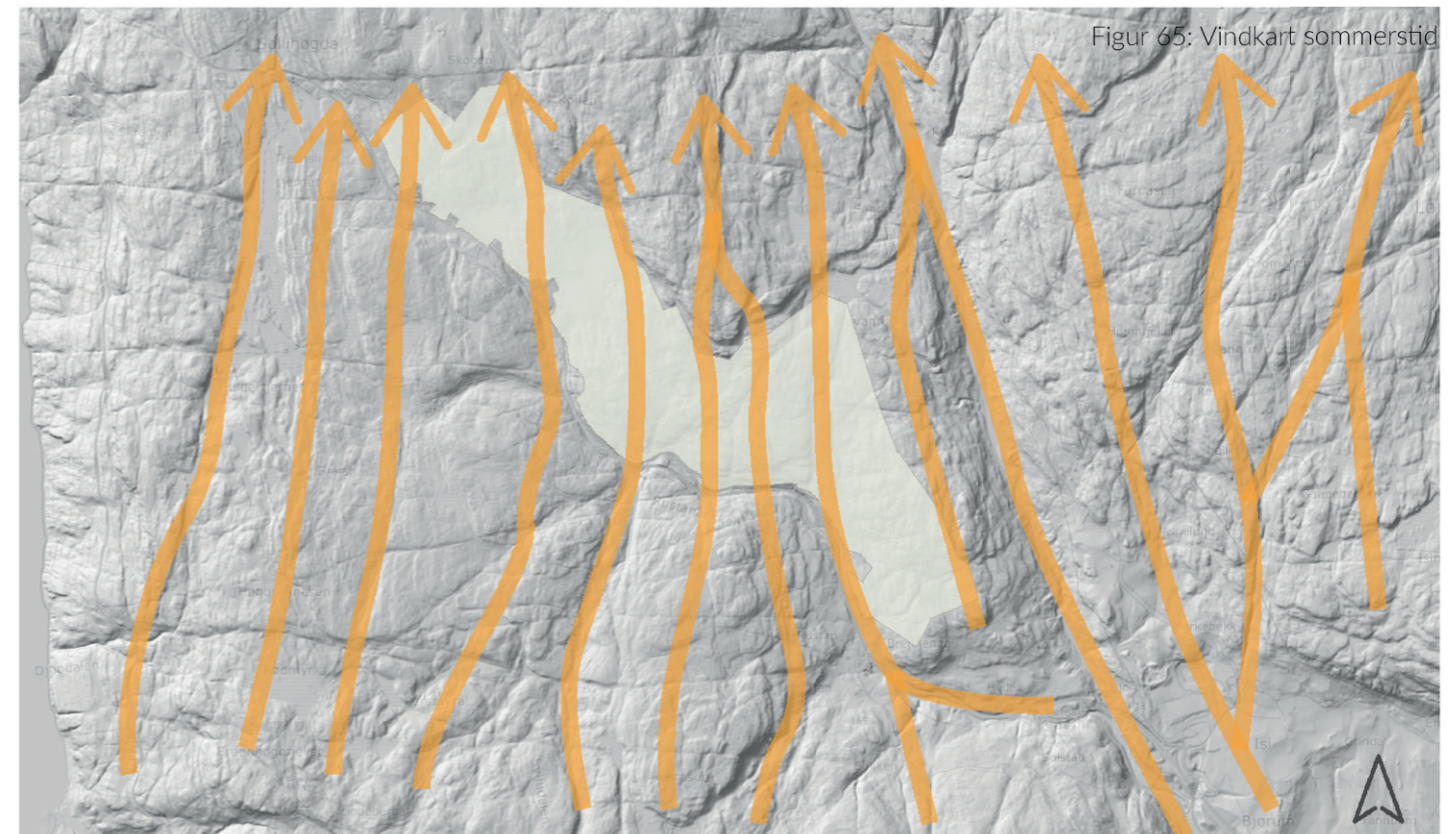
Figur 63: Vindrose fra Dønski værstasjon i tidsrommet 1990-2003



Figur 64: Vindkart vinterstid



Figur 65: Vindkart sommerstid



## 4.3 Prosjektering

I dette kapitlet tester vi hvordan premissene kan anvendes i et urbant prosjekteksempel ved å gjennomføre en prosjektering. Vi valgte å presentere prosjekteringen ved å vise prosessene vi har vært gjennom som er relevant for tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon. Dette fordi vi ønsker at man i senere prosjekter skal kunne bruke prosjekteringskapitlet som utgangspunkt og inspirasjon for hvordan å anvende premisslisten. Vi viser tydelig dilemmaene vi har stått ovenfor, og begrunner valgene og avveiningene vi har gjort underveis, slik at man forstår argumentasjonsrekken. I tillegg håper vi at denne prosjekteringen kan brukes i videreutviklingen av Sollihøgda plussby prosjektet.

Premissene vi kom frem til tar utelukkende hensyn til hva som vil være det optimale for å tilrettelegge for urban energiproduksjon og et komfortabelt byklima. Da vi skulle benytte disse premissene i prosjekteringen var det viktig å huske på at dette bare er to av mange faktorer som påvirker planleggingen for en bærekraftig by, og at det vil oppstå andre betraktninger som er viktigere (Oke et al., 2017). Premissene er derfor ikke benyttet som regler, men som en veiledning. Prosjekteringen er i tillegg til premisslisten, basert på hensynene fra analysene og prinsipper fra Sollihøgda plussby prosjektet. For enkelthets skyld forklarer vi de enkelte avveiningene underveis i prosessen. Etter fem år ved NMBU på landskapsarkitektstudiet med problem- og prosjektbasert læring har vi tilegnet oss en rekke kunnskap og kompetanse som vi også benytter i denne prosjekteringsdelen. Hver gang det ikke er premissene fra litteraturkapitlet, hensynene fra analysen eller prinsippene til Sollihøgda plussby som er utgangspunktet for prosjekteringen er det denne kunnskapen vi baserer valgene på. Gjennom prosjekteringen vil denne kunnskapen og disse valgene være godt begrunnet.

Det er særlig tre hovedfokus som er hentet fra studiene vi har hatt gjennom hele prosjekteringen. Det er å bygge tett og variert samt å tilpasse bystrukturen til topografien, uten å gå på kompromiss med gode, komfortable uterom. I urbane områder tilstrebes en høy tetthet. Dette for å unngå at byene sprer seg i areal og dermed foringer verdifull natur (Oke et al., 2017). Variasjon er et viktig poeng ifølge Oke et al. (2017), slik at man tilrettelegger byen for en variert målgruppe. Fordelen med dette er at man har boliger som passer for forskjellige livssituasjoner og prisklasser. Variasjon er spesielt relevant i forhold til tilpasning til et komfortabelt byklima, da ikke alle har samme preferanse om hva som er komfortabelt. Brukerne av stedet selv kan velge å oppholde seg der de finner det komfortabelt hvis byen er variert. Mens tilpasning til topografien er viktig fordi man ønsker en by uten bratte gater som er tilpasset alle brukergrupper (Lund & Lid, 2005). Derfor må det ifølge Lund & Lid (2005) vurderes tidlig i prosessen hvordan man kan ivareta hensynet om tilgjengelighet med utgangspunkt i stedets terreng. Dette vil si at man skal unngå hovedadkomster brattere enn 1:15 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

### Prosjekteringen er basert på:

- Kunnskapsgrunnlag tilegnet gjennom fem år på landskapsarkitekturstudiet ved fakultet for landskap og samfunn, NMBU
- Premisslisten (se side 19 til 25)
- Hensyn fra analysene (se side 28 til 35)
- Prinsipper hentet fra Sollihøgda plussby prosjektet (se side 26-27) (COWI & Avtjerna Grunneierforening, u.å.)



Figur 66

Figur 67: Prosjekteringsprosessen har hatt en fri flyt mellom skalaene

## Prosessen fra premisser og hensyn til prosjektering og design

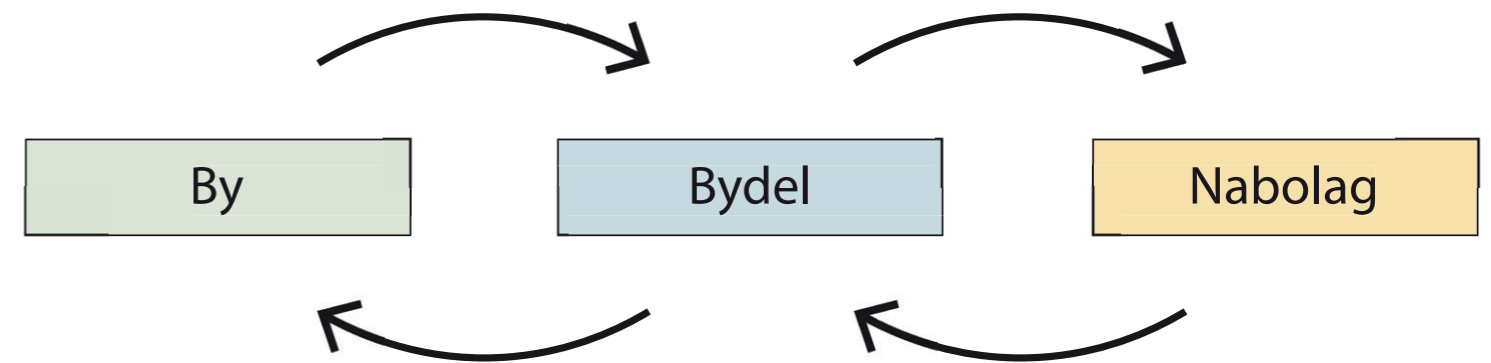
Ettersom premissene er anvendbare på forskjellige skalaer har vi valgt å dele prosjekteringsdelen inn i 3 skalaer. Disse skalaene har følgende målestokk; 1:10 000 i A3 (by), 1: 2500 i A3 (bydel) og 1:1000 i A3 (nabolag). På hver skala har vi arbeidet med et eller flere tema og benyttet premisser knyttet til temaene. På byskala har vi hovedsakelig sett på plassering av grønnstruktur, boulevard og nabolagssenter, på bydelskala så vi på utforming av en veileder for plassering av gatenettet og på nabolagskala på plassering av bygg, vegetasjon, sol- og vindenergi produksjon, se tabell til høyre. Snitt komplimenterer enkelte temaer og skalaer for å gi et innblikk i anvendelsen av premisser som synes best i snitt.

Gjennom prosjekteringen har vi ofte arbeidet med flere skalaer samtidig, se figur 67. Arbeid med et nytt tema på en større skala fikk oss ofte til å innse forbedringspotensialet på foregående skala, som førte til en revidering av resultatene.

Ettersom noen av premissene og hensynene er i konflikt med hverandre gjorde vi noen valg eller inngikk noen kompromisser basert på hvilke hensyn vi mente var viktigst å prioritere i det enkelte tilfellet. Det var viktig for oss å vise denne prosessen, for å få frem anvendelsen av premissene, argumentasjonsrekken og begrunne valgene vi tok. Gjennom prosessen kom vi frem til et resultat på hvert nivå som kommer til uttrykk gjennom et resultatkart. Dette resultatet følger med til neste skala og ligger som en del av grunnlaget for prosjekteringen. Andre avveininger og en annen fremgangsmåte enn den vi brukte vil kunne føre til et annet resultat, men som Oke et al. (2017) sier er det ingen design som kan skape fullstendig komfortable steder.

*“There is no best design that meets all climate objectives.”*

(Oke et al., 2017, side 415)



SKALA	TEMA	MÅLESTOKK I A3
By	Grønnstruktur, nabolagssenter og boulevard	1:10 000
Bydel	Veileder for gatenettet	1:10 000
Nabolag	Bygg, vegetasjon, sol- og vindenergi produksjon	1:1000

## 4.3.1 Byskala

### Premisser og hensyn for plassering av grønnstruktur

Utformingen av grønnstrukturen er basert på to premisser fra litteraturkapittelet og to hensyn fra analysen. De to fra litteraturen er koblet mot vindforhold, der man ønsker en skjerming mot vintervinden og innslipp av sommerventilasjonen (premiss 21, side 23). Fra analysedelen har vi brukt hensynet om å koble grønnstrukturen på turstiene i tillegg til de utvalgte vassdragene vi ønsker å beholde i området.

I prosessen og vurderingen av alternative løsninger (etterfølgende) har vi brukt ikoner for å vise hvilke premisser og hensyn som blir oppnådd i de forskjellige alternativene.

#### Ikonbruk

**Bekker og elver:** Ikonet til høyre viser at alternativet har grønnstruktur langs med de vassdragene vi valgte å bevare på side 30.



#### Turstier:

Ikonet viser at alternativet har grønnstruktur som kobles på de utvalgte tilkoblingspunktene for turstier spesifisert på side 32 og dermed fungerer som en markaportal.



#### Innslipp av sommerventilasjon:

Innslipp av sommerventilasjon: Ikonet betyr at alternativet har grønnstruktur i nordsørlig retning. Å etablere relativt åpen grønnstruktur som går parallelt med hovedvindretningen om sommeren, sør-nord, vil bidra til å slippe mer ventilerende vind inn i byen. Dette vil kjøle ned byen på sommeren, i tillegg til at det vil fjerne eventuell forurensning (premiss 21)

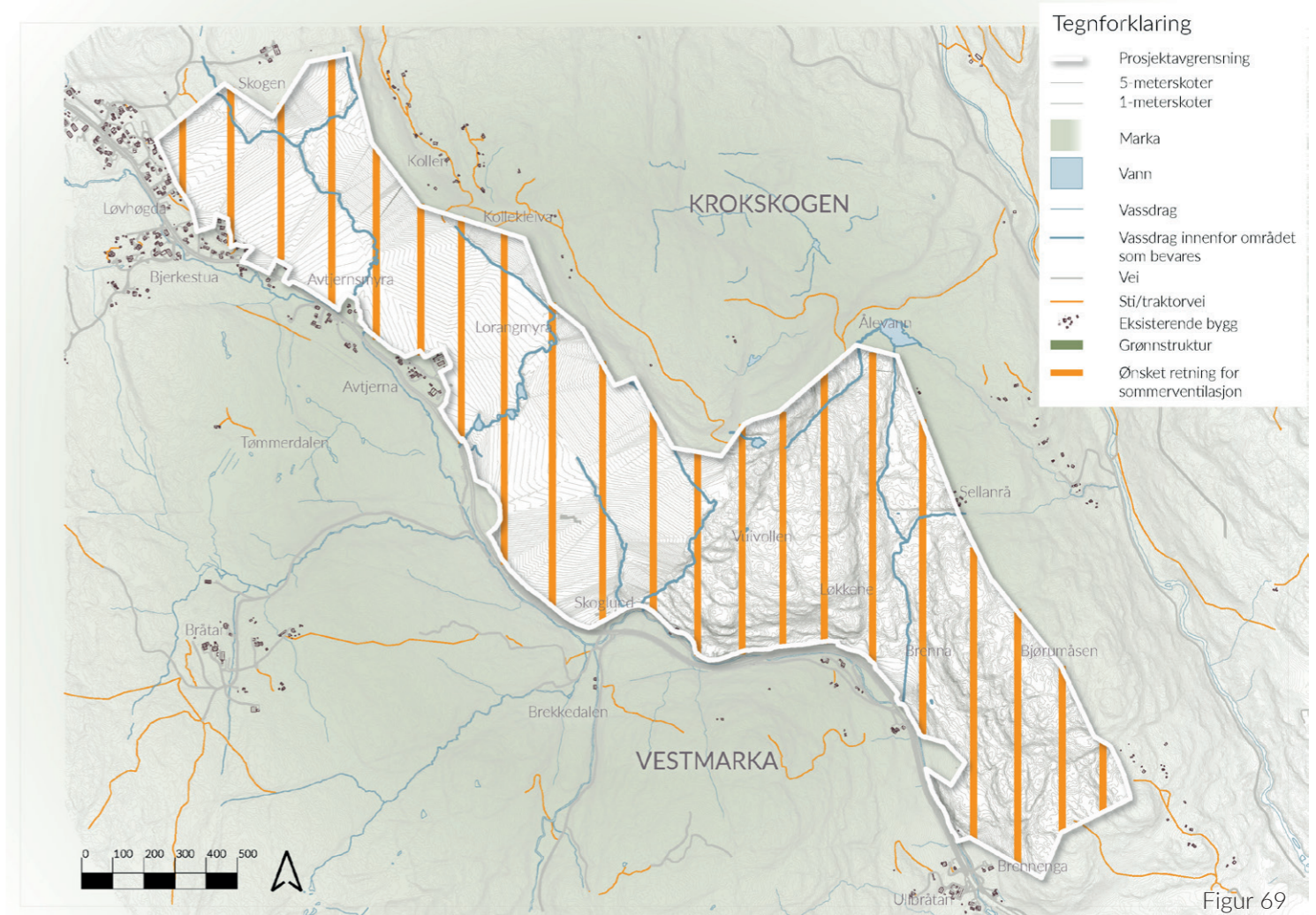
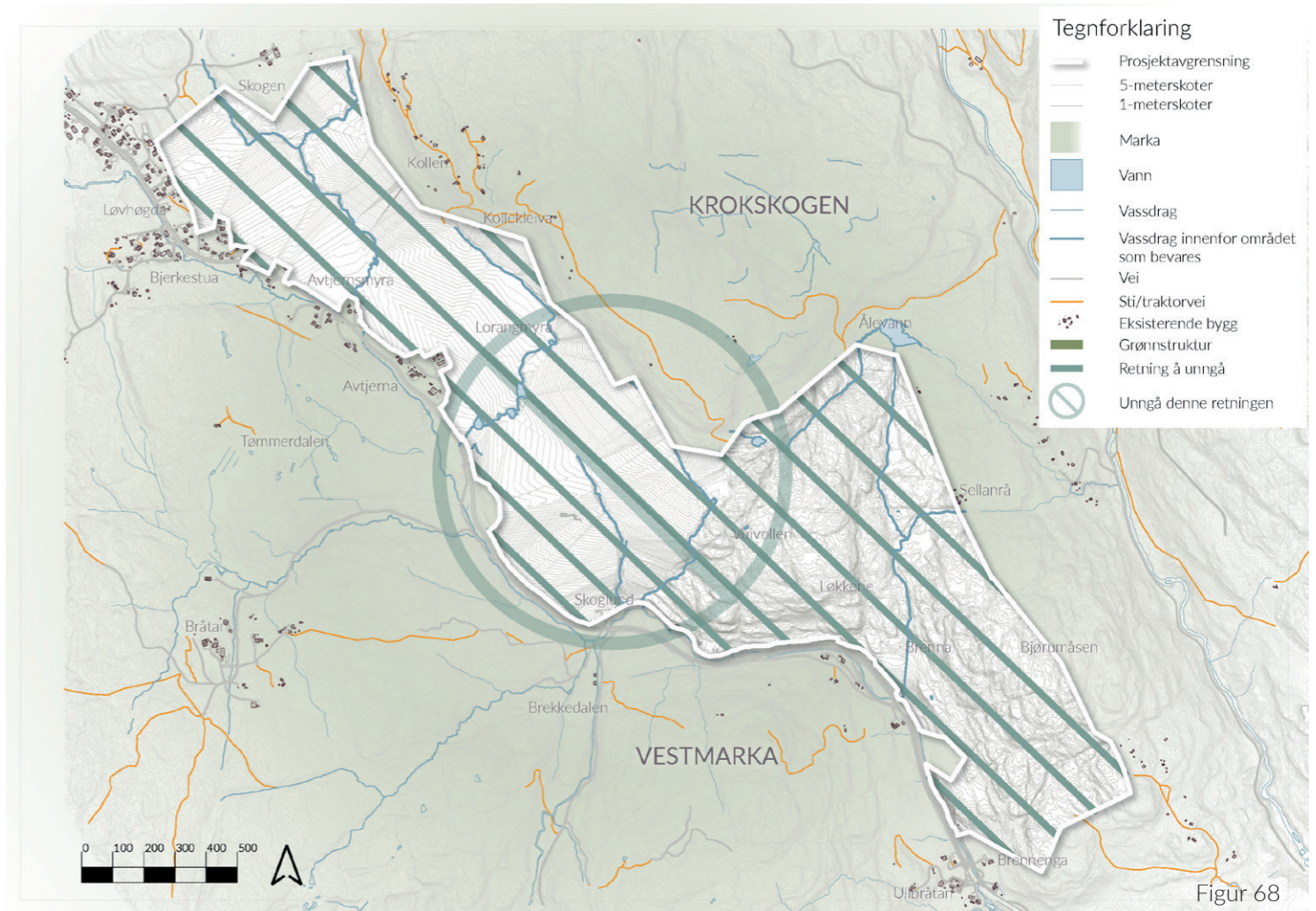


#### Skjerming fra vintervind:

Dette ikonet viser at alternativets grønnstruktur ikke går parallelt med hovedvindretningen på vinterstid. Ved å unngå denne retningen blir det mindre kald og ubehagelig vind i grønnstrukturen. Som vi kommer til å se eksempler på senere i oppgaven har vi tiltak som kan kompensere dersom en mot formodning blir nødt til plassere grønnstrukturen i denne retningen (premiss 12).



I tillegg til disse premissene har vi valgt å legge til rette for at grønnstrukturen skal være sammenhengende og kobles mot marka slik at mennesker og dyr kan bevege seg fritt innenfor disse strukturene. Dette er positivt for det økologiske nettverket. På denne måten kan området beholde noen av de samme økologiske funksjonene som er på området i dag samt skape rekreasjonelle forbindelser gjennom stedet. Ettersom de fleste utprøvingene oppfyller kravet om maksimum 200 m til grønnstruktur har vi valgt å ikke illustrere dette gjennom ikonbruk.





# Utprøving

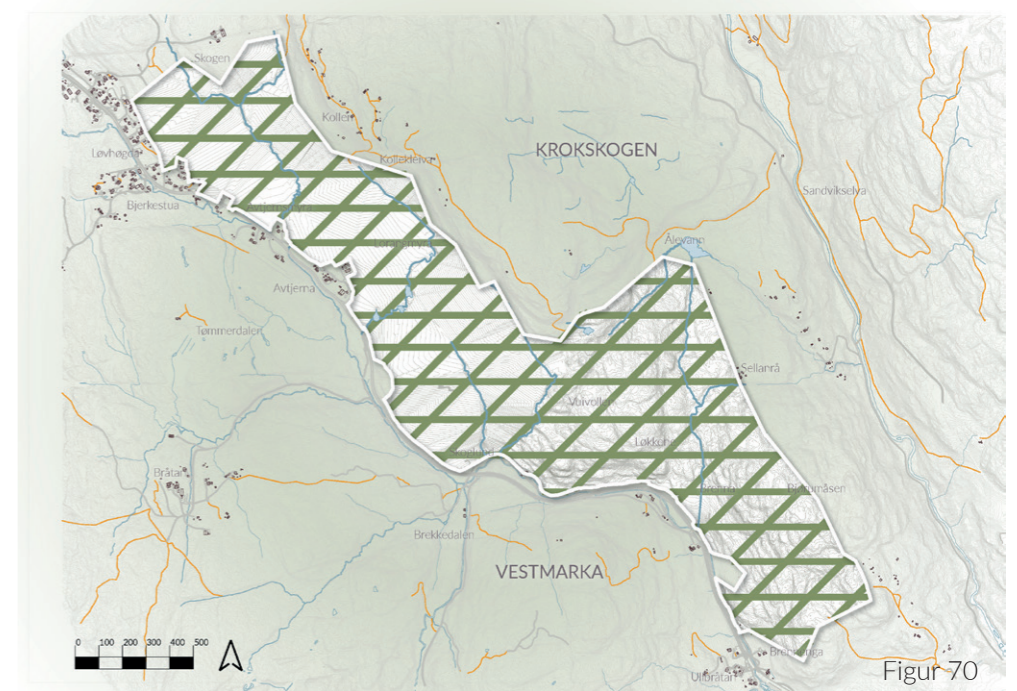
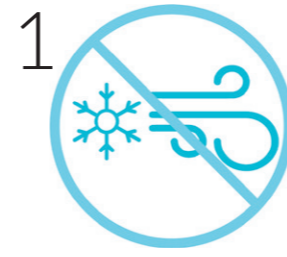
Premissene og hensynene fra forrige side ble benyttet som et grunnlag for videre utprøving for å komme frem til forskjellige forslag til grønnstruktur på Avtjerna. Noen av forslagene tar kun hensyn til enkelte av premissene og hensynene, mens andre tar hensyn til flere, dette er illustrert gjennom bruk av ikonene forklart på forrige side.

## Alternativ 1 - 3

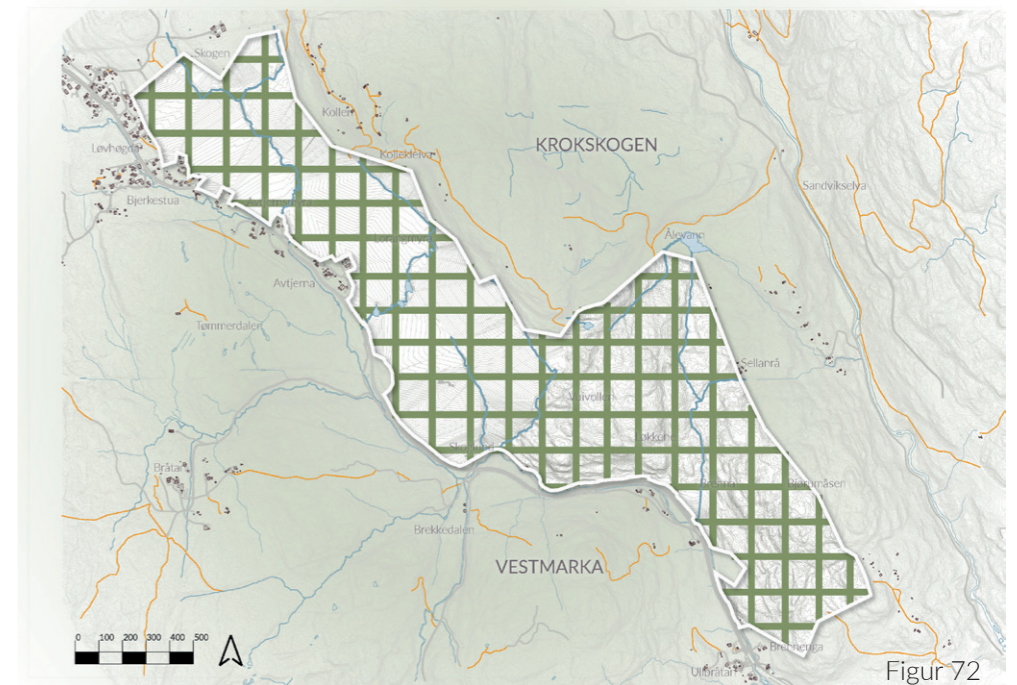
For å komme i gang med prosjekteringen startet vi helt enkelt utprøvingen med rette linjer basert på vindpremisset om skjerming mot nordvestlig vind. Vi testet forskjellige alternative retninger, men passet på å unngå hovedvindretningen om vinteren. Vi endte da opp med horisontale linjer som går fra vest til øst, diagonale linjer fra sør-vest mot nord-øst og lodrette linjer nord-sør. Av disse alternativene er det 2 og 3 som er best fordi de har grønnstruktur som går sør-nord som slipper inn ventilerende sommervind. Alle disse forslagene førte til et rutenett av grønnstrukturen som var dårlig tilpasset stedets topografi, eksisterende bekker og turnett.

### Tegnforklaring

-  Prosjektavgrensning
-  5-meterskoter
-  1-meterskoter
-  Marka
-  Vann
-  Vassdrag
-  Vassdrag innenfor området som bevares
-  Vei
-  Sti/traktorvei
-  Eksisterende bygg
-  Grønnstruktur

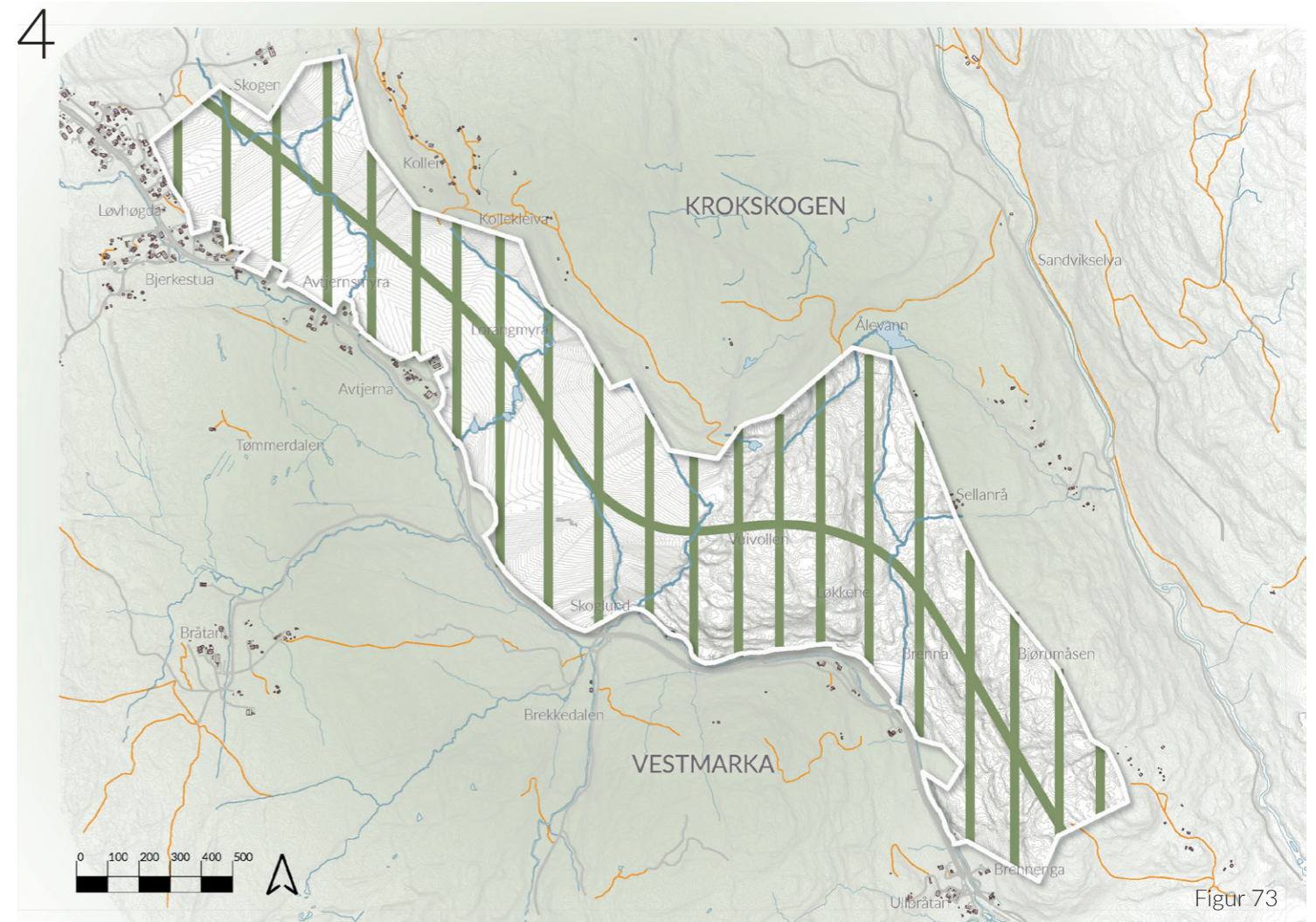


3



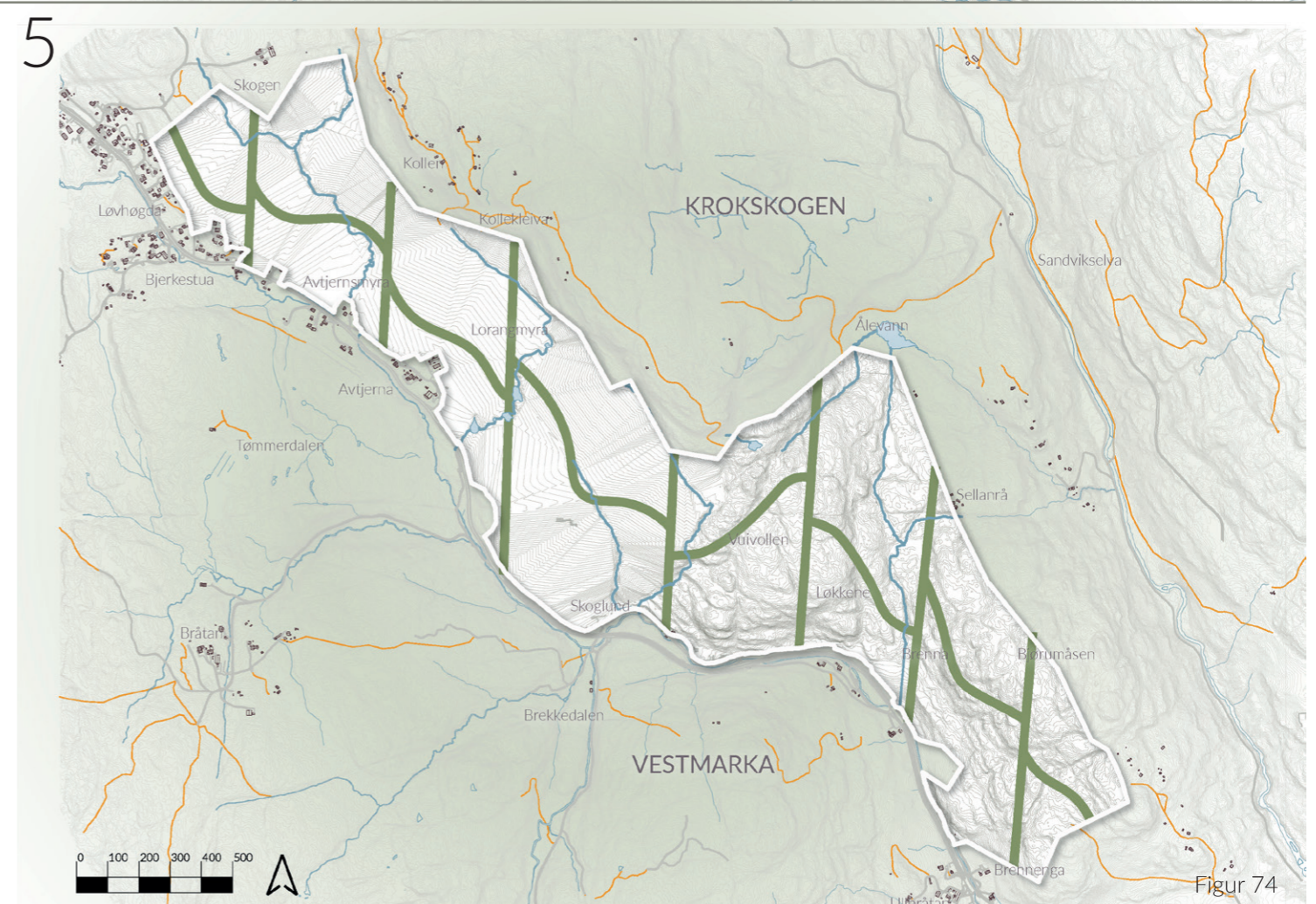
## Alternativ 4 - 5

De to neste alternativene er en kombinasjon mer organiske former og rette linjer, slik som de foregående alternativene. Dette for å unngå rutenett ettersom det kan bli ensformig og ubeleilig, i et kupert landskap. Ettersom den nordsørlige grønnstrukturen er viktig for å kjøle ned byen om sommeren har vi valgt å beholde denne strukturen. For å ta mer hensyn til topografien og skape en sammenhengende grønnstruktur som går gjennom hele området har vi i alternativ 4 laget et grønt belte som går fra nordvest til sørøst. Denne sammenhengende grønnstrukturen beveger seg dessverre parallelt med hovedvindretning vinterstid. For å unngå at mye kjølig vintervind kommer inn i byen har vi i alternativ 5 tegnet smalere og mindre rette grønne årer som brytes opp. Ulempen med 5 er at det er lite forgreininger og at det noen steder vil være langt til nærmeste grønne korridor. I tillegg er de rette linjene nord-sør lite tilpasset topografien, bekkene som skal bevares og koblingspunktene for turstier.



### Tegnforklaring

- Prosjektavgrensning
- 5-meterskoter
- 1-meterskoter
- Marka
- Vann
- Vassdrag
- Vassdrag innenfor området som bevares
- Vei
- Sti/traktorvei
- Eksisterende bygg
- Grønnstruktur

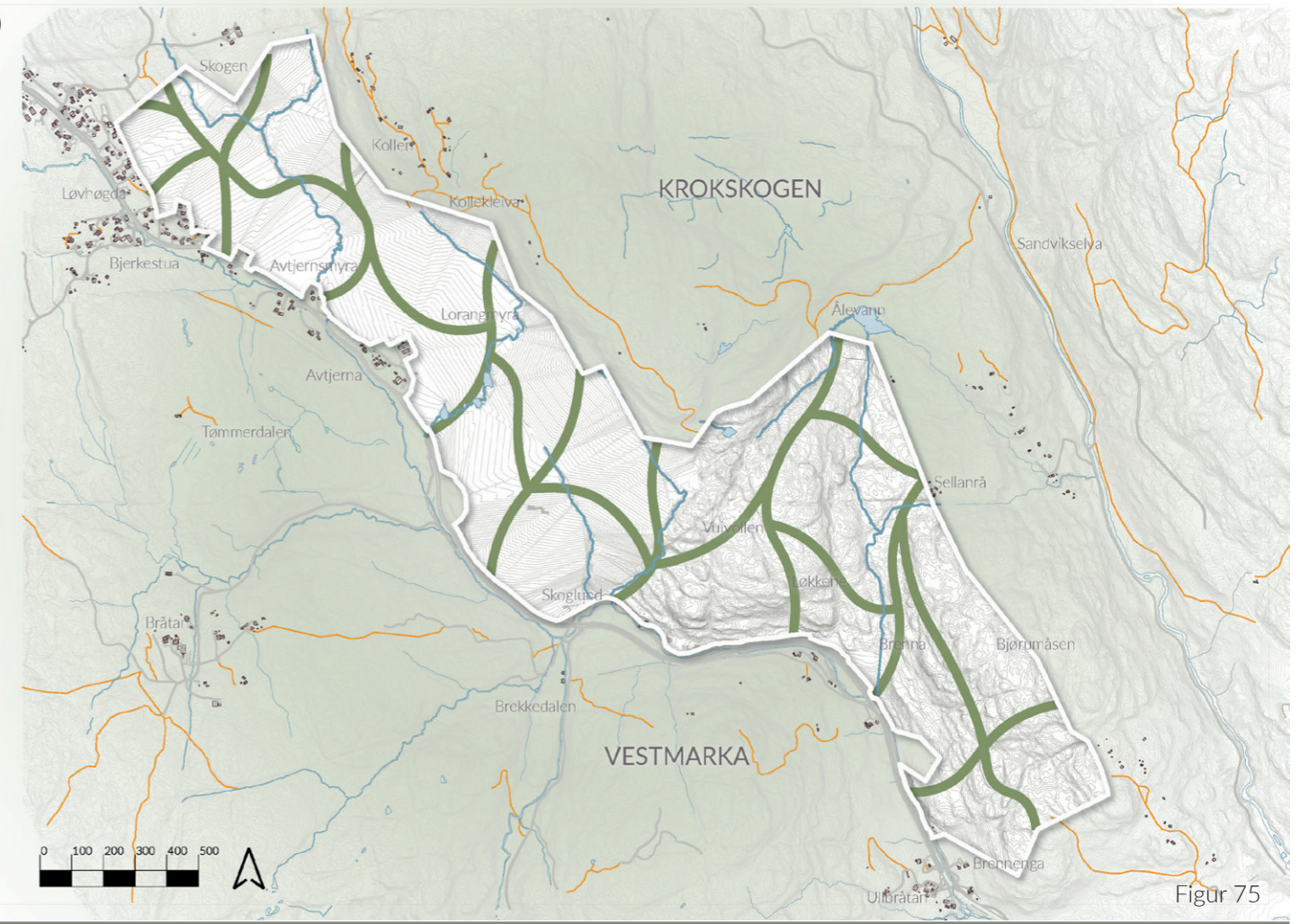


## Alternativ 6 - 7

I alternativ 6 og 7 har vi gjort korridorene fra nord-sør mer organiske, dette er gjort for å gjøre grønnstrukturen mer tilpasset til stedets helning, turnett og vassdrag. Ved alternativ 6 har vi koblet grønnstrukturen på eksisterende turnett, mens alternativ 7 også tar hensyn til utvalgte vassdrag. I tillegg ser vi at den nordsørlige strukturen noen steder blir så organisk og lite direkte sørvendt at man risikerer å miste effekten av sommerventilering, dette gjelder spesielt 6. Det negative med alternativ 7 er at det noen steder er stor avstand mellom grønnstrukturen og man risikerer dermed at en ikke oppnår maks 200 meter til marka for alle innbyggerne.

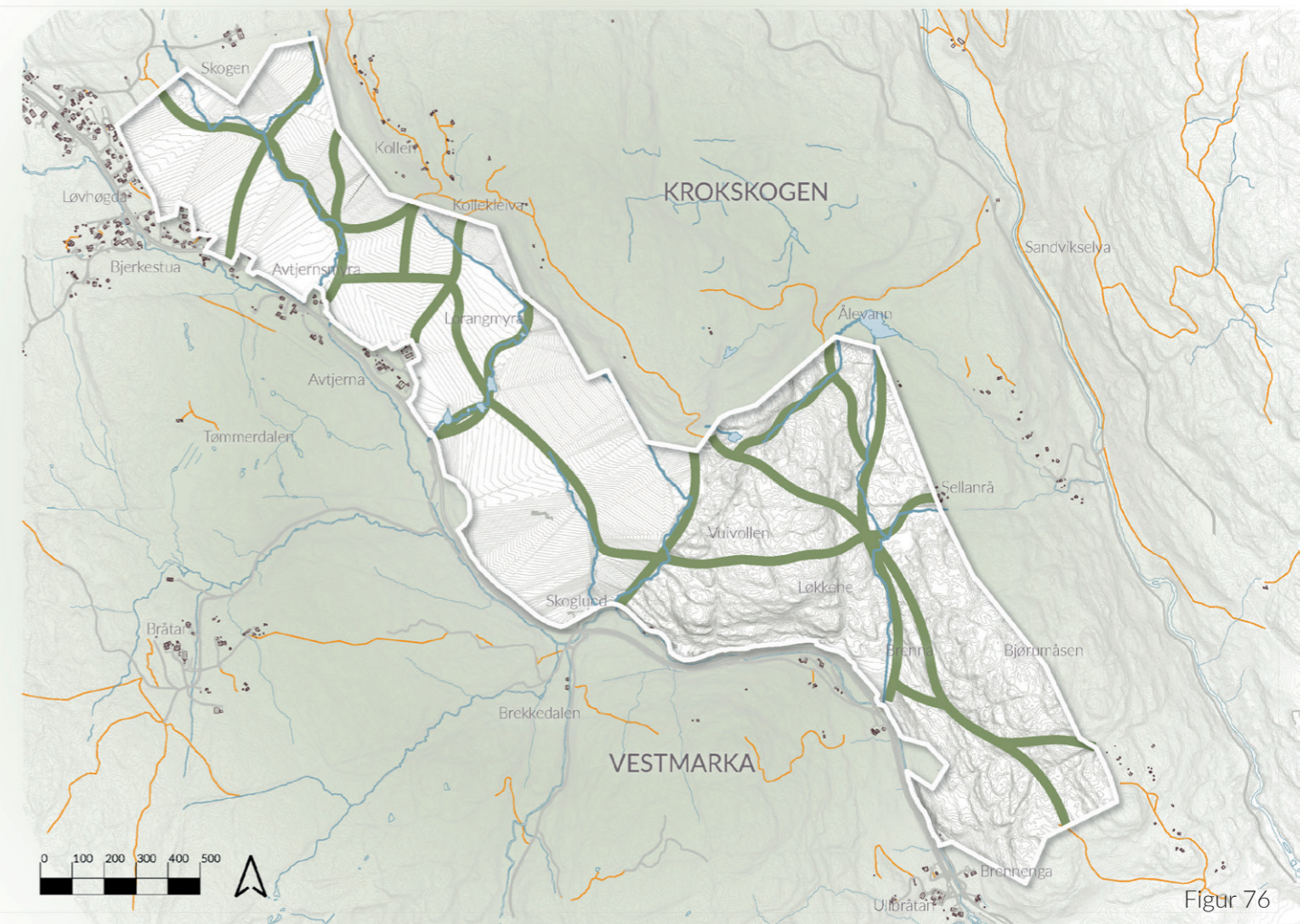


6



Figur 75

7

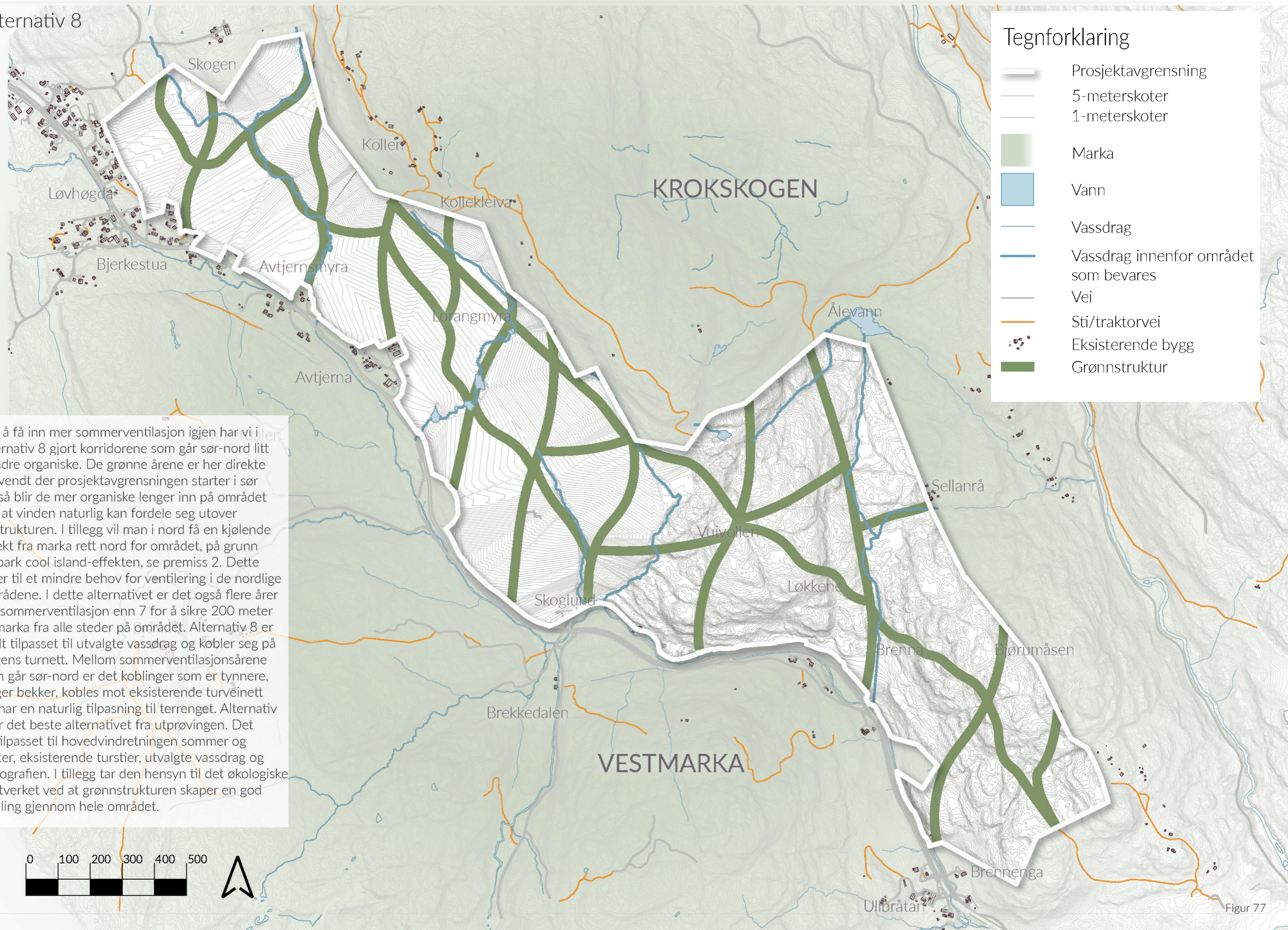


Figur 76

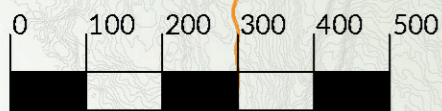
### Tegnforklaring

-  Prosjektavgrensning
-  5-meterskoter
-  1-meterskoter
-  Marka
-  Vann
-  Vassdrag
-  Vassdrag innenfor området som bevares
-  Vei
-  Sti/traktorvei
-  Eksisterende bygg
-  Grønnstruktur

## Alternativ 8



For å få inn mer sommerventilasjon igjen har vi i alternativ 8 gjort korridorene som går sør-nord litt mindre organiske. De grønne årene er her direkte sørvendt der prosjektavgrensningen starter i sør og så blir de mer organiske lenger inn på området slik at vinden naturlig kan fordele seg utover bystrukturen. I tillegg vil man i nord få en kjølede effekt fra marka rett nord for området, på grunn av park cool island-effekten, se premiss 2. Dette fører til et mindre behov for ventilering i de nordlige områdene. I dette alternativet er det også flere årer for sommerventilasjon enn 7 for å sikre 200 meter til marka fra alle steder på området. Alternativ 8 er godt tilpasset til utvalgte vassdrag og kobler seg på dagens turnett. Mellom sommerventilasjonsårene som går sør-nord er det koblinger som er tynnere, følger bekker, kobles mot eksisterende turveinett og har en naturlig tilpasning til terrenget. Alternativ 8 er det beste alternativet fra utprøvingen. Det er tilpasset til hovedvindretningen sommer og vinter, eksisterende turstier, utvalgte vassdrag og topografien. I tillegg tar den hensyn til det økologiske nettverket ved at grønnstrukturen skaper en god kobling gjennom hele området.



# Nabolagssenter

I denne delen går vi videre til å se på nabolag og nabolagssenter i byen. Vi ser hovedsakelig på deres plassering, innhold og betydning i de neste avsnittene.

For å skape en helhetlig by besluttet vi at man bør etablere et nabolagssenter per nabolag med tilhørende kollektive knutepunkt. Ved å gjøre dette kunne vi også jobbe videre med nabolagstorg på mer detaljerte skalaer, og dermed vise premisser knyttet til åpne plasser.

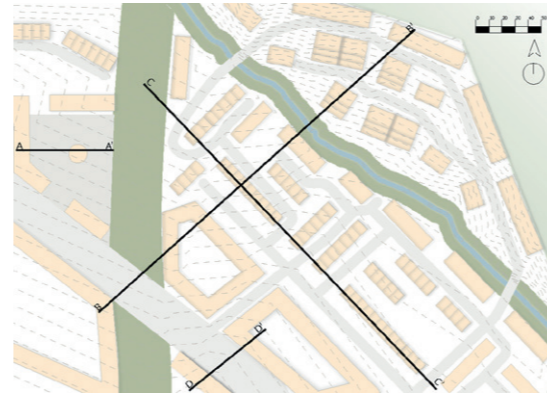
Vi har tatt utgangspunkt i at plasseringen av at et senter vil bli plassert i forbindelse med plasseringen til tverrslagstunnelen (se side 31). Ut ifra dette har vi bestemt hvor resten av nabolagssentrene bør plasseres. Basert på Statens vegvesen (2014) bør det være 500-800 meter mellom hvert kollektive knutepunkt. Vi har derfor tilstrebet at det skal være omtrent 500 meter (sirkel med fyll i figur 80) til nærmeste kollektive knutepunkt for så mange innbyggere som mulig. Basert på dette endte vi opp med ni nabolag totalt. For å spare unødig tid og energi på transport er det ønskelig å sørge for en høyere tetthet rundt disse nabolagssentrene da det er plassert et kollektivt knutepunkt her også (Statens vegvesen, 2018).

Sollihøgda plussby prosjektet har et prinsipp om å etablere nabolag med en egen identitet der det i hvert nabolag skal være et klimaklokt knutepunkt (COWI & Avtjerna Grunneierforening, u.å.). Derfor valgte vi å inkludere vindtårn på alle plassene i alle nabolagssentrene. Vindtårnene vil tilføre en helt egen identitet til hvert nabolag, da man kan velge en egen farge eller annen utsmykking per nabolag på det høye tårnet. Det vil være mulig å se tårnene fra avstand, og de kan dermed fungere som landemerker i landskapet også. Premisset om vindtårn sier at man bør plassere tårnene på vindutsatte steder, som for eksempel på høyder. Derfor valgte vi i tillegg å plassere vindtårnene langs den nordlige prosjektavgrensningen, som er den høyeste delen av området.

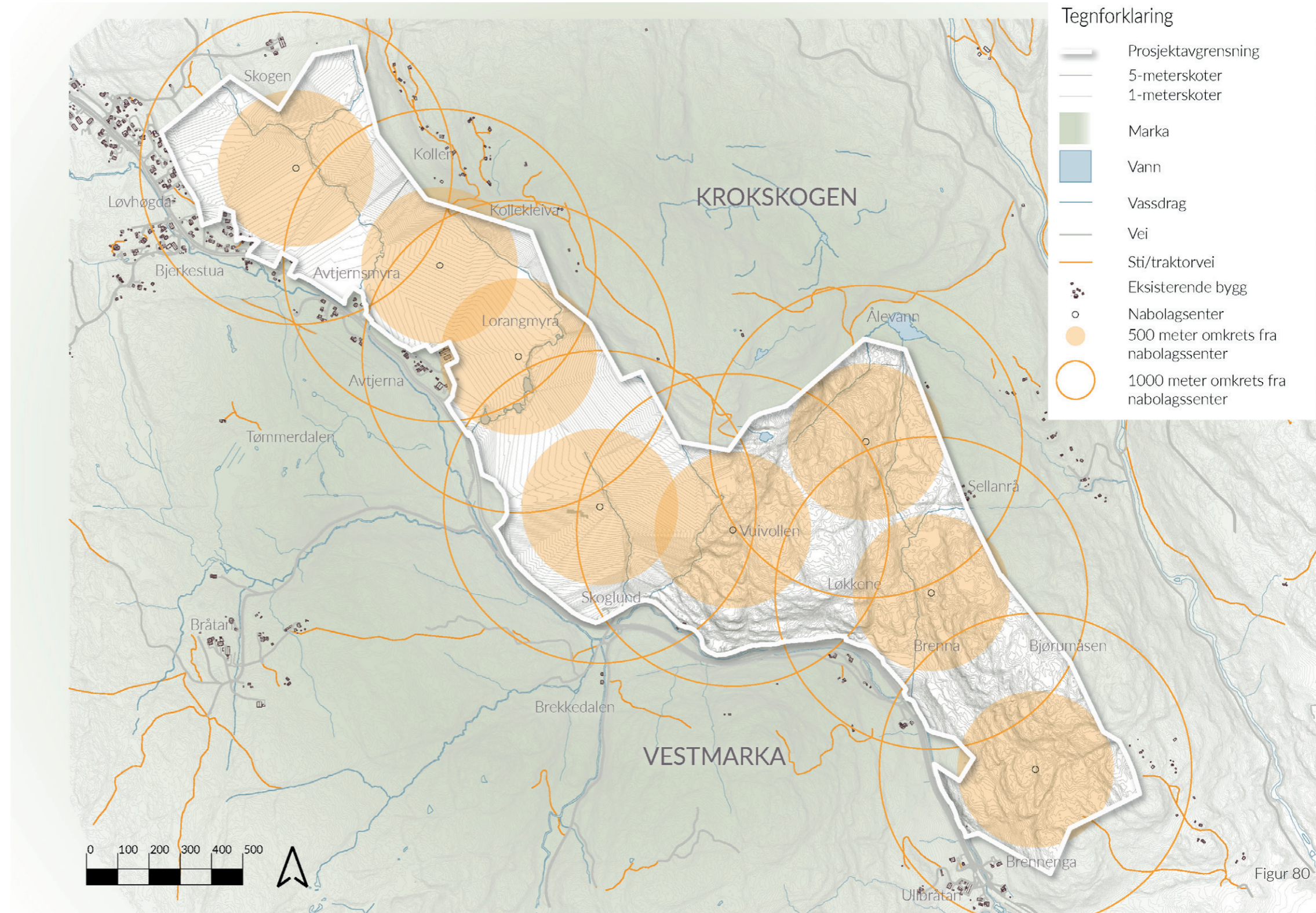
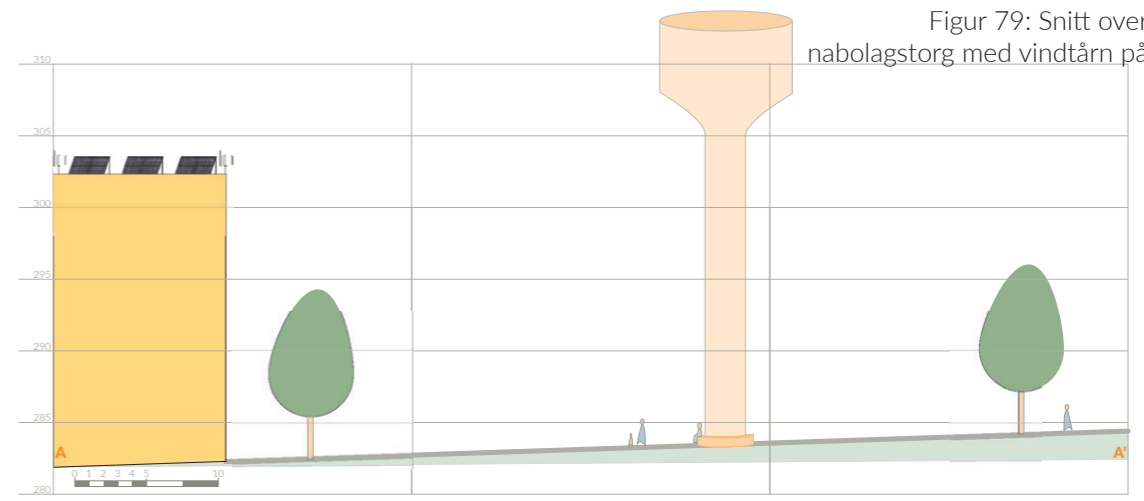
For å evaluere tårnenes innvirkning på bylandskapet har vi testet forskjellige høyder i 3D og vurdert det til hensiktsmessig å ha 30 meter høye tårn på nabolagstorgene, da de ikke vil kaste mye skygge på den omkringliggende bystrukturen eller skape mye downwash-vind. I nord langs prosjektavgrensningen

har vi vurdert det som hensiktsmessig å ha 60 meter høye tårn da de er mer effektive og den økte risikoen for downwash-vind er mindre viktig da dette er et mindre folksomt område. Her er det ikke tenkt et oppholdssted rett under tårnet, og slagskyggen fra tårnet vil falle inn i marka.

Figur 78: Kart som viser hvor snittene i oppgaven er tatt fra



Figur 79: Snitt over nabolagstorg med vindtårn på



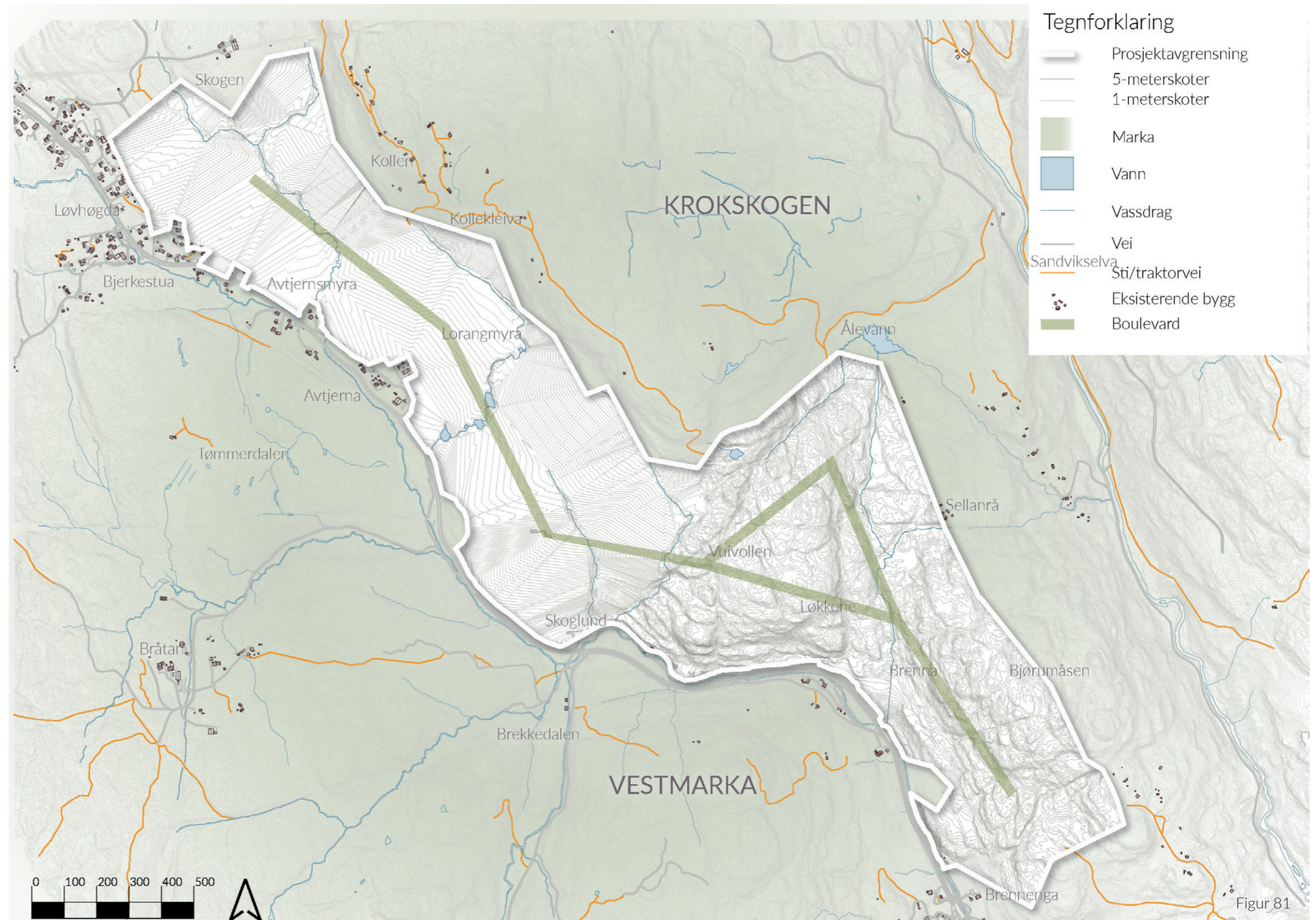
Figur 80

## Boulevarden

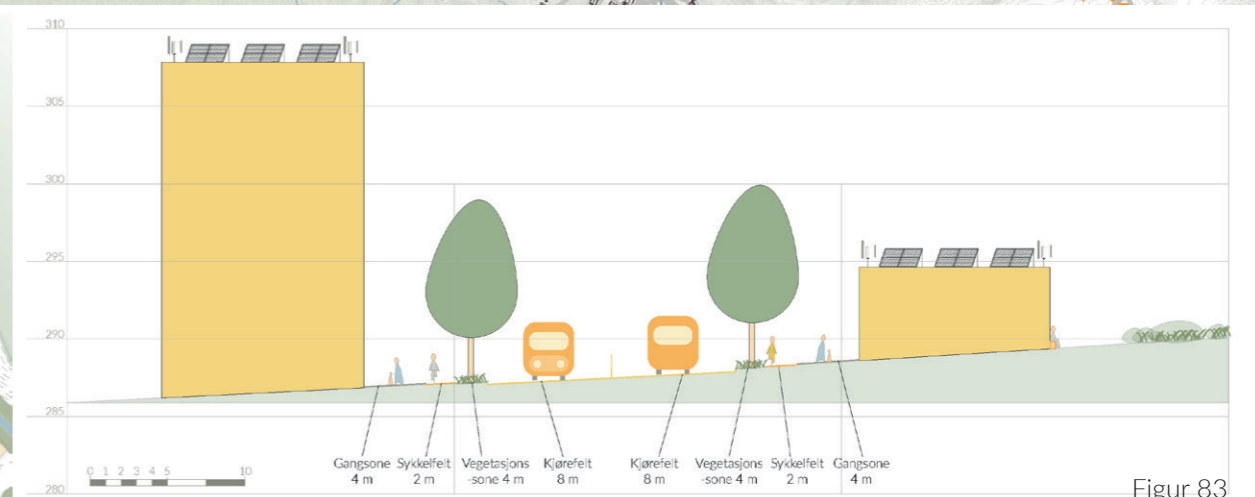
For å koble nabolagene sammen og danne en helhetlig by har vi planlagt en boulevard, som også kan fungere som en kollektivakse, som går gjennom hvert nabolagssenter. Byen Houten i Nederland har vist seg å være effektiv med en rett kollektivakse som strekker seg gjennom hele området med togstopp underveis (Foletta & Field, 2011). Etter å ha sett på løsningene i Houten var vi bestemt på at boulevarden burde strekke seg gjennom hele området, men vi hadde en utprøvende prosess her også, se figur 82. Plasseringen av denne boulevarden er også et resultat av arbeid på bydelsnivå med tanke på plassering av gatenettet.

Basert på Houten-eksempelet valgte vi å legge boulevarden på midten gjennom hele området, dette bryter med premiss 12 da området strekker seg i samme retning som hovedvindretningen om vinteren og kan skape ugunstige vinterforhold. For å unngå kanalisering av vinden i boulevarden har vi lagt inn flere knekkpunkter der boulevarden skifter retning. Vi vurderte å bryte knekkpunktene oftere, men samtidig ønsket vi å etablere en akse gjennom byen som skaper siktepunkter. Dette har ført til at boulevarden to steder i forslaget vårt går i nordvestlig retning. I videre arbeid med en slik hovedakse bør man se på muligheten for å ha flere knekkpunkter lokalt gjennom området for å dempe vintervinden enda mer og for å tilpasse boulevarden mer til topografien.

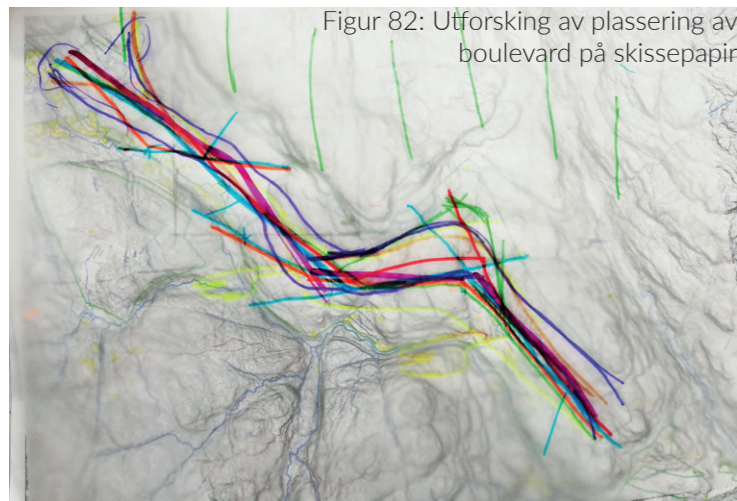
For at denne boulevarden skal få et tydelig preg som hovedgate valgte vi at den skulle være bredere enn gatene ellers, slik at kollektivtransporten får plass i tillegg til gange og sykkel, se figur 83. En bred gate vil også være fordelaktig ettersom den har noen strekk i nordvestlig retning, og ifølge premiss 11 hjelper det å ha brede gater for å unngå kanalisering av kald vintervind.



Figur 84: Kart som viser hvor snittene i oppgaven er tatt fra



Figur 83



Figur 82: Utforsking av plassering av boulevard på skissepapir

# Resultatet

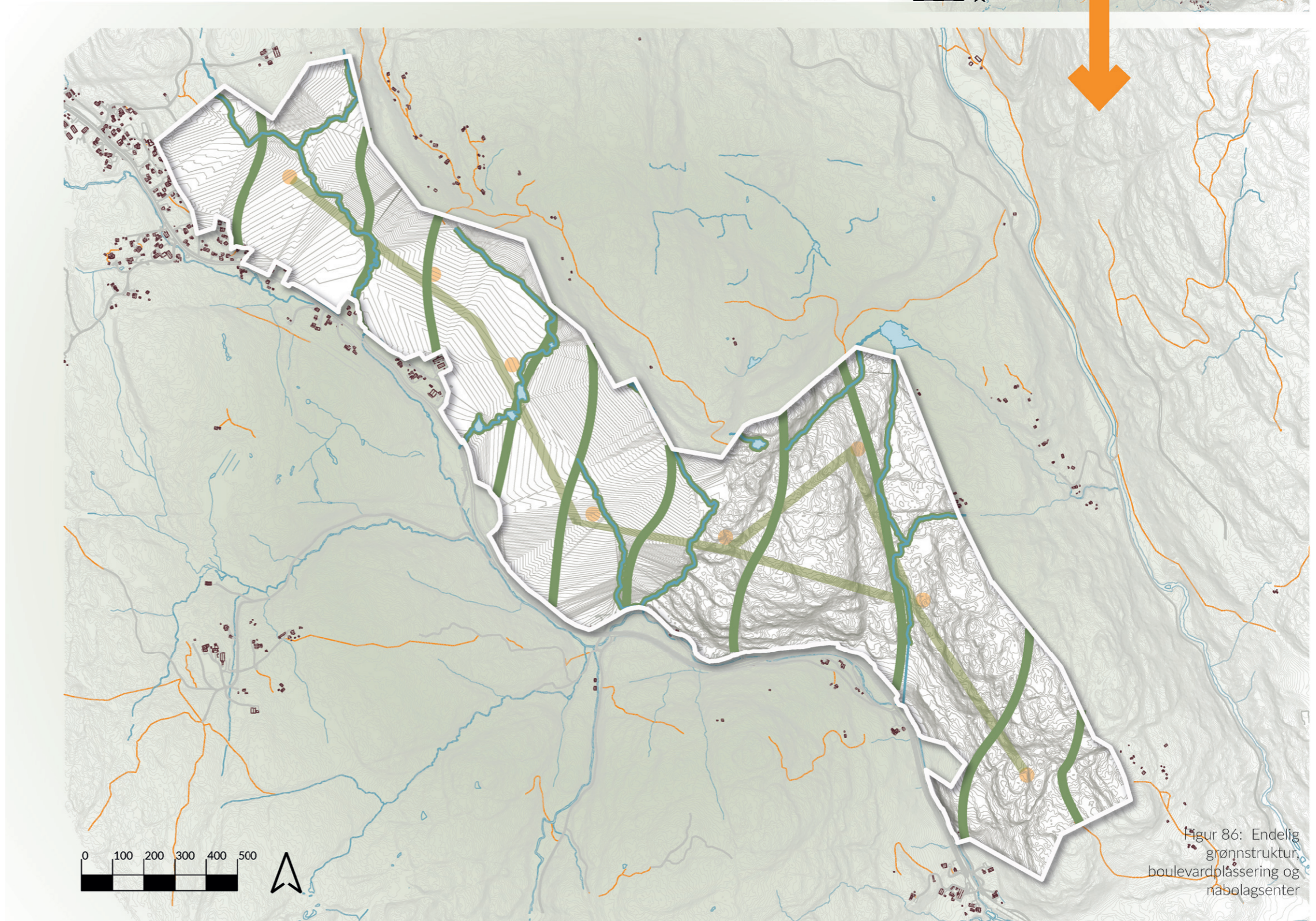
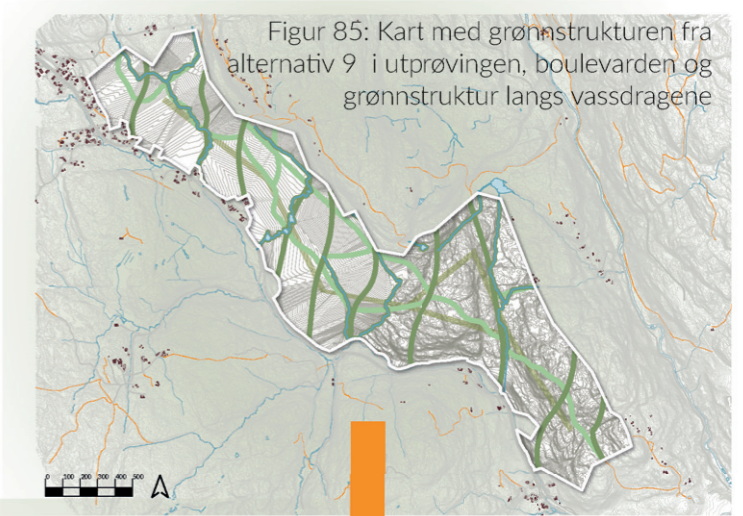
Dette kartet viser grønnstruktur, boulevarden og nabolagssentrene i et kart. Ettersom boulevarden krysser eller går parallelt med grønnstrukturen fra alternativ 9 i grønnstrukturutprøvingen en del steder anså vi det som fordelaktig å slå disse sammen. Dette resulterte i det endelige resultatet for bydelskalaen (figur 86). Da vi valgte denne endringen var det viktig at boulevarden skulle ha et grønt preg for å fortsatt ta vare på noen av de økologiske forbindelsene her, derfor er det en allé gjennom hele boulevarden, dette vil også bidra til å hindre at vind når ned til gatenivå der boulevarden går i nordvestlig retning.

Dette resultatet oppfyller nesten alle hensynene og premisene vi satte i starten. Det kobler grønnstrukturen på det eksisterende turnettet, det er grønnstruktur ved de utvalgte bekkene og man slipper inn sommerventilasjon fra sør. Når det kommer til å unngå vintervind fra nordvest derimot har boulevarden akkurat denne retningen i den vestligste delen av området. Dette er en viktig avveining mellom et komfortabelt byklima og andre hensyn. I dette tilfellet prioriterte vi en gjennomgående akse, og påpeker viktigheten av andre tiltak for å skape et komfortabelt byklima, som en bred gate med allé i.



## Tegnforklaring

- Prosjektavgrensning
- 5-meterskoter
- 1-meterskoter
- Marka
- Vann
- Vassdrag
- Vei
- Sti/traktorvei
- Eksisterende bygg
- Boulevard
- Grønnstruktur som beholdes
- Grønnstruktur som erstattes av boulevard



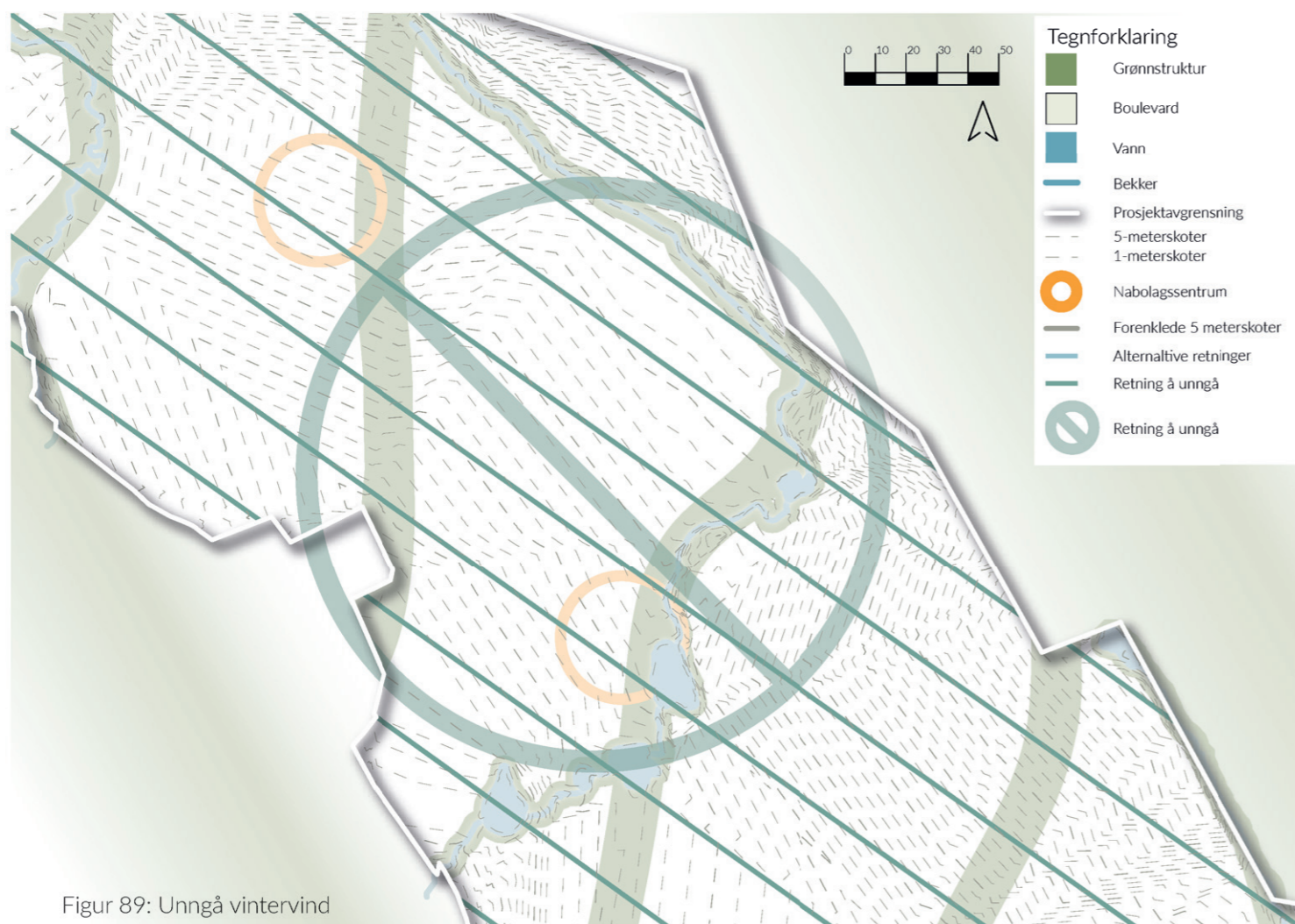




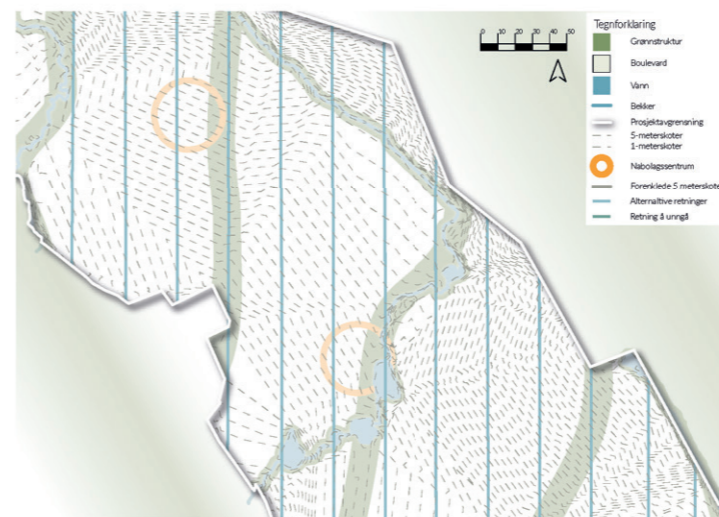
## Premisser og hensyn for utforming av gatenett

Utformingen av gatenettet er basert på et premiss og et hensyn. Dette er skjerming fra vintervind og tilpasning til topografien. På samme måte som med grønnstrukturen fra by-skala, bør ikke gater legges parallellt med hovedvindretningen vinterstid (premiss12). For å unngå dette tok vi utgangspunkt i tre forskjellige retninger som ikke går nordvest-sørøst og kalte de henholdsvis alternativ 1, alternativ 2 og alternativ 3. Dette ble gjort for å ha en systematisk prosess og for å sikre at vi har testet et vidt spekter av retninger.

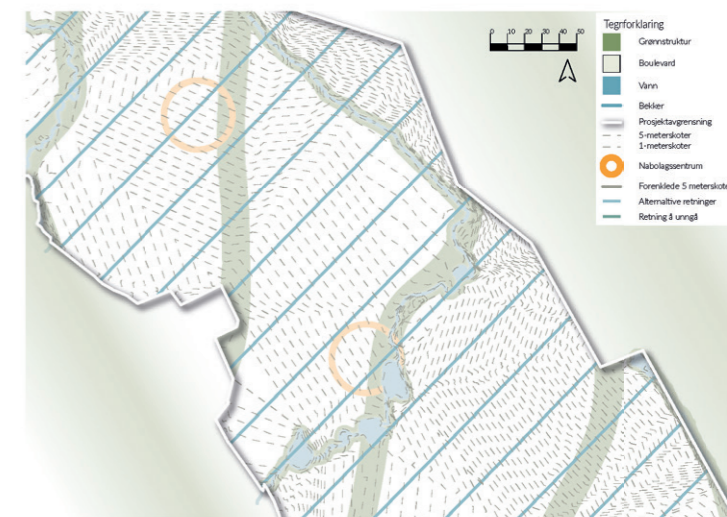
Topografien som ble brukt er en forenkling av det utjevnete terrenget fra hensynene, med en ekvidistanse på 5 meter. For å skape en allsidig og inkluderende by i henhold til universell utforming (TEK17), bør man unngå gater med en helning brattere enn 1:15. Ettersom en slik detaljert utforming av terrenget faller utenfor oppgaven er terrenget ikke detaljert eller i samsvar med TEK17. Det forenklete terrenget skal derfor kun kommunisere hovedretningene terrenget heller og være veiledende for vår prosjektering.



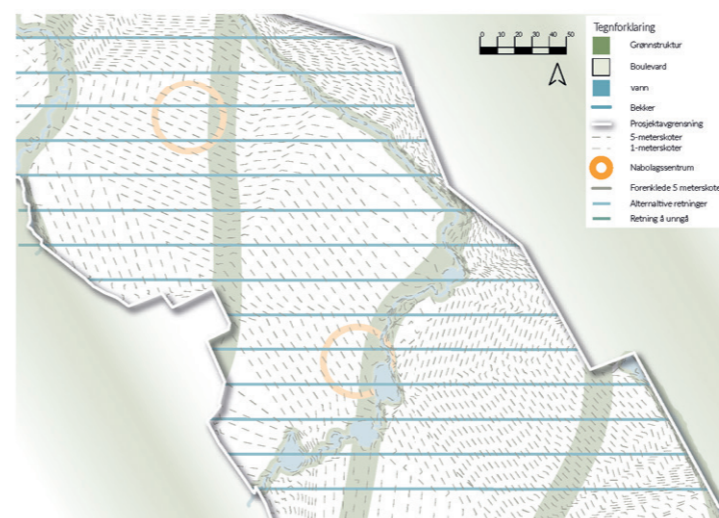
Figur 89: Unngå vintervind



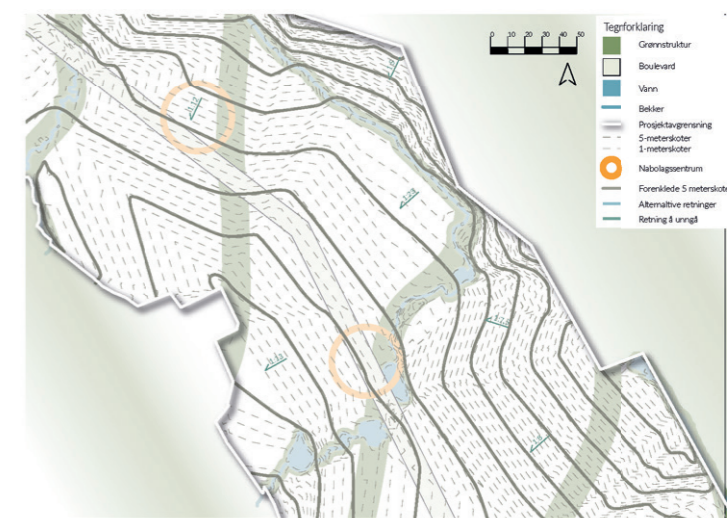
Figur 90: Alternativ 1, sør-nord:



Figur 91: Alternativ 2, sørvest-nordøst

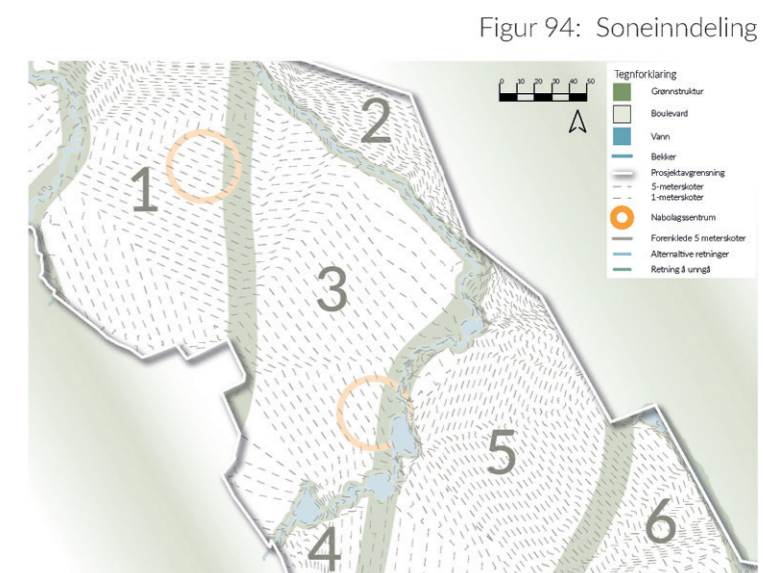


Figur 92: Alternativ 3, vest-øst



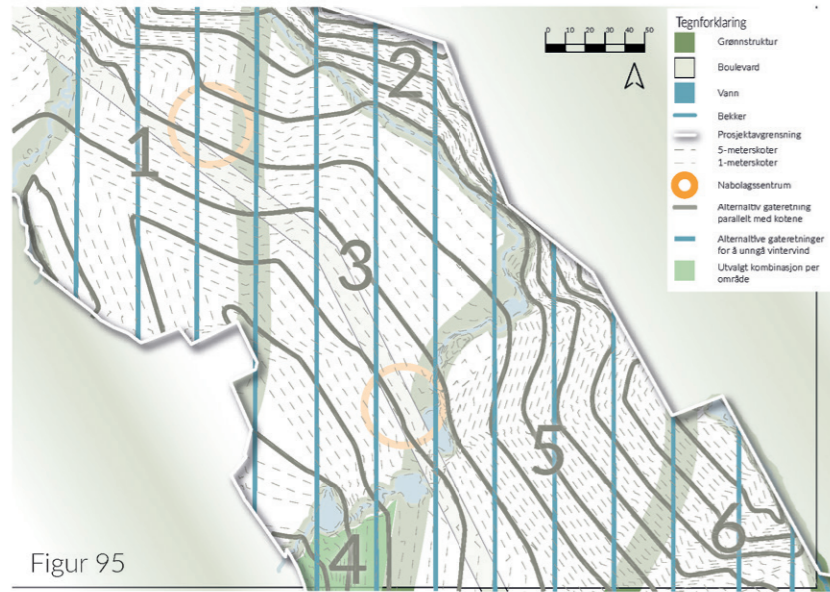
Figur 93: Topografi

Vi kombinerte premisset og hensynet og dannet seks mulige kombinasjoner. Deretter delte vi området opp i seks områder, avgrenset av grønnstrukturen. For hvert område vurderte vi hvilke kombinasjoner vi ville ta med oss videre i prosessen med å skape et sammenhengende gatenett. I denne vurderingen la vi særlig stor vekt på å unngå bratte gater, samt kvartalenes form. Disse områdene er i gjennomgangen av kombinasjonskartene markert i grønt.



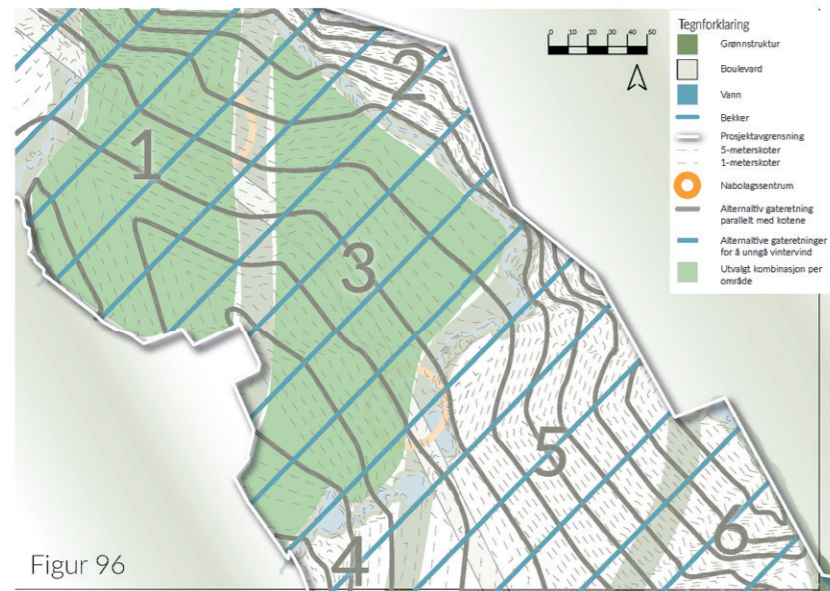
Figur 94: Soneinndeling

# Kombinasjonskart



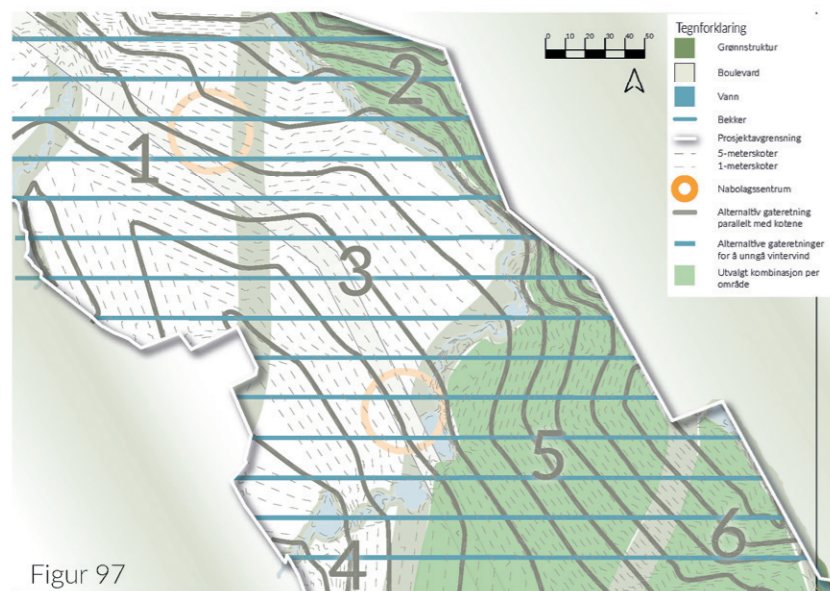
**Topografi og alternativ 1**  
 Ved å koble gateretningen som går parallelt med kotene og alternativ 1, vurderte vi kun område 4 som passende. Her går topografien og alternativ 1 i samme retning. Ettersom dette er et lite og bratt område vurderte vi det som greit da det ikke vil være behov for mange store gater og de andre alternativene er for bratte.

Figur 95



**Topografi og alternativ 2**  
 Kombinasjonen av topografi og alternativ 2, fører område 1 og 3 til velfungerende gater. Kvartalformen her er også ganske kvadratisk, noe som gjør det enklere å plassere bygg.

Figur 96



**Topografi og alternativ 3**  
 Når vi kombinerte alternativ 3 og topografi så vi at område 5 og 6 fungerte bra med denne gateretningen. Området får ikke noen gater som går vinkelrett på kotene og gatene skaper gode, firkantede kvartaler. I tillegg har vi vurdert kombinasjonen som bra for område 2. Dette området er svært så gater som følger terrenget er nødvendig. I tillegg må veiene spesialtilpasses for å unngå veldig bratte veier. Dette løses på nabolagskala.

Figur 97

Vi testet også ut de mulige kombinasjonene av alternativ 1, 2 og 3. Disse kombinasjonene ble valgt bort da de generelt danner bratte gater, tar lite hensyn topografien og stedet.

Alternativ 1 og alternativ 2



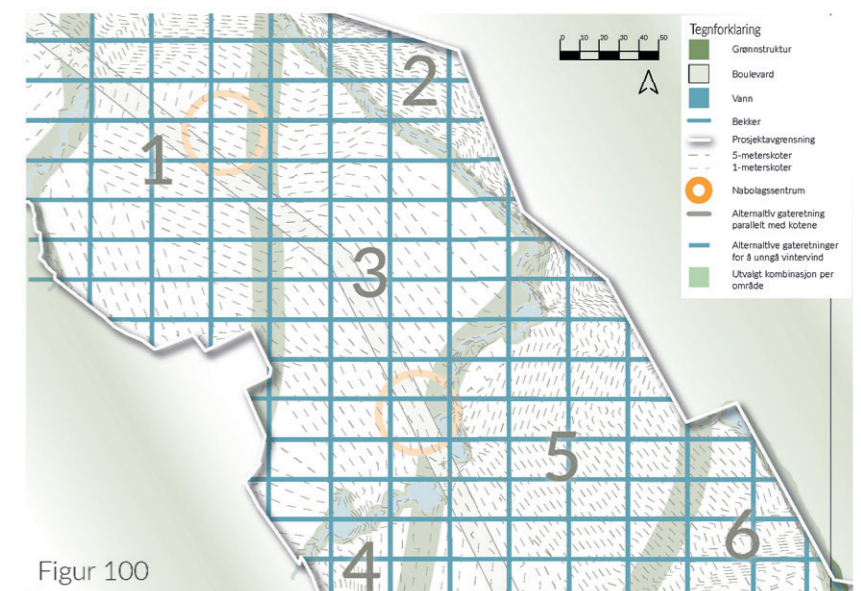
Figur 98

Alternativ 2 og alternativ 3



Figur 99

Alternativ 3 og alternativ 1



Figur 100

## Resultat fra kombinasjonskart

Vi koblet de beste alternativene for hvert område sammen til et kart (figur 97). Forskjellige kombinasjoner vant i forskjellige områder. Til tross for at topografien en del steder ligger parallelt med hovedvindretningen vinterstid, noe som bryter med premis 12, vant topografien i alle områdene. Det sier noe om hvor stor vekt vi legger til topografien og i hvor stor grad den har påvirket valgene våre. Det er viktig å ta gatenes stigning i betraktning og prioritere slake gater for å skape en inkluderende og tilgjengelig by for alle. I tillegg kan kanalisering av vind forhindres på andre måter, ved f.eks. plassering av bygg og vegetasjon, mer om dette på nabolagskala.

Etttersom retningene i dette kartet kun var veiledende, ga det oss muligheten til å gjøre noen endringer underveis. Gatene kan f.eks. roteres så lenge de ikke ender vinkelrett på kotene i et bratt område. Kartet la dermed utgangspunktet for videre arbeid med gatenettet.



## Gatenett, retninger

I kartet vist av figur 102 har vi gjort noen endringer. Vi sørget vi for at gatene ble koblet sammen og tilpasset en kvartalsstruktur på ca 50 x 50-100 meter. Fokus på dette stadiet var også å sikre god fremkommelighet mellom gatene, der hvert kvartal ikke er for stort, men samtidig store nok til å ha muligheten til å bygge relativt tett i kvartalene. Dette kartet la føringene for gateretningene, og fungerte som en veileder i arbeidet mot det endelige resultatet som er tilpasset grønnsstruktur, nabolagssenter, boulevarden og terrenget.





### Tegnforklaring

- Grønnstruktur
- Boulevard
- Vann
- Bekker
- Prosjektavgrensning
- 5-meterskoter
- 1-meterskoter
- Nabolagssentrum
- Hovedgateretning



### Gatenettveileder

Kart 99 viser det endelige resultatet til bydelskalaen. Her har vi kun gjort noen små tilpasninger. Vi forsøkte blant annet å begrense hvor mange ganger gatene krysset grønnstrukturen, da dette fører til en mer sammenhengende grønnstruktur som er positivt for dyrelivet, trafiksikkerhet og gir mer plass til rekreasjon.

Noen av veiene ble også flyttet eller rotert litt for å tilpasses plasseringen av boulevarden. Dette kartet illustrerer ikke hvordan gatenettet blir seende ut, men skal fungere som en veileder. På en større målestokk oppdages ofte uforutsette ting som legger føringer for hvordan gatenettet burde være. Gatenettet må derfor tilpasses hvert enkelt område og det må gjøres lokale tilpasninger og vurderinger på nabolagskala.

### 4.3.3 Nabolagskala

Nå går vi fra målestokk 1:2500 til 1:1000. På denne skalaen fokuserte vi på valg av bygningstypologi, plassering av bygg, vegetasjon, solfangere og vindturbiner. Området for denne skalaen inneholder et av nabolagssentrene, en del av boulevarden i tillegg til at det grenser mot marka i nord. Først introduserer vi hvilke bygningstypologier vi benyttet oss av. Deretter presenteres to utgangspunktkart for prosjekteringen som er basert på de premissene, hensynene, prinsippene fra Sollihøgda plussby prosjektet og kunnskap fra studiene som er relevante. Det er et kart for bygningsplassering og et for vegetasjon der sistnevnte hovedsakelig er basert på prinsipplisten. Selv med dette som utgangspunkt kunne vi kommet frem til utallige forskjellige design, og viser derfor ikke hele prosessen. Det mest interessante her er hvilke dilemmaer vi stod overfor når premisser og hensyn var i konflikt med hverandre, og forklarer hvilke valg vi tok og hva de var basert på. Til slutt nevner vi hvordan vi vurderte prosjekteringen vår med tanke på energiproduksjon og hvordan vi gjort en analyse av egen bystruktur i Autodesk Flow Design.

Figur 104: Bydelskala som viser utsnittet til nabolagsskala



## Bygningstypologi

De bygningstypologiene vi brukte i prosjekteringen var lamell, karré, rekkehus og terrassehus. Disse bygningstypologiene er valgt ut på bakgrunn av at dette er noen av de mest brukte bygningstypologiene i Oslo, som er den største nærliggende byen fra Avtjerna. Terrassehus finnes for eksempel på Holmenkollen og Stovner. Karrébebyggelse er svært vanlig i Oslo, spesielt på Grünerløkka og Torshov, rekkehus er blant annet å finne på Skøyenåsen og lameller brukes en del på Sinsen, og er ellers brukt over hele Oslo.

Figur 105: Lamellbebyggelse på Sinsen (Bilde av Tore Sætre fra Wikimedia Commons)



Figur 106: Rekkehusbebyggelse på Skøyenåsen (Bilde av Kjetil Ree fra Wikimedia Commons)



Figur 107: Karréstruktur på Grünerløkka (Bilde av Sean Hayford O'Leary fra Wikimedia Commons)



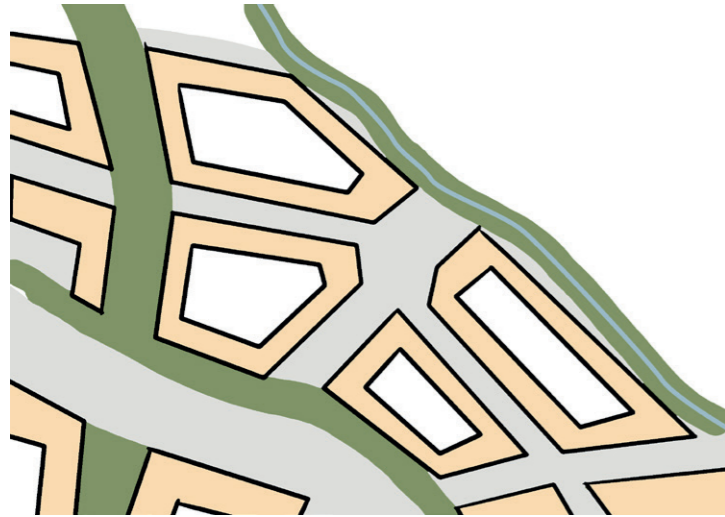
Figur 108: Terrassehus i Holmenkollen (Bilde av Krogsvæn fra Krogsvæn.no)



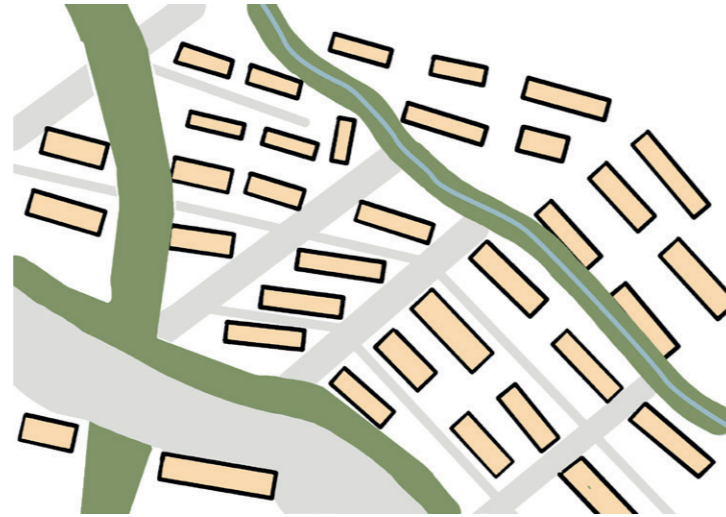
## Proessen

For å komme i gang med prosjekteringen startet vi enkelt med å plassere en bygningstypologi over hele området (se figur 109 og 110). Vi fant fort ut at dette ikke var et bra alternativ ettersom det blant annet førte til et lite variert bymiljø som er viktig av flere grunner. Det bidrar til å få inn ventilasjon (premiss 5) og det gjør at områdene får forskjellige bokvaliteter som passer til mennesker i forskjellige situasjoner (Oke et al., 2017). Ikke minst vil de ulike bygningstypologiene passe best til forskjellige steder basert på terreng og kontekst.

Etter den første runden med utprøvinger forsøkte vi derfor å lage en oversikt over hvilke områder som passet til hvilke bygningstypologier. Denne oversikten er basert på premisslisten, hensyn fra analysene, og kunnskapsgrunnlaget fra utdanningen.



Figur 109



Figur 110

### Tegnforklaring

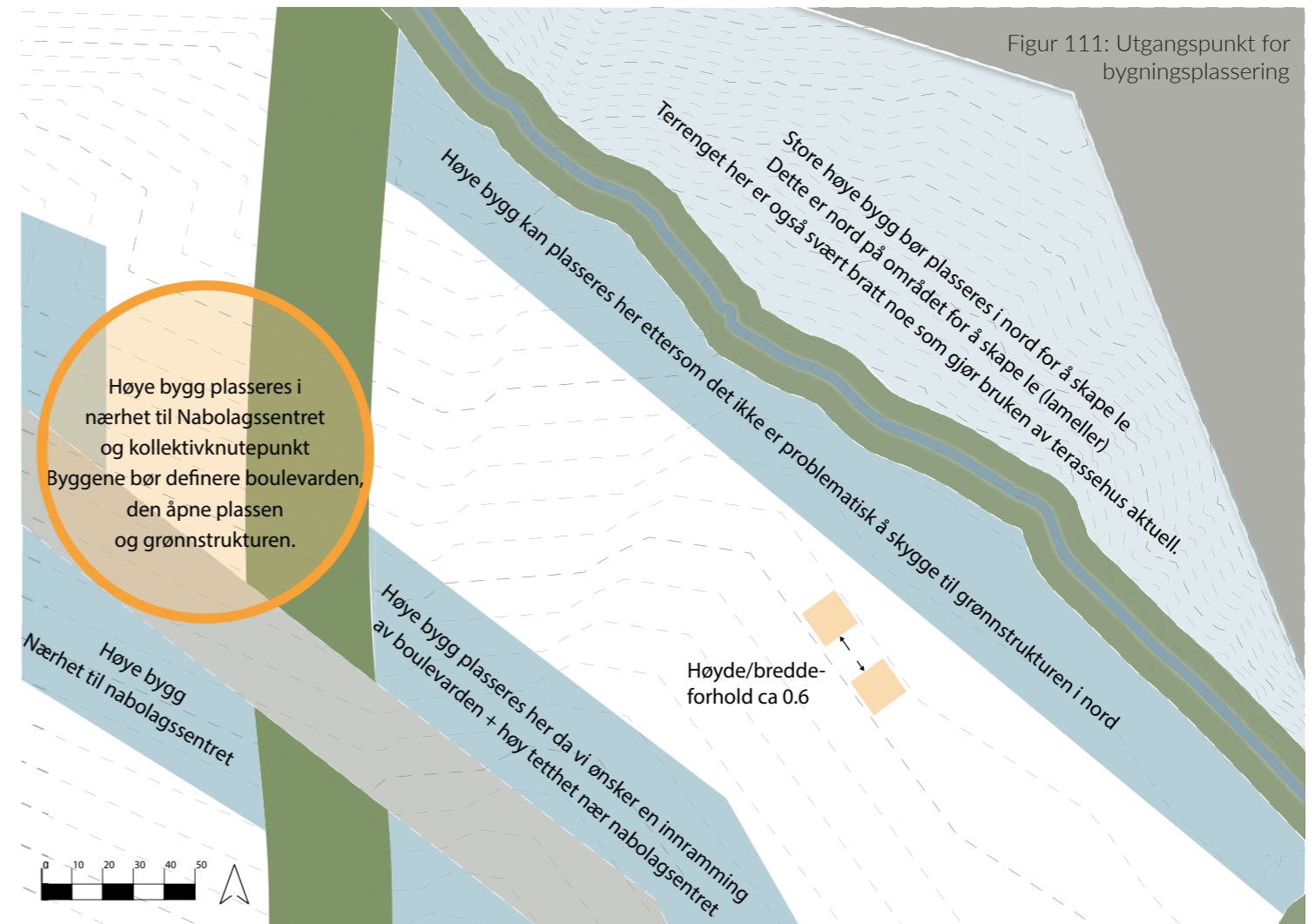
	Grønnstruktur
	Boulevard
	Vann
	Bekker
	Prosjektavgrensning
	5-meterskoter
	1-meterskoter
	Nabolagssentrum
	Bygg
	Lamell eller terrasse
	Høye bygg

- Lengst nordøst er det bratt og det passer derfor ikke med karré her. Ettersom dette området ligger lengst i nord bør vi ifølge premisslisten plassere høye bygg her som fungerer som vindstoppere (premiss 6) og de skygger et område som er mindre viktig. Ut ifra dette kan vi konkludere med at det er relevant å bruke lameller for dette området.
- For å få høy tetthet bør bratt terreng også utnyttes. Birkeland (1975) mener at terrassehus bør benyttes der det er bratt for å få en høy utnyttelsesgrad. I vårt tilfelle er dette nordøst på området.
- Høye bygg bør plasseres sør for områder hvor det er mindre viktig at det er gode solforhold. Eksempler på slike områder er sør for bekken

og områder utenfor prosjektområdet (se premiss 7).

- I nærheten av det lokale nabolagssentret ønsker vi en høyere tetthet, da det er i nærheten av et kollektivknutepunkt. Det bør derfor plasseres høyere bygg her som for eksempel lameller og karré.
- Langs ved boulevarden ønsker vi et tydelig definert byrom og en innramming av gaten. Dette kan løses ved å ha bygg langs boulevarden.

For å illustrere dette ble disse punktene overført til et kart som viser utgangspunktet for bygningsplasseringen (figur 111). Denne oversikten satt noen rammer for prosjekteringen vår som vi tegnet ut i fra.



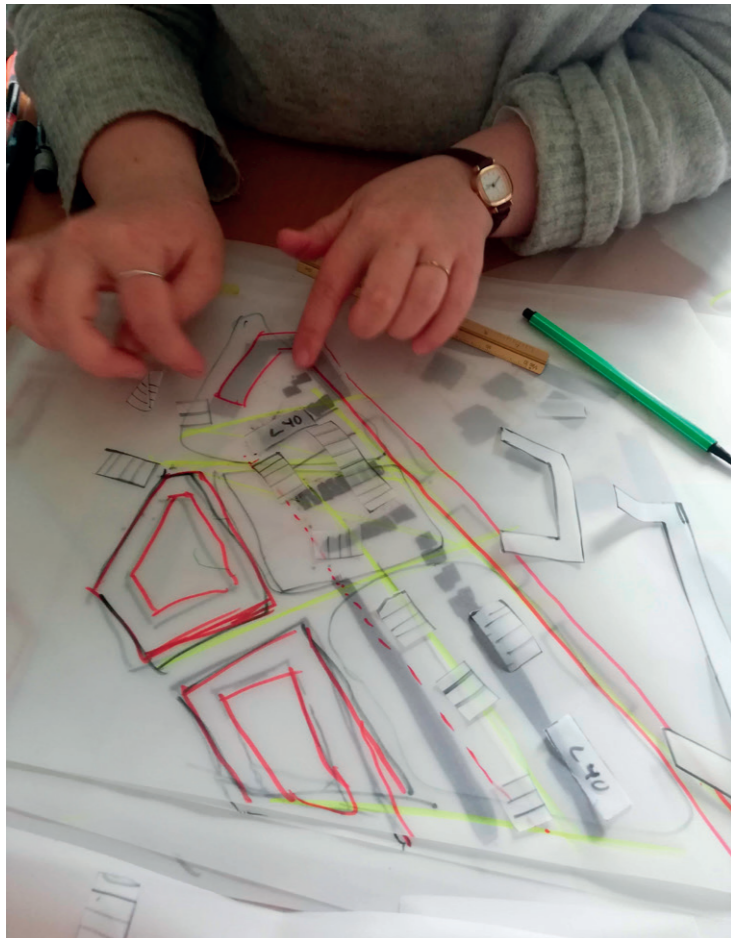
Figur 111: Utgangspunkt for bygningsplassering

## Prosessen

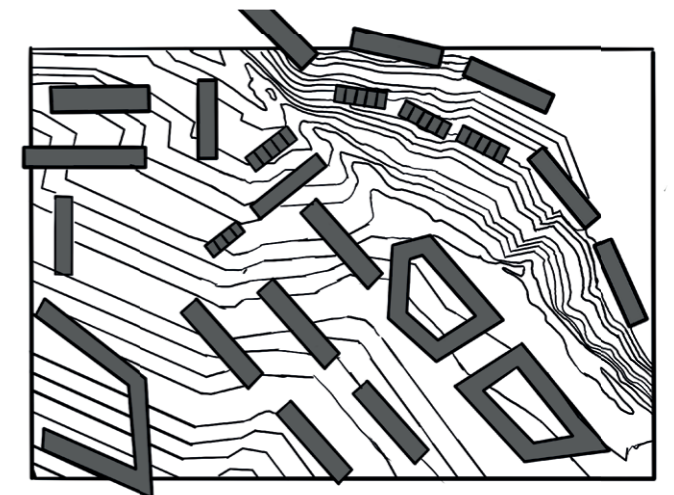
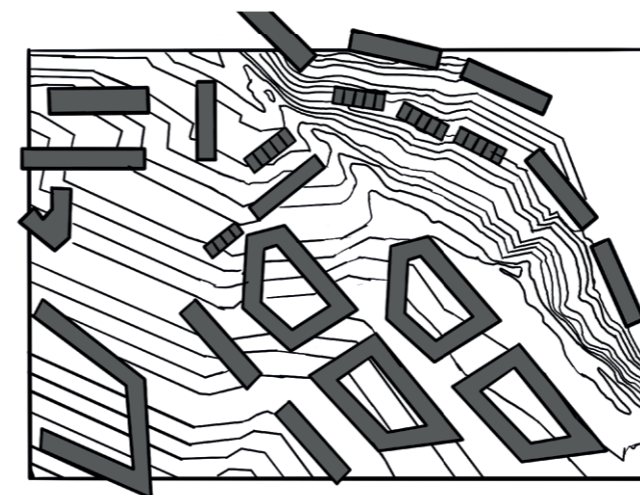
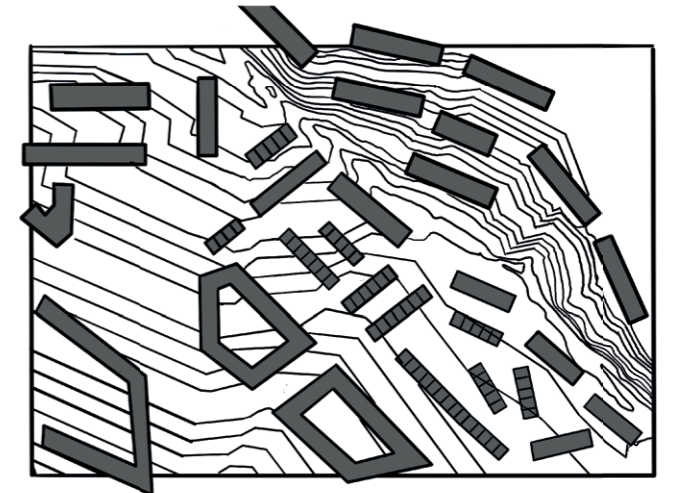
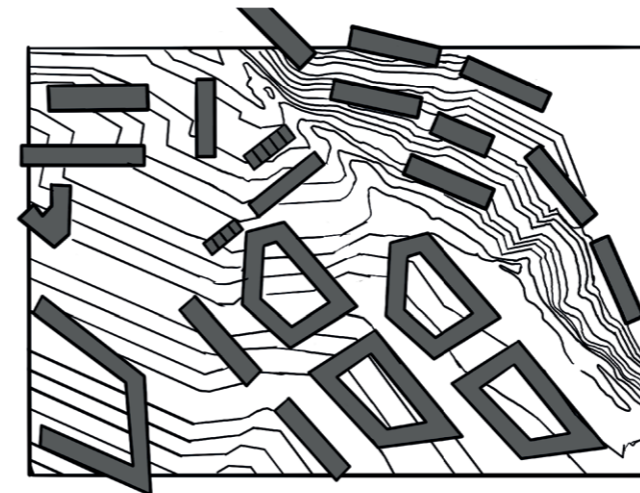
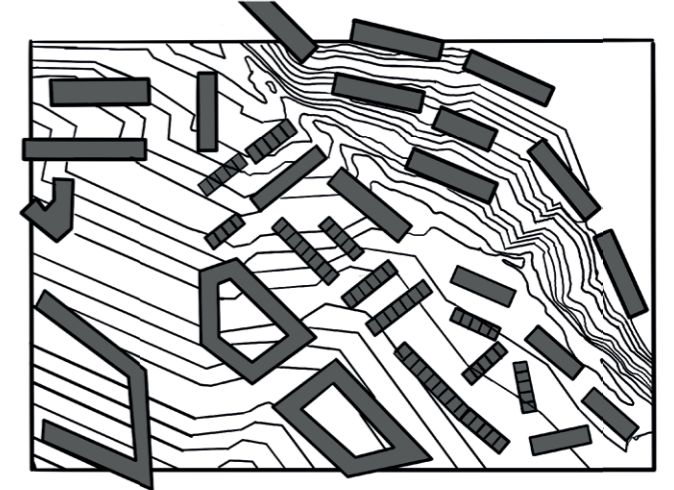
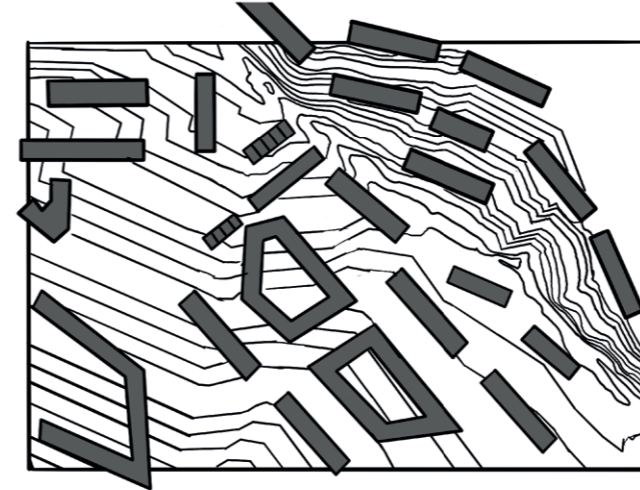
Til tross for at vi tok utgangspunktet i disse punktene i prosjekteringen og gatenettveilederen fra bydelskala, er det uendelig mange måter å plassere byggene på. Det er flest føringer for hva man bør unngå og færre for hva man kan gjøre. På nabolagskala er det derfor ikke like interessant å vise hele prosessen vår fram mot resultatet og vi valgte derfor å kun vise frem en del av prosessen (figur 110). I stedet la vi større vekt på å forklare

hvilke dilemmaer vi stod overfor, fordeler og ulemper med de forskjellige alternativene og begrunne avgjørelsene vi tok. Resultatkartet blir derfor presentert først, slik at vi kan henvise til det når vi forklarer valgene vi gjorde. Deretter diskuterer vi dilemmaene vi stod overfor. Vi ønsker å understreke at dette kun er et eksempel på hvordan premisene kan brukes og hvordan resultatet kan bli.

Figur 112: Utforskning for hånd på skissepapir



Figur 113: Utforskning for hånd på skissepapir



Figur 114: Kollasj av utforskning i programvare, digitalt



## Resultat

I resultatet benyttet vi oss av alle de fire forskjellige bygningstypologiene. Tabellen under viser hvilke høyde vi benyttet for de forskjellige typologiene. Vi har gått ut ifra en etasjehøyde på 3 meter.

Bygningstype	Antall etasjer	Bygningshøyde	Bredde mellom hus	H/b-forholdet
Lamell	8	24 m	40	0,6
Terrassehus	4	12 m	20	0,6
Rekkehus	3-4	9-12 m	15	0,6
Karré	8	24 m	Varierende	Varierende

Figur 115 er resultatet fra utprøvingen vår og viser plasseringen av bygg og veier på nabolagskala, i tillegg til at det inneholder resultatet fra de foregående skalaene. Boulevarden går gjennom området og knytter det til resten av Sollihøgda plussby. Helt vest på området ligger nabolagssentret (nr. 1 på figur 112). Her skal det blant annet være et kollektivknutepunkt og en åpen plass som skal fungere som en lokal møteplass (plass 1). For å unngå mye vind på denne plassen sørget vi for å ha en bygning som fungerer som en barriere mot vinden fra nordvest og trær som er plassert rundt den åpne plassen. Øst for denne plassen går en av de grønne årene fra sør til nord, og slipper inn ventilerende sommervind. I tillegg går en av de beholdte bek kene på tvers gjennom området.

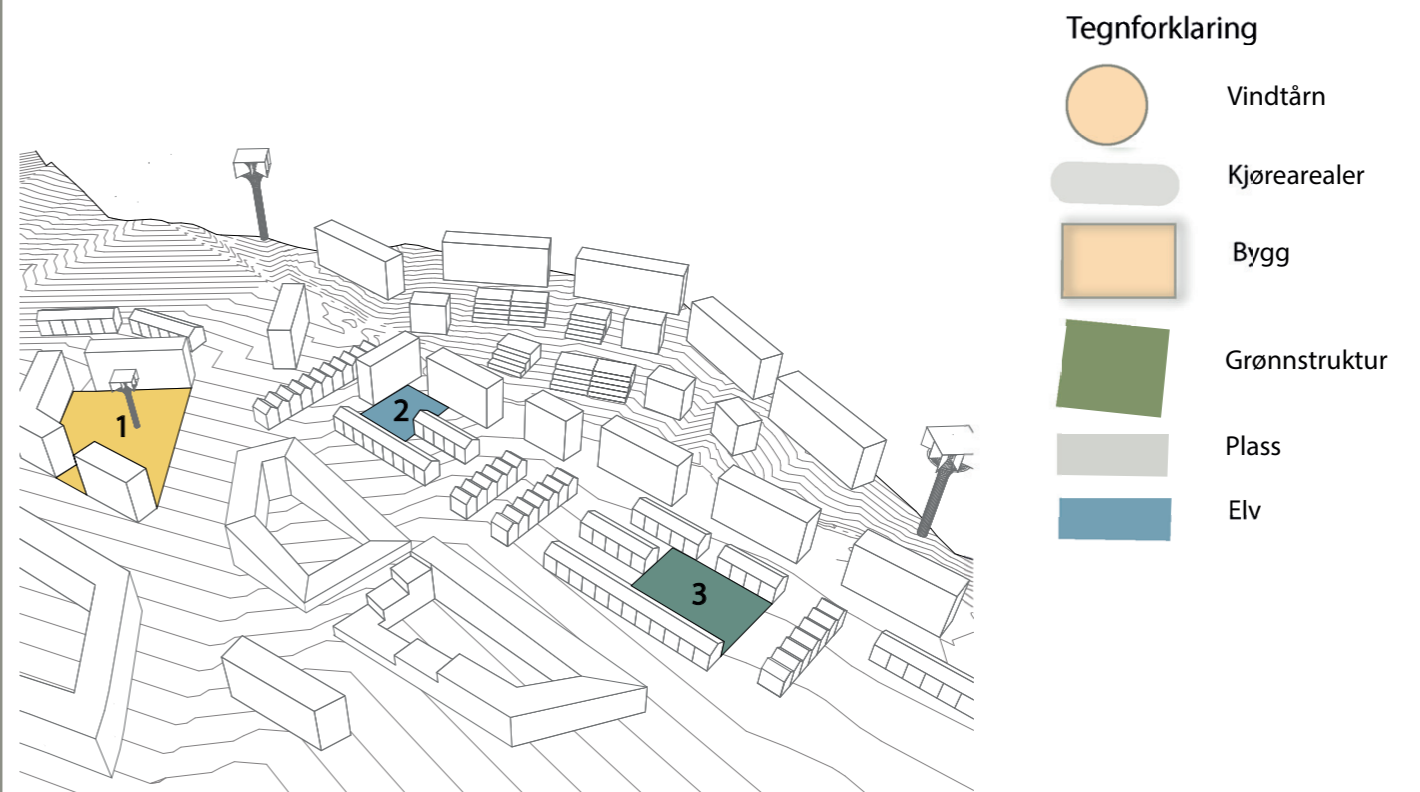
Plasseringen av gatene tok utgangspunkt i gatenettveilederen fra bydelskalaen. Byggene er hovedsakelig plassert parallelt med kotene noe som resulterer i at de også står parallelt med hovedvindretningen vinterstid. Derfor er noen av husene rotert 90 grader i forhold til kotene, slik at de

står vinkelrett på hovedvindretningen og dermed bryter opp vinden (premiss 8). På området er det i tillegg til nabolagssentret to mindre, åpne plasser (se figur 112). De forskjellige plassene er planlagt slik at de har forskjellig solforhold gjennom dagen og året.

Nabolagssentret - plass 1 har mest sol på morgenen, mens plass 3 får mest kveldssol. Dette gjør at nesten gjennom hele dagen kan man finne det en har behov for, enten det er sol eller skygge. Plass 1 og 2 har et bygg vest for plassen som fungerer som en vindbarriere. For at plass 3 skal ha sol lengst mulig valgte vi at den ikke skal ha en slik vindbarriere, til tross for at dette kan medføre mer vind på plassen. Denne variasjonen mellom plassene fører til forskjellige forhold på plassene. Dermed har hver enkelt person mulighet til å velge det de foretrekker og mener er komfortabelt. Denne variasjonen gjør at man bør kunne finne gunstige forhold, uansett situasjon.

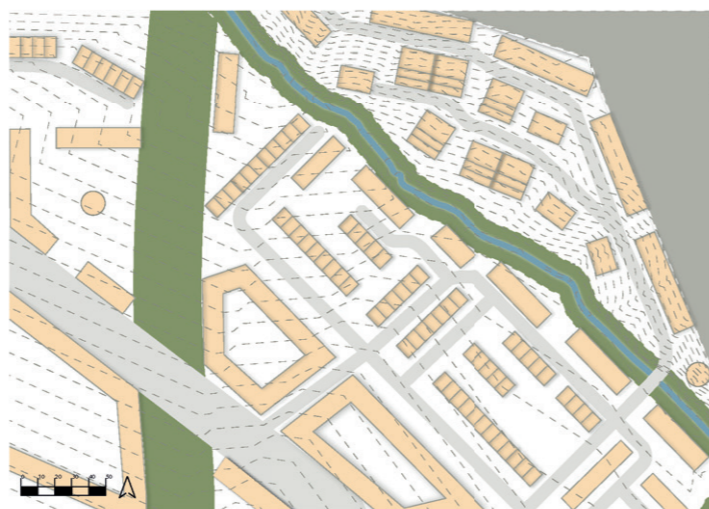


Figur 115: Plassering av bygninger, vindtårn og kjørearealer



Figur 116: Plassering av plass 1 (nabolagscenter), plass 2 og plass 3

## Dilemmaer - Bygningstypologi og plassering



Figur 117: Plassering av bygninger, vindtårn og kjørearealer

Her forklarer vi noen av dilemmaene knyttet til bygningsplassering som vi møtte på gjennom prosjekteringsprosessen. Vi delte de opp i bygningstetthet, bygningsrotasjon, vegetasjon og energi. Vi begynner med å se på dilemmaet knyttet til bygningstetthet.

Vi opplevde en konflikt mellom å ha så høy tetthet som mulig og å ha en så god solinnstråling som mulig. Vi baserte oss på premiss 12 som sier at vi bør ha et h/b-forhold mellom 0,4 og 0,6.

Vi testet ut både 0,4 og 0,6 i 3D for å finne ut hvilket forhold fra premisslisten vi skulle benytte i prosjekteringen. På figur 119 ser man sol/skygge forholdene ved sommersolhverv og vintersolhverv (figur 115) for en lamellbebyggelse som er 24 meter høy. Til venstre i bildene står byggene med et h/b-forhold på 0,4 (60 meter mellom byggene) og til høyre 0,6 (40 meter mellom byggene). Vi ser tydelig at et h/b-forhold på 0,4 fører til bedre solforhold, mens 0,6 fører til en høyere tetthet. Annen bygningstypologi er ikke vist frem da resultatet vil være tilsvarende det samme.

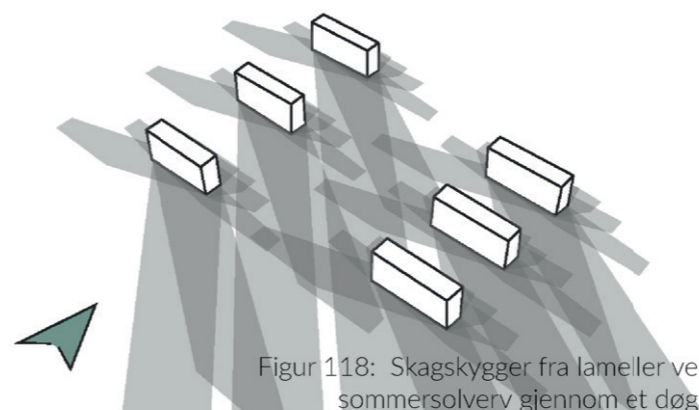
For karrébebyggelse har bredden på gårdsrommet og høyden på karréen stor påvirkning på solforholdene i gårdsrommet. Figur 120, som viser sol/skyggeforhold for forskjellig karrébebyggelse ved høstjævndøgn kl. 14:00, viser dette tydelig. Rekken lengst til venstre i bildet viser karré med et h/b-forhold i gårdsrommet på 0,6 og den midterste rekken har 0,4. Veldig liten og smal karrébebyggelse fører som forventet til dårlige solforhold inne i gårdsrommet. Karrébebyggelse som har et bredt gårdsrom i øst-vest-retning får sol i gårdsrommet tidligere på morgenen og har mer kveldssol, mens en karrébebyggelse som strekker seg i nord-sør retning vil ha sol i gårdsrommet i større deler av vinterhalvåret.

For å få bedre solforhold i gårdsrommet til

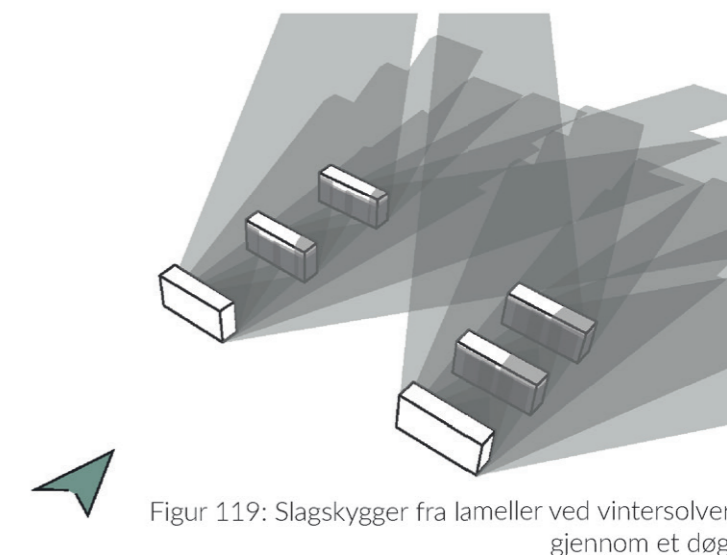
karrébebyggelse må en derfor enten øke avstanden inne i gårdsrommet eller senke høyden på husene. Et annet alternativ er å gjøre bygningsmodifikasjoner. Ved å gjøre endringer på karrébebyggelsen kan en få mer solinnstråling. I figur 121 har vi vist 6 forskjellige måter å modifisere karrébebyggelsen på. Figuren viser skyggeforholdene ved høstjævndøgn kl. 16:00 og forteller noe om hvilken effekt modifisering av karrébebyggelsen vil ha på slagskyggen til bygget og solforholdene inne i gårdsrommet. Vi konkluderte med at for å få gode nok solforhold inn til gårdsrommet, ved bruk av et h/b-forhold på 0,6, må bygget modifiseres.

Basert på utprøvingen mener vi at solforholdene ved bruk av 0,6 er tilstrekkelige for lameller, terrasse og rekkehus. Utprøvingen viste at det til tross for at dette var alternativet med høyest tetthet ikke ble solforholdene ganske bra. Vi prioriterte derfor tetthet over bedre solforhold og benyttet oss hovedsakelig av et h/b-forhold på 0,6. De stedene hvor det ikke var plass til å ha 0,6 som h/b-forhold prioriterte vi en lengre avstand mellom husene (ned mot 0,4) fremfor enda høyere tetthet. Dette var for å unngå å en bebyggelse som er så tett at det blir uakseptabelt dårlige solforhold. Dette gjelder blant annet området nord for karrébebyggelsen (se figur 117).

Ved å benytte oss av sol- og skyggeanalyse i Sketchup har vi kunnet teste designet og avdekke eventuelle tilfeller hvor det til tross for en benyttelse av h/b-forhold på 0,6 ble for dårlige solforhold. Denne utprøvingen avdekket



Figur 118: Skagskygger fra lameller ved sommersolhverv gjennom et døgn

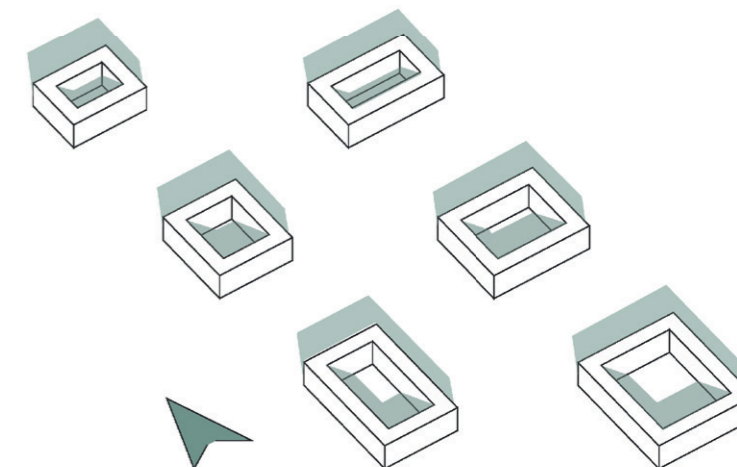


Figur 119: Slagskygger fra lameller ved vintersolhverv gjennom et døgn

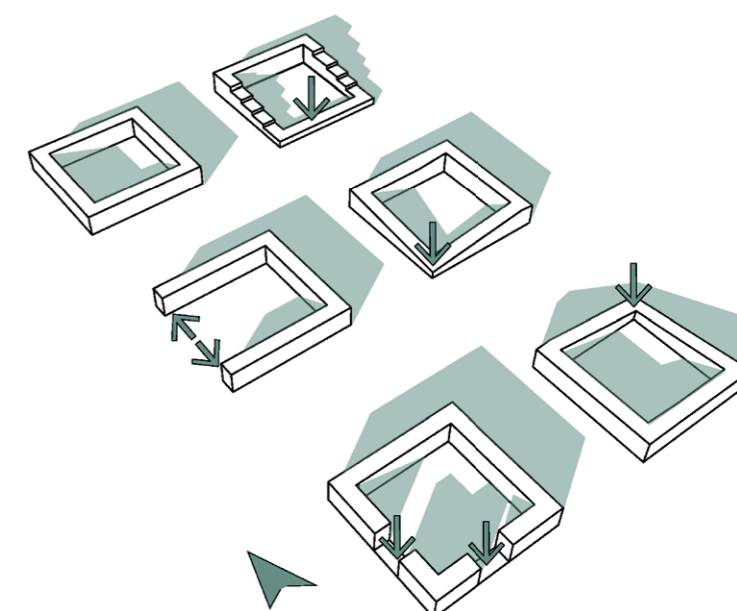
for eksempel at rekkehusene som står nord for karrébebyggelsen vil få lite sol i 1. etasje i en kort periode vinterstid. Vi har likevel valgt å akseptere dette så lenge det kun gjelder i en kort periode på vinteren og rekkehusene dette gjelder får sol til de andre etasjene. Rekkehusene er på 3 etasjer per boenhet og de har derfor mulighet til å gå til en annen mer solfylt etasje. Oppholdsrom bør derfor plasseres i de øverste etasjene i rekkehusene. I dette tilfellet valgte vi å beholde tettheten, men ved andre bygningstypologier enn rekkehus kan man ikke godta dårlige solforhold i 1. etasje, dersom etasjen skal brukes til bolig.

I det bratte området nordøst for bekken er det benyttet en kombinasjon av høye lameller og terrassehus. Det er valgt høye lameller ettersom skyggen de skaper ikke vil falle på annen bebyggelse eller viktige oppholdsarealer. Skyggen faller på marka nord for prosjektavgrensningen og dette er et område hvor det er mindre viktig med mye solinnstråling. Terrassehusene er plassert i forkant av disse lamellene for å utnytte det bratte terrenget. Fordelen med terrassehus er at de skygger lite for bakenforliggende bebyggelse da de ligger i terrenget og ved å bruke dem får en også mye solinnstråling til de laveste etasjene i lamellene.

Enkelte steder har vi valgt å prioritere solforhold foran tetthet. Dette er blant annet gjort ved å benytte oss av premiss 6 om å ha lavere og mer oppdelte hus sør for høye og lengre hus. I tillegg til å gi bedre solforhold fører dette premisset til mer variasjon. Et eksempel på dette er området nordøst for bekken (se figur 117) hvor vi plasserte terrassehusene foran lamellene.



Figur 120: Utprøving av forskjellig H/b-forhold ved høstjævndøgn kl. 14



Figur 121: Modifikasjoner som kan gjøres på karré. Dette er ved høstjævndøgn kl. 16

## Dilemmaer - Bygningsrotasjon

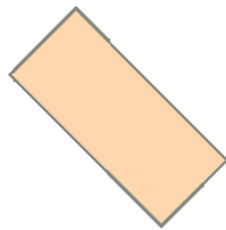
I denne delen går vi inn på dilemmaer vi opplevde i forbindelse med bygningsrotasjon. Konfliktene handler ofte om prioriteringer mellom tilpasninger til topografien, hovedvindretningene og solforhold. I vårt tilfelle har vi tre motstridende premisser for bygningsrotasjon som er oppsummert under.

Fordeler og ulemper med forskjellig bygningsrotasjon.



Lengst fasade vendt mot sør

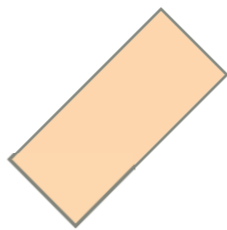
Premiss 1 sier at for å få maksimal solinnstråling til byggene bør hus plasseres med fasaden mot syd. Gitt at det ikke er for tett mellom byggene (høyt h/b-forhold). Dette er også bra for solenergiproduksjon ifølge premiss 23.



Lengst fasade vendt mot sørvest

Store bygg bør plasseres parallelt med hovedvindretningen for å unngå ubehagelig downwash-vind og virvler (prinsipp 2). Denne retningen kan likevel være negativ da den kan føre til mye vintervind i gatene ettersom bygget ligger parallelt med hovedvindretningen vinterstid.

Dette vil også føre til mye morgensol i gaten og ettermiddagssol på fasaden i tillegg til at retningen er ganske bra for solenergiproduksjon.



Lengst fasade vendt mot sørøst

Ifølge premiss 7 bør bygg plasseres vinkelrett på hovedvindretningen for å bryte opp vintervinden og skape le. Dette vil føre til mye morgensol på fasaden, og mye ettermiddagssol i gaten. Denne retningen er ganske bra for solenergiproduksjon.

Så lenge byggenes vinkling mot sørøst eller sørvest ikke er for stor vil det ikke påvirke energiproduksjonen knyttet til solfangerne på tak i stor grad (se premiss 23). Vi valgte derfor ikke å prioritere en vinkling hovedsakelig mot sør. I stedet benyttet vi oss av en kombinasjon av bygg med den lengste fasaden vinklet mot sørøst og sørvest, da begge disse har sine fordeler. Hovedsakelig valgte vi å plassere bygg med den lengste fasaden mot sørvest ettersom det skaper gode solforhold for bygg på ettermiddagen, byggene følger kotene og dermed fører til slake gater mellom byggene. Alle de høyeste byggene er plassert med lengste fasade mot sørvest for å unngå at det blir ubehagelig å oppholde seg rundt bygget på grunn av vindvirvler.

Å plassere den lengste fasaden denne veien har derimot også flere negative sider. Ifølge premiss 12 bør ikke bygg plasseres parallelt med hovedvindretningen vinterstid. Likevel valgte vi å plassere gatene i denne retningen ettersom vi prioriterte hensynet til blant annet topografi, området og konteksten foran de negative konsekvensene ved retningen. En annen grunn til at vi tillater det er fordi vi kan unngå mye vind i gaten på andre måter. Et eksempel på dette er byggene med fasade mot sørøst som er plassert vinkelrett på vindretningen, da de bryter opp vinden, skaper le og bidrar til at vi unngår kanalisering av vinden. I tillegg plassert vi trær i de gatene som ikke blir brutt opp på denne måten. En kombinasjon av disse bygningsretningene skaper også variasjon som er positivt.

## Utgangspunkt for plassering av vegetasjon

For å illustrere premisene knyttet til plassering av vegetasjon har vi laget en oversikt over dem og illustrert dem i et kart (se figur 122).

- Dette er premisene vi har brukt:
- 16: For å unngå at ovenforliggende vind kommer ned til gatenivå på en åpen plass bør det plasseres trær rundt plassen.
- 17 Løvtrær bør benyttes i by ettersom de skygger om sommeren og slipper igjennom sol om vinteren.
- 18: Bartrær bør benyttes i nord for å beskytte mot kald nordavind.
- 19: Trær som står i gater som ikke er parallel med hovedvindretningen kan stå tett da det vil kunne forhindre vind i gaten.
- 20: For å hindre kanalisering av vind bør det plasseres trær i gatene som går parallelt med hovedvindretningen vinterstid.
- 21: Grønnstrukturen som strekker seg gjennom området for å ventilere bør være relativt åpent i midten.

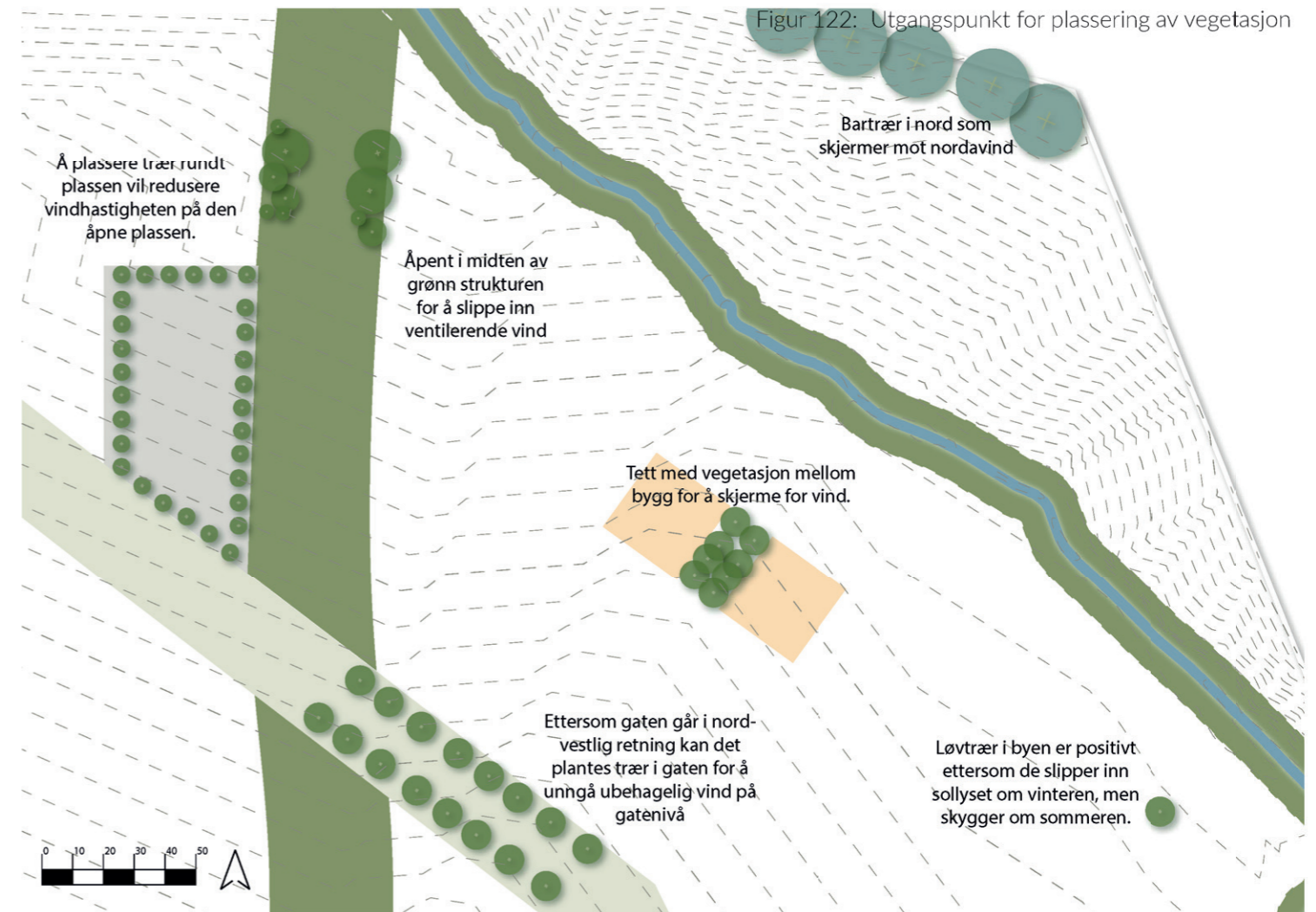
Ettersom alt vi har å ta utgangspunkt i kommer fra premisslisten er det færre dilemmaer å diskutere her enn det var angående bygningsplassering.

Tegnforklaring	
	Løvtrær
	Bartrær
	Kjørearealer
	Bygg
	Grønnstruktur
	Plass
	Elv

### Vegetasjon

Vi gjorde flere tiltak for å unngå mye vind på plassen i forbindelse med nabolagssentret (plass 1). For å spesielt unngå kald vintervind er ingen av gatene inn til plassen parallele med hovedvindretningen om vinteren i henhold til premiss 15. Det er også plassert trær rundt plassen som følge av prinsipp 16. Grønnstrukturen som går fra sør til nord er holdt åpen i midten og det er kun plassert trær i ytterkantene, dette er gjort slik at sommervinden slipper inn i byen og kan ventilere (premiss 21, se figur 125). I gatene som går sørøst-nordvest og hvor det er lite bygg som skaper le har vi valgt å plassere trær i henhold til premiss 20. For å unngå å skape en korridoreffekt mellom trærne er disse plassert med god avstand (Se figur 123). I gater som går i andre retninger plassert vi derimot trærne litt tettere slik at de kan bidra til å hindre vinden i å bevege seg ned mellom byggene, premiss 19. Vi valgte også å plassere noen bartrær i nord ettersom dette stopper kald nordavind, men i vår case er ikke dette like viktig som andre steder da det rett nord for området allerede befinner seg mye barskog (Kartverket et al., u.å.).

### Dilemmaer

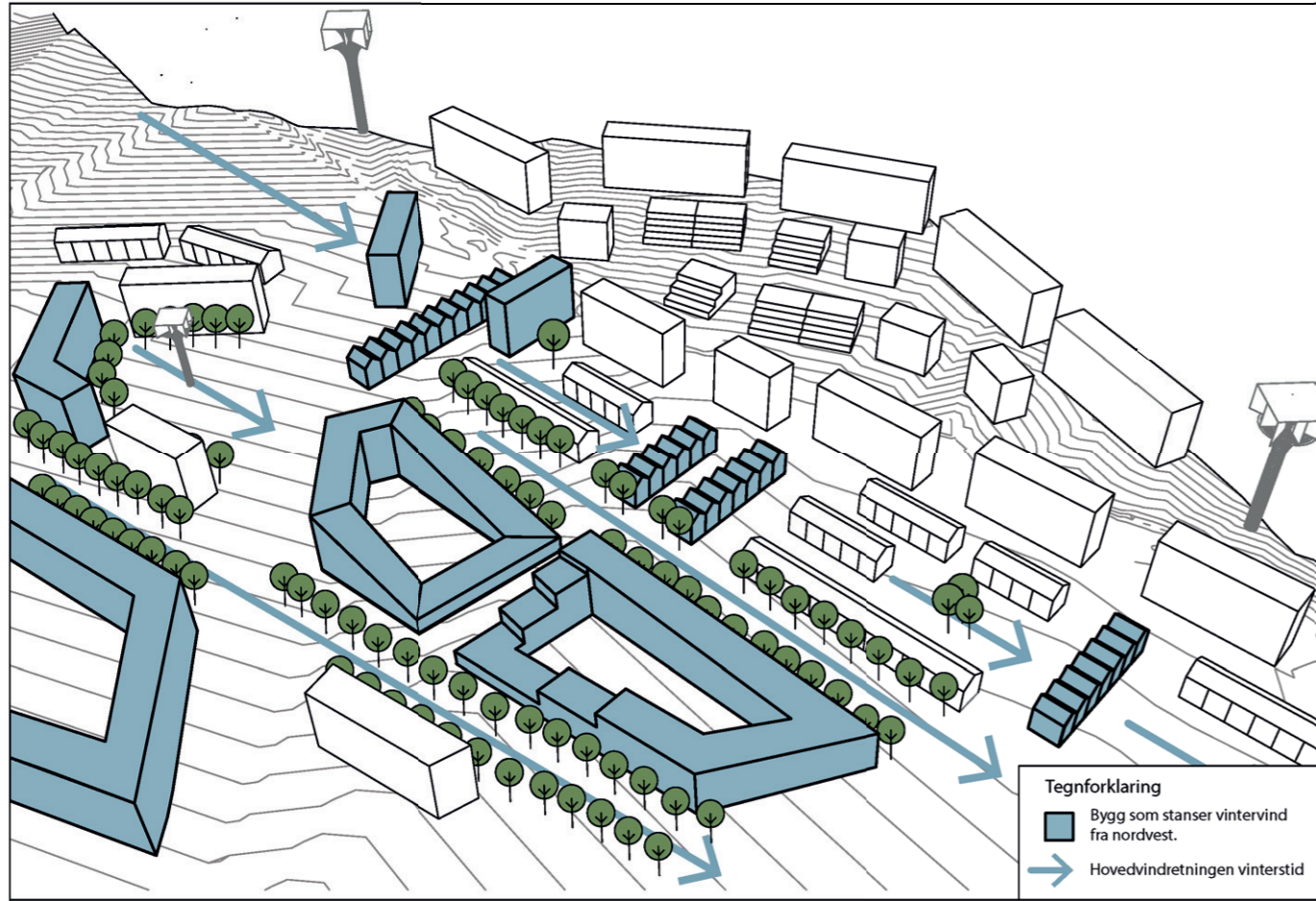


Figur 122: Utgangspunkt for plassering av vegetasjon



Figur 123: Endelig resultat

Figur 125: Evaluering av hvordan den endelige strukturen påvirker vinden



Figur 124: Åpen grønnstruktur for å sikre sommerventilasjon



Tetthet - Skygge vs. solinnstråling

Ved plassering av trær i bystruktur oppstår det to dilemmaer. Det ene er dilemmaet mellom hva som bør prioriteres av skygge og solinnstråling i byen. En høy tetthet av trær vil gå på bekostning av solinnstrålingen. Trær er positivt for mye i byen, det bidrar blant annet til bedre luft og er positivt for dyrelivet. Samtidig fører trær til skygge og kan fjerne mye av solinnstrålingen til bygg og gate. Det er derfor viktig å benytte mest løvtrær ettersom solen slipper gjennom om vinteren, og trærne gir skygge om sommeren. I fremtiden kan det kanskje bli enda

større behov for skygge på grunn av en økende temperatur. For å ikke skygge unødvendig mye på bygg har vi en høyere tetthet av trær nord, for bygg enn syd for dem.

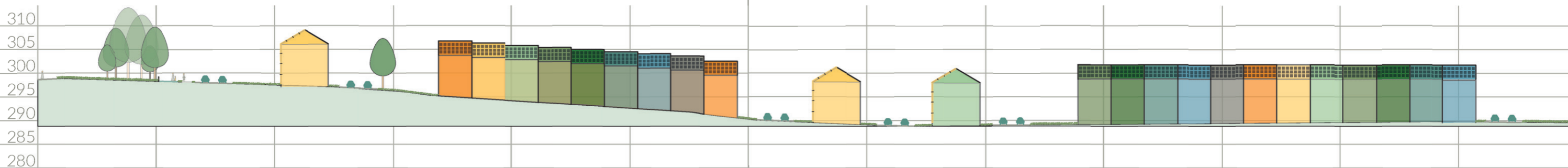
Plassering av trær - Vind vs. sol  
 Det andre dilemmaet som kan dukker opp i prosjekteringen er dilemmaet om hva som skal prioriteres av vind eller sol. For å begrense vinden i gatene kan trær plantes ut, men dette vil føre til mer skygge. Alternativet er å ikke ha trær i gatene. Dette fører til mer sol, men samtidig også mer vind. Vi prioriterte å plassere ut trær. Ettersom dette er

løvtrær vil de om vinteren, når det er mest behov for mye solinnstråling, ikke ha blader og da vil mye solinnstråling komme ned til gater og bygg. Om sommeren når det er mye solinnstråling og vi har mer behov for skygge vil trærne bidra til det. I tillegg er det viktig for oss at vi prøver å unngå mye kald vintervind i gaten.

Figur 127: Kart som viser hvor snittene i oppgaven er tatt fra



Figur 126: Snitt gjennom området



## Energiproduksjon

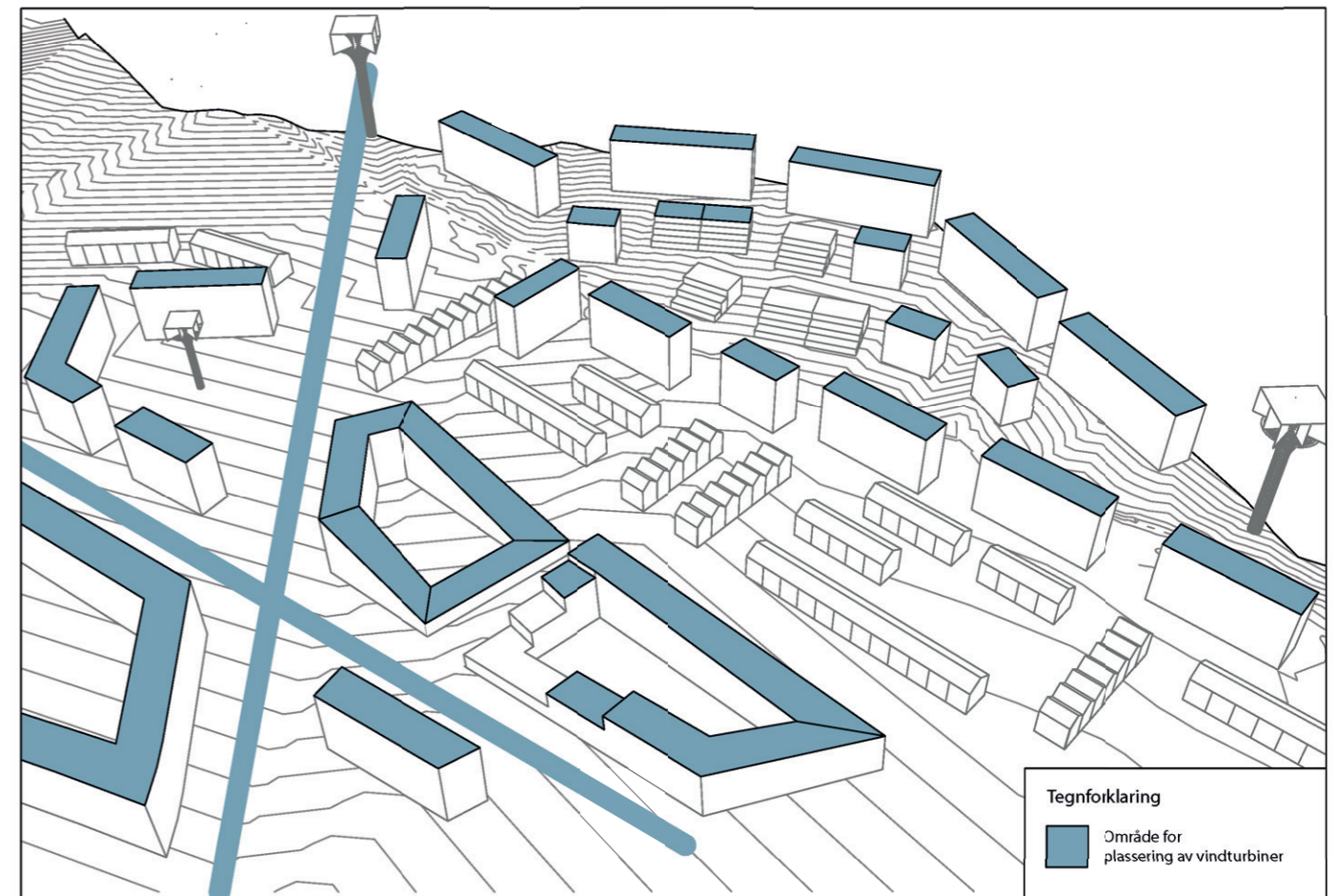
Etter å ha plassert byggene, vegetasjonen og plassene så vi på plassering av solfangere og VAWTer (Vertikalakslede turbiner). Dette fordi disse elementene ikke påvirker bystrukturen i særlig grad, men det er viktig å være bevisst plasseringen av dem.

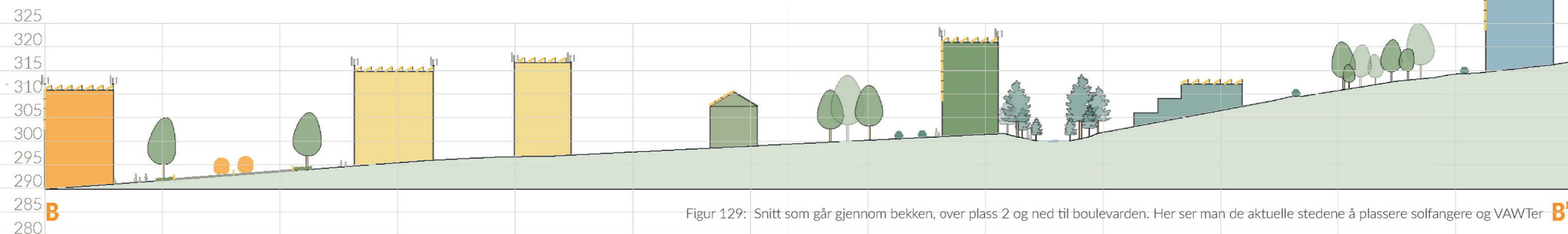
## Vindenergi

For å bestemme plasseringen av vindturbinene (VAWT) brukte vi blant annet premissene for å gjøre en antagelse angående hvor det vil kunne komme mye vind. Eksempler på dette er i den åpne grønnstrukturen, i boulevarden fra passerende transportmidler og på toppen av tak, desto høyere bygg desto mer vind.

I tillegg til dette benyttet vi oss av programvaren Autodesk Flow Design. Her kan terreng og bygninger importeres og programmet simulerer hvordan bystrukturen påvirker vinden og hvor vindhastigheten er høyest (se figur 128). Vi gjorde to analyser ved hjelp av dette verktøyet. En hvor vi satte opp vinden i hovedvindretningen sommerstid og en når vi brukte hovedretningen vinterstid. Det vi fikk ut av flow samsvarte med antagelsene vi allerede hadde gjort. Vi benyttet dette resultatet til å lage en illustrasjon som visualiserer de stedene vi mener vil ha høyest vindhastighet (se figure 128). Det er viktig å planlegge tilretteleggingen for vindenergiproduksjon i samråd med eksperter på vindenergi.

Figur 128: Områder aktuelle for VAWT





Figur 129: Snitt som går gjennom bekken, over plass 2 og ned til boulevarden. Her ser man de aktuelle stedene å plassere solfangere og VAWTer **B'**

## Solenergi

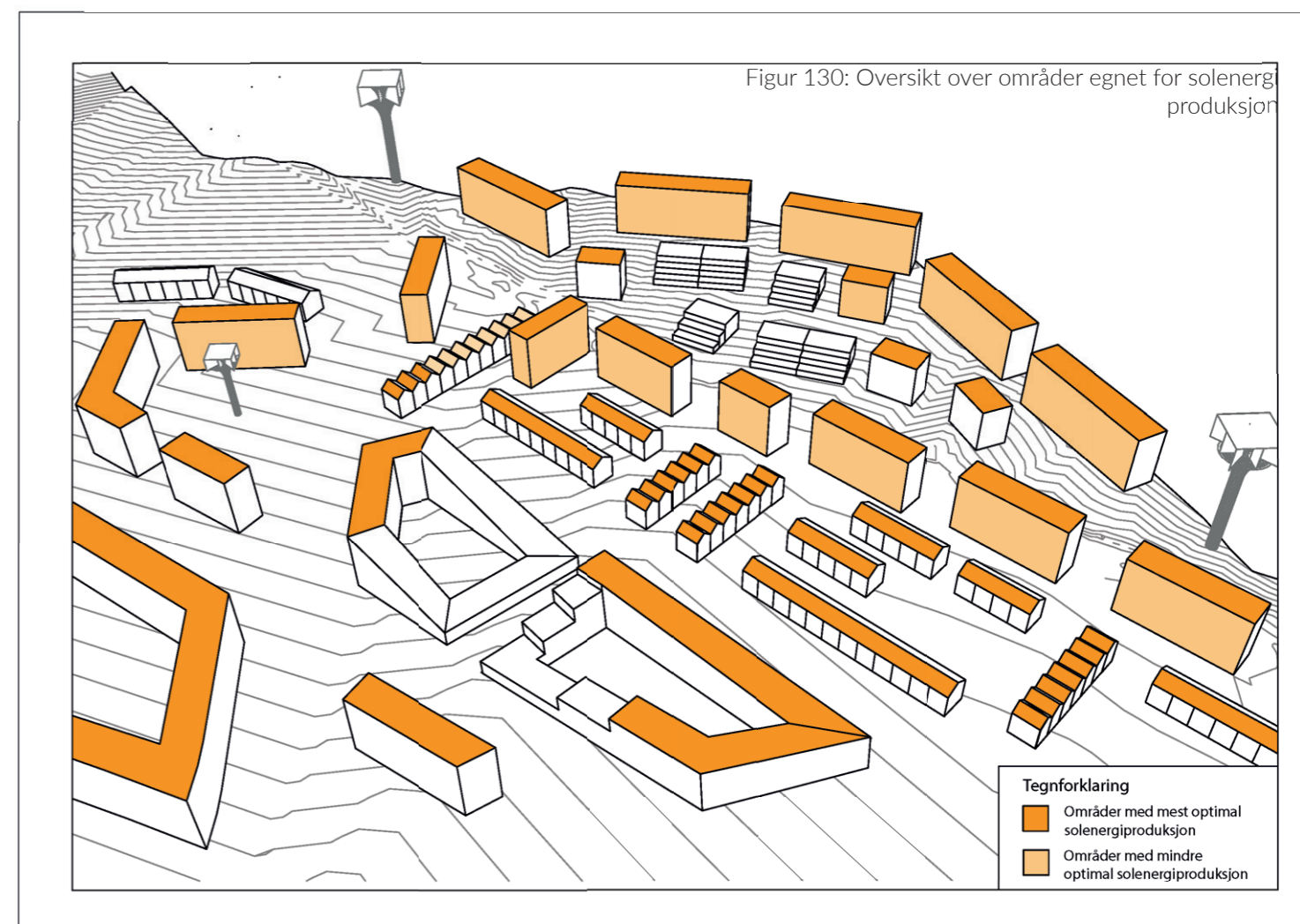
Da vi med tanke på byklime passet på gode solforhold for alle byggene, optimaliserte dette også for solenergiproduksjon. Premiss 1 sier den lengste fasaden til byggene bør plasseres mot sør og premiss 23 forteller at solfangerne også bør plasseres i denne retningen. Når vi gjennom prosjekteringen har prosjektert med hensyn på å få inn nok sol har dette derfor vært optimalt for både energiproduksjon og for å skape et komfortabelt byklime. Her er det symbiose mellom premissene.

Vi plasserte skråstilte solfangere på alle flate tak og sørget for at alle skråtak hadde størst mulig flate vendt mot sør som følge av premiss 23. Solfangerene ble plassert med en vinkel på 45 grader i henhold til premiss 24. Vi plasserte også solfangere på veggene til de høye husene med en stor fasade som vender mot sør og som får mye solinnstråling. I figur 130 har vi analysert i Sketchup hvilke tak og fasader som har mest optimale forhold for solenergiproduksjon, disse er markert i orange. Noen av takene har en lysere oransjefarge fordi solen skinner mindre her enn på de andre. I tillegg er alle veggene lys oransje da en 90 graders vinkel på solcellene totalt sett iløpet av året fører til mindre energiproduksjon enn en optimal vinkel på 45 grader.



Figur 131: Kart som viser hvor snittene i oppgaven er tatt fra

Gjennom prosjekteringen har vi forsøkt å anvende premissene vi kom frem til i litteraturkapittelet. Disse prinsippene har i varierende grad vært førende for prosjekteringen. Noen av premissene er det blitt lagt stor vekt på og vi har benyttet oss av dem ofte, mens andre er blitt brukt sjelden. Andre hensyn eller prinsipper har også blitt prioritert over premisslisten. Dette viser at vi ikke alltid kan prioritere byklime eller energiproduksjon. Vi ønsker igjen å poengtere hvor viktig det er å se prosjekteringen i kontekst av prosjektets plassering og klima.



Figur 130: Oversikt over områder egnet for solenergi produksjon

# 5. Diskusjon

Gjennom oppgaven har vi utprøvd en mulig fremgangsmåte for hvordan tilrettelegge for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon. Videre har vi sett på hvordan dette bidrar til mer bærekraftige bystrukturer. I dette kapittelet oppsummerer vi prosjekteringen, for så å diskutere utfordringene knyttet til oppgaven. Vi nevner også hva som skal til for å bedre tilrettelegge for et komfortabelt byklima og fornybar, urban energiproduksjon. Før vi til slutt diskuterer anvendelsen av premisslisten, oppgavens overførbarhet og presenterer konklusjonen.

## Hovedproblemstilling

Hvordan kan fokus på tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon bidra til mer bærekraftige bystrukturer?

## Oppsummering

Vi ser at det hovedsakelig er fire temaer som påvirket avgjørelsene våre gjennom prosjekteringen; vind, sol, topografi og tetthet. Spesielt stedets hovedvindretning om sommer og vinter har i stor grad påvirket prosjekteringsprosessen. Sommerventilasjonen ble tatt mye hensyn til i byskala og nabolagskala der vi passet på at grønstrukturen går inn på området direkte fra sør og er relativt åpen på midten. Fokuset på å minimere mengden vintervind som kommer inn på området var viktig i alle skalaene - by, bydel og nabolag. På nabolagskala er en del bygg og gater plassert parallelt med denne hovedvindretningen. Dette gjorde at vi fikk frem hvordan vi kunne begrense vinden i gatene og unngå kanalisering ved å benytte vegetasjon og bygg til å bryte vinden.

Å gjøre tilpasninger til hovedvindretningene om sommeren og vinteren ville blitt mer utfordrende dersom hovedvindretningen var den samme hele året eller om vinden sommer og vinter kom fra to motstående himmelretninger. Da måtte det vurderes hvorvidt det var viktigst å forhindre kald vind på

vinteren eller tilpasse for kjølede ventilering på sommeren.

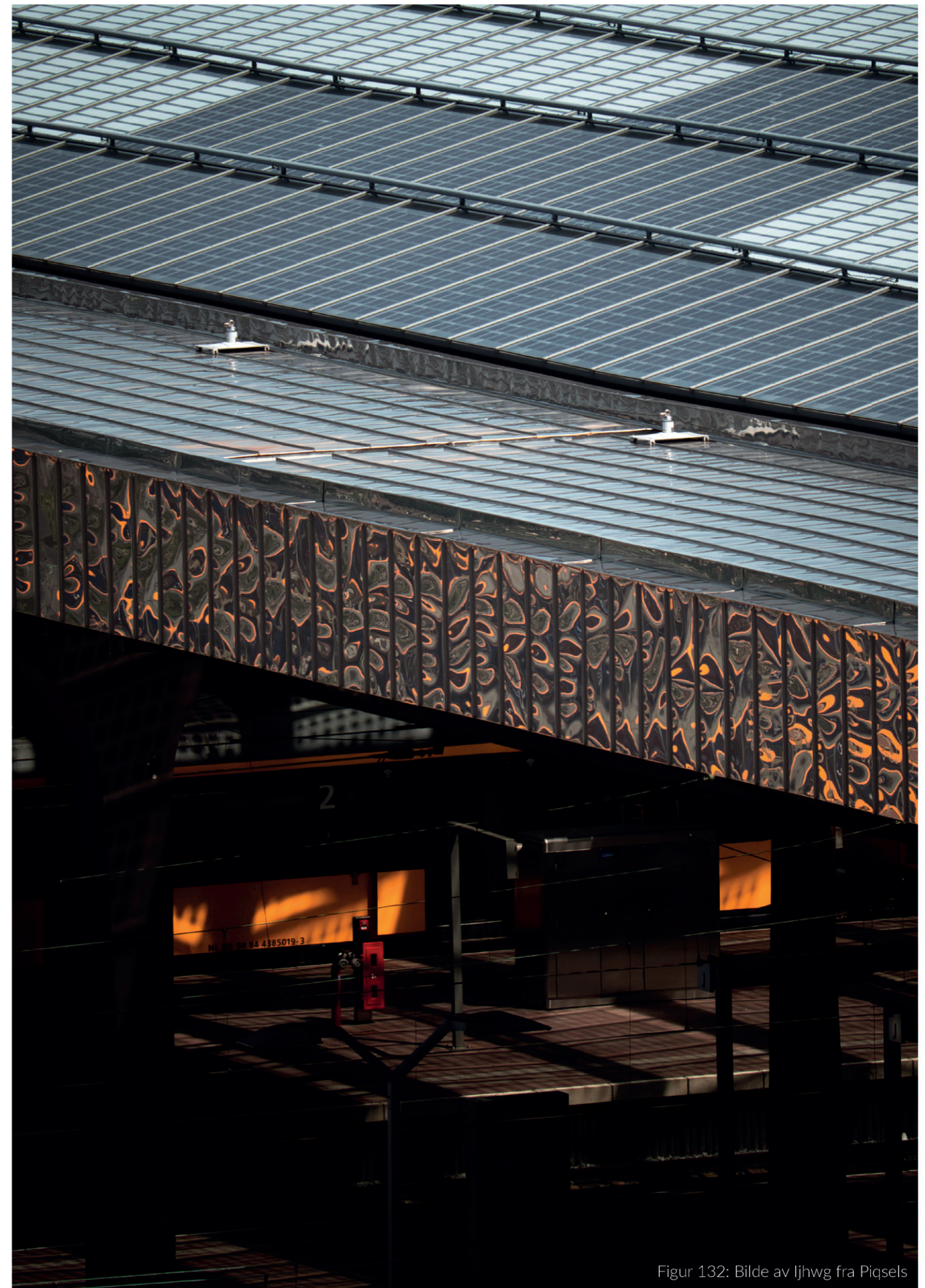
Solforholdene ble tatt mest hensyn til i nabolagskala, spesielt med tanke på h/b-forholdet og orientering av bygg. I vårt case påvirket terrenget også solforholdene positivt, med en helning hovedsakelig rettet mot sørvest.

I prosjekteringen har tilpassing til et komfortabelt byklima tatt mest plass og fått mest fokus. Det er to grunner til dette; dette temaet har mest litteratur med et landskapsarkitektonisk fokus og det er dermed flest premisser på dette temaet. Den andre grunnen er at tilpasning til et komfortabelt byklima i større grad påvirker bystrukturen, mens tilrettelegging for urban, fornybar energiproduksjon gjør dette i mindre grad.

## Utfordringer

I de neste avsnittene presenteres utfordringer vi har støtt på gjennom arbeidet med oppgaven og det redegjøres for hvordan vi har løst dem. Vi kommer inn på ulike utfordringer knyttet til tilgang på litteratur, referanseprosjekter og data, presentasjonen av fremgangsmåten vår og usikkerhet i forbindelse med plassering av deponiet.

Det var utfordrende å finne nok kilder og litteratur som omhandler temaene for oppgaven vår.



Figur 132: Bilde av Ijhwg fra Piqsels



I litteraturkapittelet har vi hovedsakelig benyttet oss av tre bøker som handler om byklima, da det var vanskelig å finne litteratur med et fokus på utforming av bystrukturer. Vi søkte etter litteratur som omhandlet fornybar energiproduksjon i urban kontekst, men det finnes begrenset aktuell litteratur. Ofte handlet litteraturen i liten grad om produksjon i by, i tillegg til at den var svært teknisk og matematisk. Mer litteratur som var skrevet for landskapsarkitekter, gjerne konkrete og lettfattelig ville ha gjort kunnskapsinnhenting enklere og raskere. Ofte var ikke litteraturen tilpasset en nordisk kontekst, noe som gjorde det vanskelig for oss å vurdere hvor aktuelt hvert tiltak ville være i en norsk sammenheng. Mer nordisk litteratur ville kunne bidra til mer kunnskap og en forbedring av premisslisten. Dette ville igjen bidra til bedre kvalitet på prosjekter som skal bygges.

Det er behov for mer forskning og gode prosjekter som fokuserer på tilrettelegging for komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon. I nordisk kontekst er det lite forskning på tilrettelegging for et komfortabelt byklima, noe som er viktig da vi opplever svært andre klimatiske utfordringer enn andre steder i verden. Urban energiproduksjon som er fornybar handler i dag i stor grad om solenergi. Det trengs mer forskning på å øke utnyttelsesgraden til solceller og utnyttelse av vinden til energiproduksjon i byen. Et eksempel på dette er teknologien rundt bruk av vindtårn i by. Dersom denne forskningen hadde eksistert, kunne flere lagt til rette for energiproduksjon i byer og nordiske land kunne tilrettelagt for et komfortabelt byklima basert

på utfordringer i det nordiske klimaet.

I mangel på gode nordiske referanseprosjekter som tar hensyn til byklima og tilrettelegger for fornybar energiproduksjon er det ikke blitt benyttet referanseprosjekter i oppgaven. Vi håper at Sollihøgda plussby prosjektet kan bidra til forskning på dette temaet og dersom det blir en realitet gå foran som et vellykket prosjekteksempel.

Vår erfaring fra analysekapittelet har vist at det er utfordrende å hente tilstrekkelig med klimainformasjon for et spesifikt sted som Avtjerna. Det finnes værstasjoner over hele Norge, men dataene er ofte ufullstendige og utilgjengelige. Vindanalysene vi har brukt kommer fra Dønski værstasjon som ligger lavere i terrenget og 10 km i luftlinje unna Avtjerna, da dette er den nærmeste værstasjon som tilbyr vinddata. Vi måtte akseptere at vi ikke hadde optimale datagrunnlag og ble nødt til å basere prosjekteringen på unøyaktige data. I samarbeid med meteorolog foretok vi derfor noen antakelser, til tross for at dette medførte en feilmargin. Manglende data kan være en av grunnene til at det i liten grad blir planlagt med hensyn til byklima i dag. Vi tror at hvis dataene hadde vært av høyere kvalitet og lettere tilgjengelig ville flere kunne bruke dem i planleggingsprosessene. I tillegg vil mer lokale data være mer nøyaktig og bidra til en bedre tilpasning til lokale værforhold.

Gjennom oppgaven har også terrenget på Avtjerna vært en utfordring. Vi vet at det kommer et deponi,

men vi vet ikke med sikkerhet hvilke mengder det er snakk om eller hvordan det kommer til å plasseres og forme landskapet. Ettersom det ville vært svært tidkrevende å gjøre en analyse av mulig plassering av deponiet, mengdeberegne og se på miljø- og naturkonsekvenser bestemte vi oss for å gjøre en generering av terrenget. Vi benyttet oss av det eksisterende terrenget rundt prosjektavgrensningen og langs utvalgte vassdrag for å generere et nytt, utjevnet terreng i AutoCAD. Dette var et effektivt og enkelt verktøy som ga oss et inntrykk av hvilken vei området vil helle. Dette gjorde det mulig for oss å jobbe videre med prosjekteringen og fokusere på temaet for oppgaven.

Det var utfordrende å vise vår arbeidsmetode og tankerekke fra prosjekteringsprosessen da vi vekslet mellom skalaene. I tillegg var det krevende å prioritere mellom alle premissene, hensynene og prinsippene. Som redegjort for i prosjekteringskapittelet har vi måttet gjøre noen avveininger angående hvorvidt vi prioriterer komfortable vindforhold, gode solforhold, tilrettelegging for urban fornybar energiproduksjon, tilpasning til topografien eller høy tetthet. Vi har valgt det vi mener gir en god løsning, men anerkjenner at det finnes flere alternative løsninger og andre prioriteringer som også tilrettelegger for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon.

#### **Overførbarhet**

For å formidle anvendelsen av premisslisten har vi hatt fokus på hvilke valg og avveininger vi har

gjort fremfor det endelige resultatet. Vi har hele veien vist den relevante prosessen nøye, forklart hvilke dilemmaer vi stod overfor, og argumentert for valgene som ble gjort. Poenget med en slik tydelig og gjennomiktig prosess er å se anvendelsen av premisslisten i praksis. Prosessen er med på å understreke viktigheten av å gjøre disse avveiningene for hvert sted, da premisslisten har motstridene premisser som må prioriteres mellom. En kan ikke kopiere vårt resultat til et annet case og forvente en by med et komfortabelt byklima som er tilrettelagt for fornybar energiproduksjon.

Vi mener at premisslisten er et godt verktøy for å få en oversikt over mulighetene og kan bidra til veloverveide avveininger når det skal tilrettelegges for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon. Det er derimot viktig å bemerke at denne listen er tilpasset caset, er kontekstavhengig og ikke endelig. Målet med premisslisten og en tydelig prosjekteringsprosess er at flere kan nytte dette i andre prosjekter som utgangspunkt og inspirasjon.

Vår fremgangsmåte og premissliste kan også være til inspirasjon for flere fagmiljøer enn landskapsarkitekter, som for eksempel arealplanleggere, arkitekter og ingeniører. De som jobber med byutvikling bør tilegne seg mer kunnskap for å kunne tilrettelegge for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon.

## 6. Konklusjon

Det er mange faktorer som bidrar til bærekraftig byutvikling. Fokus på tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon er bare en del av dette.

Ved å fokusere på tilrettelegging for et komfortabelt byklima bidrar man til å skape gode, behagelige, permanente uterom som byens innbyggere kan benytte seg av i lang tid. Byen vil kunne brukes mer ettersom komfort er en forutsetning for vellykkede steder for folk. Dette bidrar indirekte til en bedre folkehelse, da folk tilbringer mer tid ute. På grunn av urbaniseringen vil byklimaet også bli viktigere. Jo tettere en by er desto mindre ligner det på det omkringliggende landskapet. Et fokus på urban fornybar energiproduksjon vil først og fremst føre til mindre klimagassutslipp, men det å genererer energien der den skal brukes vil også føre til andre fordeler. Byene blir blant annet mindre sårbar i forhold til brudd på infrastruktur og det fører til mindre forringelse av natur da en vil ha mindre behov for utbygging av kraftverk og tilhørende infrastruktur. I stedet utnyttes de fornybare ressursene urbant, der naturen allerede er fortrenget.

Tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon er en viktig del av bærekraftig byutvikling. Gjennom prosjekteringen har vi kommet frem til viktige tiltak som vil gjøre det enklere å tilrettelegge for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon. Mer lettfattelig litteratur som omfatter temaene bør gjøres lett tilgjengelig samt at det bør etableres gode, nordiske referanseprosjekter. Tilgangen til lokalklima data bør forbedres og gjøres lett tilgjengelig. Premislisten vi utarbeidet fungerer godt som en start, men den må videreutvikles og tilpasses hver enkelt kontekst.

Å skape bærekraftige bystrukturer er komplekst, og tilrettelegging for et komfortabelt byklima og urban, fornybar energiproduksjon er kun to av brikkene i det store puslespillet. Vi mener at disse brikkene ofte har manglet i utformingen av bærekraftige bystrukturer og håper at flere skal benytte seg av dem i fremtiden.



Figur 133: Tobias Bjørkli fra Pexels

# Litteraturliste

Allaei, D. & Andreopoulos, Y. (2014). INVELOX: Description of a new concept in wind power and its performance evaluation. *Energy*, 69 (C): 336-344. doi: 10.1016/j.energy.2014.03.021.

Architects declare. (2019). *Norway Architects Declare Climate & Biodiversity Emergency*. architectsdeclare.com. Tilgjengelig fra: <https://no.architectsdeclare.com/>.

Asplan Viak. (2016). *Vega Scene*. Tilgjengelig fra: <https://www.asplanviak.no/prosjekt/12405/> (lest 22.05.2020).

Bane NOR. (2017). *Jernbanedirektoratet anbefaler ikke stasjon ved Avtjerna*. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/ringeriksbanenoge16/innhold/2017/jernbanedirektoratet-anbefaler-ikke-stasjon-ved-avtjerna/> (lest 22.05.2020).

Bane NOR & Statens vegvesen. (2019a). *Innkomme merknader til offentlig ettersyn av reguleringsplan - Merknader fra Avtjerna sør i Bærum kommune*.

Bane NOR & Statens vegvesen. (2019b). *Tegningshefte del VII*.

Bane NOR, Statens vegvesen & Konsulentgruppen NAA AS. (2020). *Planbeskrivelse med konsekvensutredning - Reguleringsplan med konsekvensutredning (KU), Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 Høgstet - Hønefoss*.

Benjaminsen, C. (2018). *Hva betyr egentlig sirkulær økonomi?*: Gemini. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/hva-betyr-egentlig-sirkular-okonomi/> (lest 10.02.2020).

Berardi, U. & Wang, Y. (2016). The Effect of a Denser City over the Urban Microclimate: The Case of Toronto. *Sustainability*, 8 (822). doi: <https://doi.org/10.3390/su8080822>.

Berner, E. j. (2009). *Evapotranspirasjon*. Aarnes, H. (red.). Store Norske Leksikon.

Berner, E. j. (2018). *Transpirasjon - botanikk*. Aarnes, H. (red.). Store Norske Leksikon.

Birkeland, Ø. (1975). *Terrassehus: bygging i bratt terreng*. Oslo: NBI.

Bjørbekk & Lindheim. (2016). *Ensjø*. Tilgjengelig fra: <http://www.blark.no/ensjo/>.

Blankenberg, A. G. B., Skarbøvik, E. & Kværnø, S. (2017). *Effekt av buffersoner - på vannmiljø og andre økosystemtjenester*: NIBIO.

Boysen, M., Hoftun, S. & Opsahl, S. H. (2012). *Utearealnormer - Normer for felles leke- og uteoppholdsarealer for boligbygging i indre Oslo*. Plan- og bygningsetaten.

Braskerud, B. C. (2016). *Grønne tak for flomdemping*. Norges vassdrags- og energidirektorat: Oslo kommune.

Butenschøn, P. (2019). *Urbanisering*. Butenschøn, P. (red.). Store Norske Leksikon.

Bærum kommune. (2018). *Bestemmelser og retningslinjer - Kommuneplanens arealdel 2017-2035*.

Børud, E., Dahl, A.-M., Ellefsen, K. O., Groth, P., Holm, E. D., Huse, T., López, A., Nerseth, K., Norheim, B., Schumann, B., et al. (2013). *Faglig råd for bærekraftig byutvikling*. Kommunal- og regionaldepartementet & Miljøverndepartementet.

Carmona, M., Tiesdell, S., Heath, T. & Oc, T. (2003). *Public Places, Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*. 2 utg. New York: Routledge.

COWI & Avtjerna Grunneierforening. (2017). *Klimagassregnskap på håndtering av masser*. Tilgjengelig fra: <http://sollihogdaplussby.no/klimagassregnskap/> (lest 22.05.2020).

COWI & Avtjerna Grunneierforening. (u.å.). *Sollihøgda plussby*. Tilgjengelig fra: <http://sollihogdaplussby.no/> (lest 02.05.2020).

COWI AS. (2018). *COWI Try-studenter presenterer innovasjonsløsninger for Europas første plussby*. Tilgjengelig fra: <https://www.cowi.no/om-cowi/nyheter-og-presse/cowi-try-studenter-presenterer->

[innovasjonsløsninger-for-europas-foerste-plussby](#) (lest 23.05.2020).

Dannevig, P. & Harstveit, K. (2019a). *Klima*. Mamen, J. (red.). Store Norske Leksikon.

Dannevig, P. & Harstveit, K. (2019b). *Vind*. Sivle, A. D. (red.). Store Norske Leksikon.

Den Norske Turistforening. (2019). *Kart*. Tilgjengelig fra: <https://ut.no/kart#12.4/59.96453/10.40369>.

Det europeiske miljøbyrået. (2019). *Miljøstatus i Europa 2020: Det haster med en ny kurs for å takle klimaendringer, snu ødeleggelsen av miljøet og sikre framtidig velstand* (lest 22.05.2020).

Devecitech. (u.å.). *What is Enlil?* Tilgjengelig fra: <https://devecitech.com/> (lest 15.05.2020).

Direktoratet for byggkvalitet. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/8/8-7/>.

Energiverket. (2016). *Hva er passivhus, nullhus og plusshus?* Tilgjengelig fra: <https://www.energiverket.no/hva-er-passivhus-nullhus-og-plusshus/> (lest 25.05.2020).

Eriksen, A. H. & Ibrekk, A. S. (2019). *Høring - NVEs forslag til en nasjonal ramme for vindkraft på land*. Olje- og energidepartementet: Regjeringen.

European Environment Agency. (2019). *The European environment – state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe*. <https://www.eea.europa.eu/>: European Environment Agency.

FN-sambandet. (2019a). *Befolkning, migrasjon og urbanisering*. <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Befolkning>.

FN-sambandet. (2019b). *Bærekraftig utvikling*: FN. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/Baerekraftig-utvikling> (lest 01.06.2020).

FN. (2019). *Klimaendringer* United Nations Association of Norway. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Tema/Klima-og-miljoe/Klimaendringer>.

FN. (2020). *FNs bærekraftsmål*. fn.no. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>.

Foletta, N. & Field, S. (2011). *Europe's vibrant new low car(bon) communities*.

Forskrift om vern av Djupdalen og Kjaglidalen naturreservat. (2015). *Forskrift om vern av Djupdalen*

*og Kjaglidalen naturreservat, Bærum og Hole kommuner, Akershus og Buskerud*.

Fæhn, T., Isaksen, E. T. & Rosnes, O. (2013). *Kostnadseffektive tilpasninger til togradersmålet i Norge og EU fram mot 2050*. ssb.no: Statistisk sentralbyrå.

GETEK ENERGY. (u. å. ). *Tips til montering av solcellepaneler*. getek.no. Tilgjengelig fra: [http://getek.no/wp-content/uploads/2017/03/Monteringstips\\_solpaneler-1.pdf](http://getek.no/wp-content/uploads/2017/03/Monteringstips_solpaneler-1.pdf).

Gildestad, B. A. (2020). Ringeriksbanen utsett – igjen. *NRK*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/norge/ringeriksbanen-utsett-igjen-1.15015729> (lest 21.05.2020).

Gipe, P. (2018). *Large Wind Turbines*. Tilgjengelig fra: [http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=625&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=4971&cHash=a734f6787ce80e93ff54d44c74842cce](http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=625&tx_ttnews%5Btt_news%5D=4971&cHash=a734f6787ce80e93ff54d44c74842cce) (lest 01.05.2020).

Gule Sider. (2020). *Kart*. Tilgjengelig fra: <https://kart.gulesider.no/> (lest 22.05.2020).

Gundersen, D. (2009). *Komfortabel*. Nilstun, C. (red.). Store Norske Leksikon.

Gundersen, D. (2020). *Urban*. Persvold, A. Z. (red.). Store Norske Leksikon.

Haase, M. & Löfström, E. (2015). *Building augmented wind turbines - BAWT: Integrated solutions and technologies of small wind turbines*: SINTEF.

Hanslin, H. M. & Johannessen, B. G. (2019). *Grønne tak som LOD- og miljøtiltak*, 172: Miljødirektoratet. Hoffmann, T. (2020). *SunCalc.org*. Tilgjengelig fra: <https://www.suncalc.org/#/59.948,10.3833,15/2020.06.20/12:39/1/3> (lest 21.05.2020).

Husaas, E. (2018). Hvordan utvikle byromsnettverk i byer og tettsteder. *Plan* (04): 42-45.

International federation of landscape architects. (2019). *IFLA declares a climate and biodiversity emergency*. iflaworld.com. Tilgjengelig fra: <https://www.iflaworld.com/newsblog/ifla-declares-a-climate-and-biodiversity-emergency>.

Jakobsen, S. B., Mindeberg, S. K., Østenby, A. M., Dalen, E. V., Lundsbakken, M., Bjerkestrand, E., Haukeli, I. E., Berg, M., Johansen, F. B., Weir, D., et al. (2019). *Nasjonal ramme for vindkraft*, 12-2019: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Kammerud, I. & Jøntvedt, L. B. (2017). Inger Kammerud og Lise Bye Jøntvedt (H): Avsporing på Avtjerna? *Ringerikes blad*. Tilgjengelig fra: <https://www.ringblad.no/>

meninger/ringeriksbanen/fellesprosjektet-ringeriksbanen-og-e16/inger-kammerud-og-lise-by-jontvedt-h-avsporing-pa-avtjerna/o/5-45-490291.

Kanters, J. & Horvat, M. (2012). Solar Energy as a Design Parameter in Urban Planning. *Energy Procedia*, 30: 1143-11522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.11.127>.

Kanters, J., Wall, M. & Dubois, M.-C. (2014). Typical Values for Active Solar Energy in Urban Planning. *Energy Procedia*, 48: 1607-1616. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.181>.

Kartverket (red.). (2020). *Norgeskart*.

Kartverket, Geovekst og kommunene & NIBIO. (u.å.-a). **Arealinformasjon - Myrinformasjon**: Kilden. Tilgjengelig fra: [https://kilden.nibio.no/?X=6655729.89&Y=241598.34&zoom=11.647689594616258&lang=nb&topic=arealinformasjon&bgLayer=graatone\\_cache&layers\\_opacity=0.25\\_0.2,0.75&layers=markslag\\_nyttbar\\_myrtypemarkslag\\_nyttbar\\_myromdanning,ar50\\_bonitet&catalogNodes=855,16&layers\\_visibility=true,true,false](https://kilden.nibio.no/?X=6655729.89&Y=241598.34&zoom=11.647689594616258&lang=nb&topic=arealinformasjon&bgLayer=graatone_cache&layers_opacity=0.25_0.2,0.75&layers=markslag_nyttbar_myrtypemarkslag_nyttbar_myromdanning,ar50_bonitet&catalogNodes=855,16&layers_visibility=true,true,false) (lest 23.05.2020).

Kartverket, Geovekst og kommunene & NIBIO. (u.å.-b). **Arealinformasjon - Skogressurskart**: Kilden. Tilgjengelig fra: [https://kilden.nibio.no/?lang=nb&topic=arealinformasjon&X=6655768.60&Y=242439.97&zoom=10.317419092303474&bgLayer=graatone\\_cache&catalogNodes=102,402,817&layers\\_opacity=0.75&layers=skogressurs\\_treslag\\_v](https://kilden.nibio.no/?lang=nb&topic=arealinformasjon&X=6655768.60&Y=242439.97&zoom=10.317419092303474&bgLayer=graatone_cache&catalogNodes=102,402,817&layers_opacity=0.75&layers=skogressurs_treslag_v) (lest 23.05.2020).

Khan, M., Alavi, M., Mohan, N., Shanif, A. & Javed, B. (2017). Wind Turbine design and fabrication to power street lights. *MATEC Web of Conferences*, 108. doi: 10.1051/mateconf/201710808010.

Leal Filho, W., Echevarria Icaza, L., Neht, A., Klavins, M. & Morgan, E. A. (2018). Coping with the impacts of urban heat islands. A literature based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context. *Journal of Cleaner Production*, 171: 1140-1149. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.086.

Lenzholzer, S. (2015). *Weather in the City*. Rotterdam: nai010 publishers.

Lund, E. & Lid, I. M. (2005). Byplanlegging for alle – universell utforming som styrende strategi for by- og tettstedsutvikling. *Plan* (02): 40-43.

Mamen, J. & Hygen, H. O. K. (2019). **2018 i et klimaperspektiv**: Meteorologisk institutt. Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/nyhetsarkiv/2018-i-et-klimaperspektiv> (lest 21.05.2020).

Mei, D., Wen, M., Xu, X., Zhu, Y. & Xing, F. (2018). The influence of wind speed on airflow and fine

particle transport within different building layouts of an industrial city. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68 (10): 1038-1050. doi: 10.1080/10962247.2018.1465487.

Meteorologisk institutt. (2020). **Hvordan påvirker klimaendringene Norge?** Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/klimasvar/hvordan-pavirker-klimaendringene-norge> (lest 22.05.2020).

Meteorologisk institutt. (u.å.). **eKlima**. Tilgjengelig fra: [http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL) (lest 23.05.2020).

Micallef, D. & Bussel, G. v. (2018). A Review of Urban Wind Energy Research: Aerodynamics and Other Challenges. *Energies* 11 (9). doi: 10.3390/en11092204.

Miljøstatus. (2019). **Allerede observerte klimaendringer**: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/>.

Ministry of Environment and Food of Denmark. (u.å.). **Noise from wind turbines**. Tilgjengelig fra: <https://eng.mst.dk/air-noise-waste/noise/wind-turbines/noise-from-wind-turbines/> (lest 21.05.2020).

Nelson, V. (2020). **Innovative Wind Turbines: An Illustrated Guidebook**: CRC Press.

Nilstun, C. (2020). **Struktur**. Carina Nilstun utg. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/struktur> (lest 01.05.2020).

Norad. (2014). **Bærekraftsmål**. norad.no.

Norges energi- og vassdragsdirektorat. (2019a). **Kraftproduksjon fra vindturbiner**. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/vindkraft/kraftproduksjon-fra-vindturbiner/> (lest 21.05.2020).

Norges energi- og vassdragsdirektorat. (2019b). **Vindkraft**. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/vindkraft/>.

Norges energi- og vassdragsdirektorat. (2020). **NVE elvenett**.

Norsk klimaservicesenter. (u.å.). **Observasjoner og værstatistikk**. Tilgjengelig fra: <https://seklima.met.no/observations/> (lest 23.05.2020).

North Bridge. (2017). **North Bridge utvikler Sollihøgda Plussby**. Tilgjengelig fra: <https://www.northbridge.no/north-bridge-utvikler-sollihogda-plussby/> (lest 20.02.2020).

Norwegian Ministry of Finance og Norwegian Ministry of Foreign Affairs. (2019). **One year closer 2019 - Norway's**

**progress towards the implementation of the 2030, Agenda for Sustainable Development**

Oke, T. R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Paszkwoskia, Z. W. & Golebiewski, J. I. (2017). The Renewable Energy City within the City. The Climate Change Oriented Urban Design - Szczecin Green Island. *Energy Procedia*, 115 (June 2017): 423-430. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.039>.

Pijpers-van Esch, M. (2015). **Designing the Urban Microclimate - A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process**. Doktogradsavhandling. ResearchGate: Delft University of Technology.

Planavdelingen ved Miljøverndepartementet. (2009). **Den europeiske landskapskonvensjonen - Hverdagslandskapet**. Regjeringen.no (red.).

Radfar, M. (2012). Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings. *Housing Studies* 27 (2). doi: <https://doi.org/10.1080/02673037.2011.615987>.

Reca-Cardeña, J. & López-Luque, R. (2018). Design Principles of Photovoltaic Irrigation Systems. *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*, 1: 295-333.

Regjeringen. (2018). **Om bærekraftsmålene**. Regjeringen.no.

Roothaan, S., Williams, C., Guerrero, S. & Acioli, P. H. (Oktober, 2012). **Optimization of Small Scale Wind Turbine in Urban Areas**.

Ryvardenn, L. (2014). **Kjaglidalen naturreservat**. Ryvarden, L. (red.). Store Norske Leksikon.

Røstad, H. & Havellen, V. (2018). **Ventilasjon**. Store Norske Leksikon.

Samferdselsdepartementet. (2018). **Avtjerna – kan bli spennende testområde for nye transportløsninger**: Regjeringen.

Sarralde, J. J., Quinn, D. J., Wiesmann, D. & Steemers, K. (2014). Solar energy and urban morphology: Scenarios for increasing the renewable energy potential of neighbourhoods in London. *Renewable Energy*, 73 (Januar 2015): 10-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.06.028>.

SEI, IISD, ODI, Climate Analytics, CICERO & UNEP. (2019). **The Production Gap: The discrepancy between**

**countries' planned fossil fuel production and global production levels consistent with limiting warming to 1.5°C or 2°C**. <http://productiongap.org/>.

Skiforeningen. (u.å.). **Sollihøgda**. Tilgjengelig fra: <https://www.skiforeningen.no/utmarka/steder/sollihogda/> (lest 22.05.2020).

Statens vegvesen & Jernbaneverket. (2009). **Fra fjell til tunnel**. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/contentassets/9fc5c0cd2dfc432f86b15f6e592e958b/brosjyre-fra-fjell-til-tunnel-2009.pdf> (lest 15.05.2020).

Statens vegvesen. (2014). Kollektivhåndboka - Tilrettelegging for kollektivtrafikk på veg og gate.

Statens vegvesen. (2018). **Veileder for helhetlig knutepunktsutvikling**. Vegdirektoratet & Jernbanedirektoratet.

Statens vegvesen, Bane NOR & Konsulentgruppen NAA. (2018). **Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 (FRE16) - Overordnet plan for massehåndtering**

Statens vegvesen. (2020). **E16 Sandvika-Skaret-Høgkastet**. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/Europaveg/E16Barum> (lest 06.05.2020).

Strava. (2020). **Global Heatmap**. Tilgjengelig fra: <https://www.strava.com/heatmap#13.02/10.39053/59.95702/hot/all> (lest 23.05.2020).

Surendar AG. (2015). **SheerWind Invelox – Futuristic Wind Turbine That Produces 600% More Power**. Tilgjengelig fra: <https://geekswipe.net/technology/energy/sheerwind-invelox-futuristic-wind-turbine-that-produces-600-more-power/> (lest 21.05.2020).

Svendsen, M. (2019). Arkitekter starter klimakampanje. **Arkitektnytt**.

Sørensen, Å. L., Torp, C. B. & Nylund, H. K. (2017). **Solvarme - i kombinasjon med andre varmekilder**: Norsk solenergiforening.

Universitetet i Oslo. (2018). **Vind**: Institutt for biovitenskap. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/v/vind.html>.

Vindportalen. (u.å.). **Turbiner**. Tilgjengelig fra: <https://www.vindportalen.no/Vindportalen-informasjonssiden-om-vindkraft/Teknologi/Turbiner> (lest 21.05.2020).

Ylvisåker, L. N. (2020). Den sirkulære hovedstaden. **Arkitektnytt**. Tilgjengelig fra: <https://www.arkitektnytt.no/nyheter/den-sirkul%C3%A6re-hovudstaden>.

# Figurliste

Dersom ikke annet er oppgitt, er alle figurer egenprodusert

Figur 1: Bilde av Tjaard Krusch fra Unsplash [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: [https://unsplash.com/photos/9\\_eWeJck1wA](https://unsplash.com/photos/9_eWeJck1wA)

Figur 2: Jan Kopřiva fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/nb-no/bilde/teknologi-bla-himmel-strom-styrke-3315512/>

Figur 3: Bilde av Vlado Paunovic fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/nb-no/bilde/bygning-monster-vegg-gra-3038740/>

Figur 6: Bilde av Ricardo Esquivel fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/nb-no/bilde/arkitektur-by-bybilde-bygninger-2771744/>

Figur 10: Bilde av Benjamin Suter fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/nb-no/bilde/by-person-gate-ga-3617457/>

Figur 11: Bilde av Bob Ward fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/nb-no/bilde/by-biler-vei-trafikk-3347244/>

Figur 13: Stråling i byer, inspirert av Pijpers-van Esch (2015)  
Pijpers-van Esch, M. (2015). Designing the Urban Microclimate - A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process. Doktogradsavhandling. ResearchGate: Delft University of

Figur 14: Bilde av Aleksandar Pasaric fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/photo/architecture-buildings-business-city-325185/>

Figur 15: Bilde av Aleksandar Pasaric fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/photo/photo-of-buildings-during-nighttime-2603464/>

Figur 16: Bilde av Scott Webb fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/photo/city-building-industry-roof-137602/>

Figur 17: Einar Storsul fra Pixabay [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://pixabay.com/no/photos/vindm%C3%B8lle-vind-str%C3%B8m-kraft-fjell-2574119/>

Figur 18: Bilde av Timea Kadar fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/sv-se/foto/arkitektur-byggnader-dagsljus-exterior-2214035/>

Figur 53: Bilde av Darius Krause fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/nb-no/bilde/4k-bakgrunnsbilde-atmosfaere-bakgrunnsbilde-bla-himmel-2931915/>

Figur 104: Bilde av Tore Sætre fra Wikimedia Commons [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sinsen\\_Aerial\\_2018\\_\(185823\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sinsen_Aerial_2018_(185823).jpg)

Figur 105: Bilde av Kjetil Ree fra Wikimedia Commons [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: [https://no.m.wikipedia.org/wiki/Fil:Rekkehush\\_Sk%C3%B8yen%C3%A5sen.jpg](https://no.m.wikipedia.org/wiki/Fil:Rekkehush_Sk%C3%B8yen%C3%A5sen.jpg)

Figur 106: Bilde av Sean Hayford O&#39;Leary fra Wikimedia Commons [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: [https://no.m.wikipedia.org/wiki/Fil:View\\_from\\_siloen.jpg](https://no.m.wikipedia.org/wiki/Fil:View_from_siloen.jpg)

Figur 107: Bilde av Krogsveen fra Krogsveen.no [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.krogsveen.no/kjope/boliger-til-salgs/A72054D6-356C-4382-96B3-FD57DD56B79B>

Figur 131: Bilde av Ijhwg fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/en/public-domain-photo-ijhwg/download>

Figur 132: Bilde av Tobias Bjørkli fra Pexels [digitalt fotografi] Tilgjengelig fra: <https://www.pexels.com/nb-no/bilde/arkitektur-bygning-moderne-norge-2360668/>



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway