

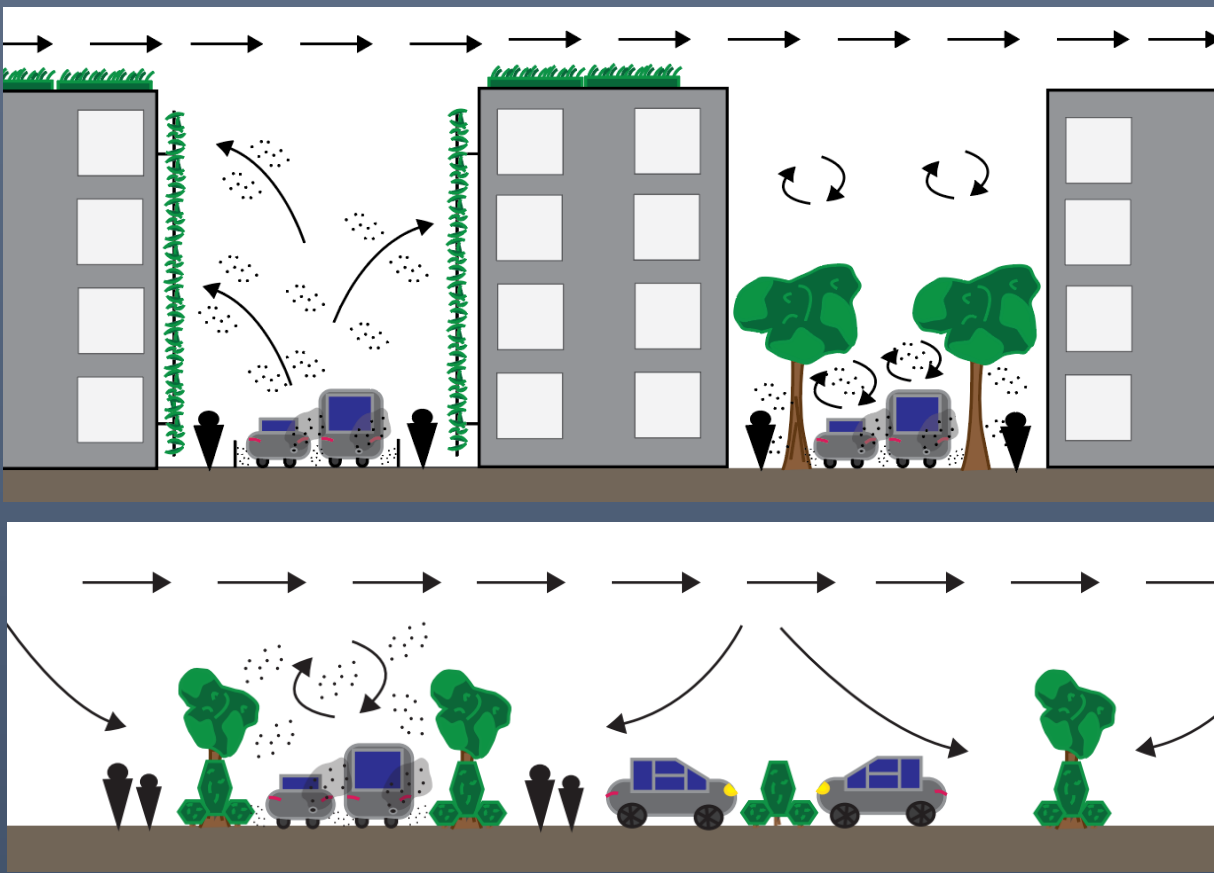


Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

## BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:  Bachelor i Bygg, Studieretning byplanlegging	Vårsemesteret, 2021  Åpen
Forfatter: Simen Duus Carlsen	
Fagansvarlig:  Veileder(e): Harald N. Røstvik	
Tittel på bacheloroppgaven: Trær sin påvirkning på klimagassutslippet og luftkvaliteten i Norske næringsparker  Engelsk tittel: How trees can affect the greenhouse gas emissions and air pollution in Norwegian business parks	
Studiepoeng: 20p	
Emneord: BYGBAC-1 20H  Vår 2021	Sidetall: .....116  + vedlegg/annet: .....3  Stavanger, .....15.04.2021 dato/år



## Trær sin påvirkning på klimagassutslippet og luftkvaliteten i Norske næringsparker

## Sammendrag

Trær har mange egenskaper som er til fordel for oss mennesker. Noen av dem er at de kan rense luften og ta opp karbondioksid gjennom luften. I denne oppgaver er søkelyset satt på hvordan disse egenskapene kan bidra til å redusere luftforurensningen og binde opp klimagasser i næringsparker.

For at trærne skal kunne binde til seg mest mulig  $CO_2$  og stoppe partikler best mulig, er det viktig å danne gode leveforhold for trærne. Forskning fra USA har kommet frem til at trær har en begrenset levetid i byer på grunn av at miljøet og klima forårsaker skader og stress på plantene som ellers ikke ville skjedd i naturen. Kildene bak stress skyldes blant annet forurensning og komprimering av jord, redusert mulighet for spredning av røtter og skader fra menneskelig aktivitet. Denne begrensede levetiden vil da igjen påvirke veksten til treet og kronestørrelsen som spiller en viktig rolle i karbonbindingen og partikkelfangst.

Som en løsning for å gi trær en økt levetid, er etableringsstrategier viktig. Statens vegvesen og parkvesenet i forskjellige kommuner har mange gode veiledere og forvaltningsplaner for hvordan trær skal etableres og vedlikeholdes slik at de kan skape en best mulig verdi for samfunnet.

Gjennom gjennomlesning av litteratur har tidligere forskning fra USA, England og Tyskland kommet frem til at hvis en bruker riktig plantestrategi ut ifra området utforming og bruker riktig trær og planter i en vegetasjonsbarriere kan en redusere luftforurensningen ved forurensningskilden med opptil 50%. Dette bidrar til en bedre luftkvalitet, spesielt på fortau langs veier. Det er allikevel noen aspekt som reduserer den fulle effekten av en vegetasjonsbarrierer i Norge. Rommets utforming og kravene på siktlinjer fra veibanen til fotgjengeroverganger og kryss gjør at man får flere hull i barrieren langs veien slik at fotgjengere blir eksponert for partikler ved fotgjengeroverganger. Ved rom der bygninger er høyre enn bredden på gaten kan også trær virke negativt på luftkvaliteten fordi ren luft ikke kan slippe til gjennom trekronen, og den gamle luften blir sirkulert fra veitrafikken under. Ved da å tilpasse plantestrategien ut ifra området utforming, og variere valg av vegetasjon kan man bidra til en redusert partikkelkonsentrasjon i luften på mellom 10-50%.

Trær har også noen artsbaserte egenskaper som gjør at de kan fange små partikler på bladene. Det er også viktig med et Biologisk mangfold av planter for å sørge for at trærne reduserer sitt utslipp av pollen, og stiller et sterkere forsvar mot sykdommer.

Norges klimapolitikk har store planer for å senke klimagassutslippet i Norge med 50% innen 2030 og 90% innen 2050 sammenlignet med 1990 utslippet. Klimagassutslippet skal blant annet reduseres kraftig ved satsning på investering innen renere teknologi, avgifter og kvoter på utslipp. Veitrafikk er satt mest i fokus for det ikke-kvotepfiktige utslippet, og kan bidra til at klimagassutslippet og utslippet av luftforurensende partikler kan reduseres betydelig i fremtiden ved å redusere antall kjøretøy totalt, og bytte ut fossile kjøretøy med nullutslippskjøretøy. Ved slike reduksjoner av disse gassene og partiklene kan trær spille en større rolle innen karbonbinding og bedre folks helse ved bedre luftkvalitet langs lokale veier på næringsparkene i fremtiden sammenlignet med i dag.

Ved å redusere agens utslipp, bedrer man også leveforholdene til trær i næringsparker slik at de kan utvikle en større krone, og få bedre tilgang på næring i jorden. Trærnes påvirkning på klimagassutslippene og luftkvaliteten i dag er derfor liten, men hvis klimapolitikken blir oppnådd, kan trærne vi planter i dag, spille en mye større rolle i fremtiden.

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	2
Forord.....	6
1 Introduksjon .....	7
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	7
1.2 Problemstilling.....	7
1.3 Oppbygning av oppgaven.....	8
1.4 Metode.....	9
1.4.1 Litteraturstudie.....	9
1.4.2 Vurdering av litteraturen.....	9
1.4.3 Eksempelområdet .....	9
2 Teori.....	10
2.1 Fotosyntese .....	10
2.2 Klimagassene.....	10
2.2.1 Karbondioksid ( <i>CO<sub>2</sub></i> ).....	10
2.2.2 Metan ( <i>CH<sub>4</sub></i> ) .....	11
2.2.3 Lystgass ( <i>N<sub>2</sub>O</i> ) .....	11
2.2.4 F-gasser (F-g) .....	11
2.3 Drivhuseffekten .....	12
2.4 Klimaendringer .....	12
2.5 Luftforurensende stoffer.....	13
2.5.1 Svevestøv (PM).....	13
2.5.2 Nitrogendioksider (NO <sub>x</sub> ).....	13
2.5.3 Svovel ( <i>SO<sub>2</sub></i> ) .....	13
2.5.4 Ozon ( <i>O<sub>3</sub></i> ) .....	13
2.5.5 Flyktige organiske forbindelser (VOC).....	14
2.5.6 Karbonmonoksid (CO) .....	14
2.5.7 Statistikk av det totale utslippet av de mest vanlige forurensende stoffene i Norge...	14
2.6 Helsepåvirkning .....	15
2.7 FNs bærekraftsmål.....	15
3 Etablering og forventet levetid av trær i næringsparker .....	16
3.1 Hvordan trær lever og vokser.....	16
3.1.1 Rotsystemet.....	16
3.1.2 Stammen og grener.....	17
3.1.3 Bladene.....	18
3.1.4 Blomsten.....	18

3.2	Årsaker til stress i næringsparker .....	18
3.3	Biologisk mangfold av trær, busker og slyngplanter i Norge .....	21
3.3.1	Biologisk mangfold og artsmangfold i økosystemet .....	21
3.3.2	Fremmedartete arter .....	22
3.3.3	Rødlistete arter.....	23
3.3.4	Utvalg av trearter som vokser naturlig i Norge og har original status .....	24
3.4	Overbygning til nye trær i næringsparker .....	31
3.4.1	Overbygning og beplantning .....	32
3.4.2	Dekningsmaterialer .....	35
3.4.3	Konsekvenser av feil etablering av bed .....	36
3.5	Strategier for best sikkerhet rundt nyetablerte trær .....	37
3.6	Andre fordeler som trær gir til mennesket .....	38
3.6.1	Psykologiske fordeler .....	38
3.6.2	Fysiske fordeler.....	39
3.6.3	Sosiale fordeler.....	39
3.7	Forventet levetid til et tre .....	40
3.7.1	Utregning av forventet levetid .....	43
4	Luftforurensning i byer og strategier for å forbedre den.....	44
4.1	Status på Norsk luftforurensning .....	44
4.2	Luftkvalitetskriterier .....	44
4.3	Juridiske grenseverdier.....	45
4.4	Kildene til luftforurensning og tiltak.....	46
4.4.1	Veitrafikk .....	46
4.4.2	Tiltak mot luftforurensning i veitrafikken .....	47
4.4.3	Vedfyring og forbrenning .....	48
4.4.4	Tiltak mot luftforurensning i vedfyring og forbrenning .....	49
4.4.5	Andre kilder og tiltak som kan bidra til bedre luftkvalitet lokalt .....	49
4.5	Best vegetasjon for partikkelfangst og reduksjon av luftforurensning .....	50
4.6	Forebygging mot pollinering .....	53
4.7	Strategier for best utforming av vegetasjon for å oppnå bedre luftkvalitet.....	54
4.8	Sammenligning av en vegetasjonsbarriere med andre tiltak for reduksjon av luftforurensning og alternativ bruk av areal .....	58
5	Klimagassutslipp og trærs karbonbinding i næringsparker .....	59
5.1	Status på Norsk klimapolitikk .....	59
5.2	Roller og styringsmål for klimapolitikken .....	61
5.3	Kilder til klimagassutslipp i næringsparker og tiltak.....	61

5.3.1	Klimagassutslippet fra veitrafikken .....	62
5.3.2	Tiltak mot klimagassutslipp fra veitrafikk.....	63
5.3.3	Tiltak mot klimagassutslipp fra næringsvirksomhet.....	65
5.3.4	Samlende effekt av alle tiltak .....	66
5.4	Karbonbinding til trær i næringsparker.....	67
5.4.1	Eksempel på utregning av fremtidig karbonbinding .....	69
5.5	Arkitektur og oppbygging av trekronen for best karbonbinding .....	72
5.5.1	Kutting av trær.....	73
5.6	Sammenlikning av karbonbinding til trær mot reduksjon i klimagassutslipp og alternativ bruk av areal.....	75
6	Eksempelområde. Beregninger av partikkelfangst og karbonbinding på et fysisk område.....	77
6.1	Gjeldende planer, bestemmelser og forskrifter .....	78
6.1.1	Kommuneplan KPL-1103, KPA 2019-2034 og IKDP Forus .....	78
6.2	Eksisterende forhold .....	79
6.2.1	Areal tilgjengelig.....	79
6.2.2	Støy.....	79
6.2.3	Solforhold .....	80
6.2.4	Grunnforhold .....	80
6.2.5	Historisk bruk.....	81
6.2.6	Lokal luftforurensning og klimagassutslipp.....	81
6.2.7	Lokalt artsmangfold.....	82
6.3	Dimensjonering av eksempelområdet .....	83
6.3.1	Dimensjonering av parkeringer og beplantning.....	83
6.4	Valg av vegetasjon.....	87
6.5	Uregninger av Karbonbinding og forbedring av luftkvalitet på eksempelområdet.....	87
6.5.1	Karbonbindingen på området .....	87
6.5.2	Partikkelfangsten og luftkvalitetsforbedringen på området.....	89
6.5.3	Beregning av energifangst fra solceller .....	89
6.6	Oversiktskart av konsept.....	90
7	Konklusjon og refleksjon .....	91
8	Referanser .....	95
8.1	Litteraturliste.....	95
8.2	Figur-liste.....	104
8.3	Tabell-liste .....	114

## Forord

Denne bacheloroppgaven ble skrevet under koronapandemien i perioden januar 2021 til mai 2021. Dette har gitt en utfordring ved å få vist frem funn innen problemstillingen til veileder og vite hvordan man skriver og strukturer en bacheloroppgave siden alt har foregått via nett. Det har allikevel blitt mulig å få til å gjennomføre oppgaven takket være god veiledning mot problemstilling og tilgang på forskning gjennom de nettbaserte løsningene til biblioteket.

Jeg vil takke veileder professor Harald N. Røstvik fra Universitetet i Stavanger for å ta seg tid til å veilede denne oppgaven i en slik utfordrende situasjon. Han har ikke bare gitt meg gode råd til oppgaven, han har også fått meg til å lære hvordan jeg skal reflektere over funn til problemstilling og strukturere oppgaven for å få en god formidling av funnene i litteraturstudiet.

Jeg vil også takke førsteamanuensis i skogbruk Hanne Sjølie fra Høgskolen i Innlandet for henvisning til nyttige forskningsartikler til problemstillingen.

Gjennom skrivningen av bacheloroppgave har jeg lært mye om emnet som jeg kommer til å ha nytte av videre i byplanlegging. Grønnstruktur og grønn infrastruktur har ikke bare en estetisk plass i byene våre, men det har også en god funksjonell rolle på vår livskvalitet. Hvordan man kan sørge for at grønnstrukturen i urbane strøk og næringsparker kan danne en god funksjonell rolle på området og være levedyktig er noe av den viktigste oppgaven har lært meg, og som jeg kommer til å ta med videre i arbeidslivet.

# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn for oppgaven

God luftkvalitet bidrar til mindre helseplager og unngår tidlig død hos befolkningen.

(miljødirektoratet et.al, 2020) I Norge er generelt luftkvaliteten god, men i byer og tettbygde strøk på verdensbasis er luften fortsatt dårlig. (United Nations, 2021) (Regjeringen 2, 2020) Flere flytter inn til byer, reiser med bil og industrien produserer flere varer enn før. Dette skaper partikler og klimagasser i luften gjennom forbrenning av fossilt brensel og utslipp av andre menneskeskapte gasser. Desto flere vi blir og tettere vi bor, desto høyere er konsentrasjonen av partikler og klimagasser vi blir utsatt for. (miljødirektoratet et.al, 2020) (miljødirektoratet 4, 2020)

Konsekvensene på verdensbasis er ikke bare dårligere luft. Ved store mengder utslipp av klimagasser vil også jorden bli varmere. Konsekvensene av dette er at vi får en forandring i nedbørsmønsteret og mer ekstremvær som fører til at mennesker blir tvunget på flukt fordi klimaet er blitt varmere. (Mamen, global oppvarming, 2020) (miljødirektoratet 2, 2021).

Forskere over hele verden har prøvd å se hvordan de kan fange opp klimagasser, og rense luften ved bruk av ny teknologi, men trenden viser at utslippet er for stort, og teknologien enten for dyre, eller for dårlig til å reversere klimaendringene i dag. (CNBC, 22.07.2019) (wikipedia (CCS), 2021)

Den beste og billigste løsningen flere forskere har kommet opp med er å plante flere trær på grunn av deres naturlige evne til å stoppe partikler på bladene, og ta opp karbondioksid gjennom fotosyntesen. Trær har også mange andre fordeler for miljøet og oss mennesker ved at de tar opp vann, og kjøler ned overflater ved hjelp av skygge fra kronen. Dette var det som fikk meg til å bli interessert i hvordan trær kan være med på å påvirke klimagassutslippene og luftkvaliteten der vi mennesker bor. (TED-Ed, 24.04.2020) (TED-ed, 27.10.2020)

I sentrumskjernen bygges det høyere enn før, og det er allerede trangt om plassene i gatene. I boligområder kan det enten være trangt om plassen, eller man er avhengig av at private planter trær på eiendommen. (Regjeringen 4, 2020) (Regjeringen 6, 2020) (Roman, Battles, & McBride, 2016) Derfor er det tenkt at næringsparker kan være et fint område å etablere trær fordi de ofte er preget av store parkeringsplasser og lav bebyggelse som sørger for tilstrekkelig sollys og næring til trær.

## 1.2 Problemstilling

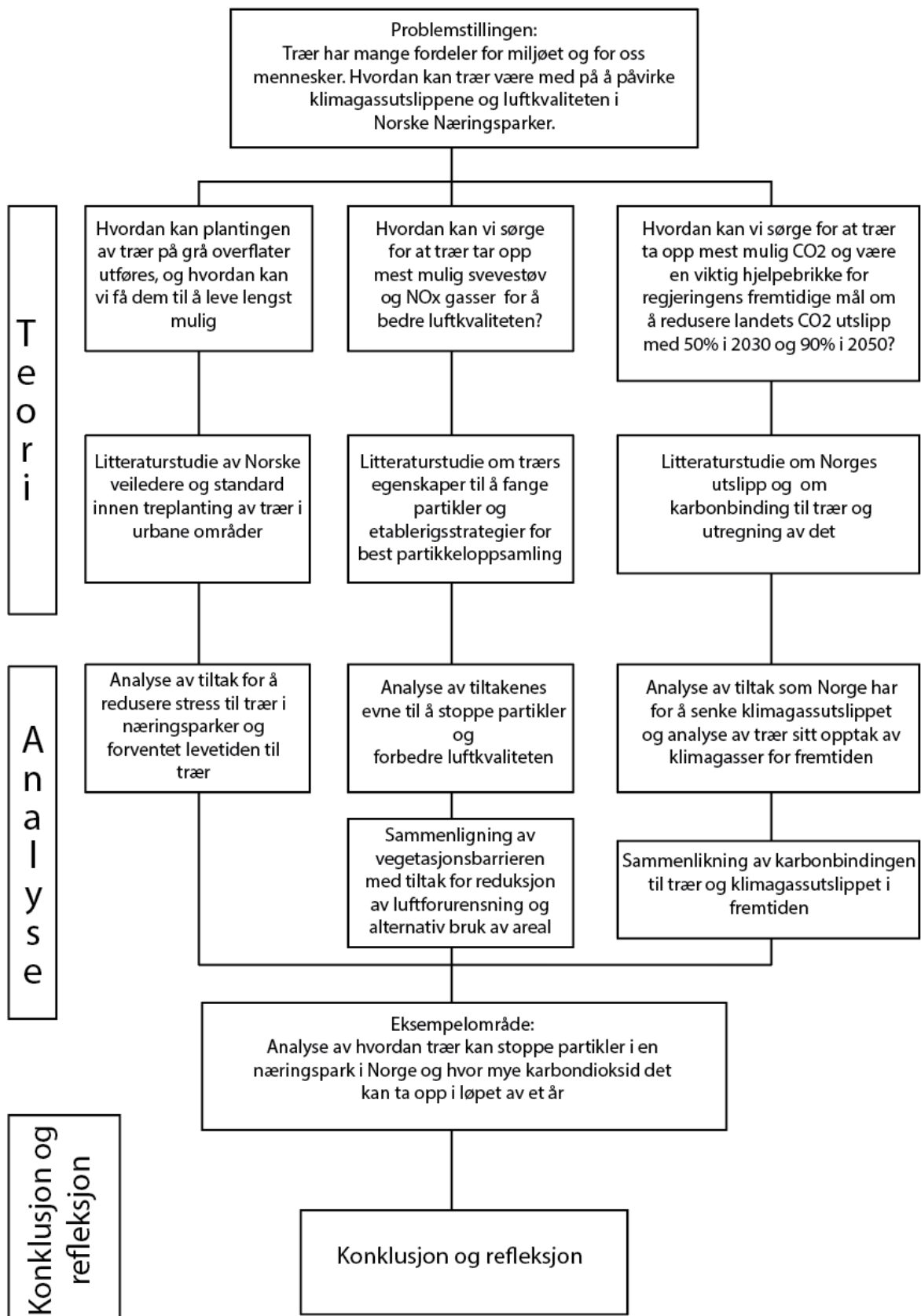
Trær har mange fordeler for miljøet og for oss mennesker. Formålet til denne oppgaven er å se på hvordan trær kan være med på å påvirke klimagassutslippene og luftkvaliteten i Norske Næringsparker.

For å svare på denne problemstillingen må vi dele den opp i to forskningsspørsmål:

- Hvordan kan vi sørge for at trær ta opp mest mulig  $CO_2$  og skjermer for svevestøv og  $NO_x$  gasser over lengst mulig tid for å bedre luftkvaliteten?
- Hvordan kan plantingen av trær på grå overflater utføres, og være en viktig hjelpebrikke for regjeringens fremtidige mål om å redusere landets  $CO_2$  utslipp med 50% i 2030 og 90% i 2050?



### 1.3 Oppbygning av oppgaven



Figur 1 Oversikt over oppbygningen til oppgaven. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

## 1.4 Metode

Opggaven er basert på kvantitativ og kvalitativ data fremvist i ulike forskningsstudier, nettsider, veiledere og bøker som er utført de siste 30 årene.

På grunn av oppgavens begrensede tidsperiode har det ikke vært mulighet til å gå i dybden i forskningsspørsmålene. Det er derfor lagt vekt på hvilken effekt trær har på lokal luftkvalitet, samt hvordan disse retter seg opp mot de nasjonale utøvende tiltakene for bedre luftkvalitet som vil skje i fremtiden.

Opggaven startet opprinnelig med å prøve å finne en metode for å beregne karbonbindingen til trær for så å se hvilken rolle det kunne spille i opptak av  $CO_2$ . Dette endret seg etter hvert på grunn av varierende svar og utregninger fra ulike forskningsundersøkelser av karbonbinding til trær i byer. Derfor ble oppgaven vinklet mer mot hvordan trær kan bedre luftkvaliteten og hvordan man kan sørge for at trær kan leve lengst mulig i byer.

### 1.4.1 Litteraturstudie

Det benyttes litteraturstudie fra en rekke relevante kilder for å besvare problemstillingen best mulig. I oppgaven er det gjennomgått ulike fagartikler, forskningsrapporter, standarder, veiledere, lovverk og bøker.

Mengden med litteratur innen trær sin påvirkning på luftkvalitet, forventet levetid og karbonbinding har for det meste opphav fra England, Tyskland, Finland, Canada og USA. Årsaken til dette er fordi norsk litteratur innenfor oppgavens tema er begrenset. Norsk litteratur er brukt i kapitlet som omhandler etableringen av trær.

### 1.4.2 Vurdering av litteraturen

Alle forskningsartikler og bøker er hentet fra ORIO. Det betyr at de er kvalitetssikret før de er publisert. Noen forskningsartikler er også blitt anbefalt av førsteamanuensis i skogbruk Hanne Sjølie fra Høgskole i Innlandet.

All statistikk og grafer, er hentet fra sider publisert av de norske myndighetene og ulike forskning artikler for å visualisere tall og analyse. SSB, miljødirektoratet og miljøstatus er brukt mye for å finne representativ statistikk om Norges luftforurensning og klimagassutslipp.

Innenfor karbonbinding er mange forskningsartikler fra Landbruksdepartementet i USA (USDA) trukket frem. De har vært veldig aktive i å både lage digitale løsninger og forskningsartikler for hvilken påvirkning trær har på karbon opptaket i urbane strøk.

### 1.4.3 Eksempelområdet

I oppgaven er det beskrevet et eksempelområde på hvordan man kan plante trær for å forbedre den lokale luftkvalitet på et område, og regne ut hvor mye  $CO_2$  trær vil ta opp. For å få en mest mulig realistisk fremstilling er det blitt tatt i bruk håndbøker fra veivesenet ved utplassering, og oppmåling av plantebed og parkeringsplasser.

Eksempelområdet er bare en teoretisk fremstilling for hvordan det kan plantes trær på det spesifikke området ut ifra bestemmelsene som er satt. Det kan benyttes samme fremgangsmetode for å finne

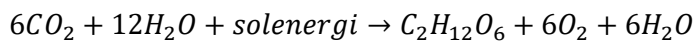
karbonbindingen, men det må gjøres nye egne undersøkelser for klimatilpassing av trær som kan egne seg på området.

## 2 Teori

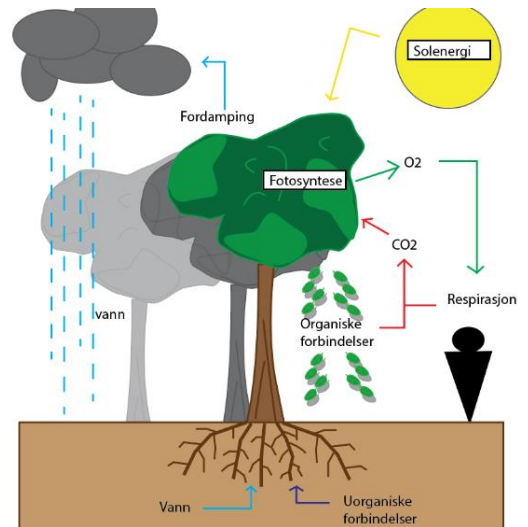
### 2.1 Fotosyntese

Fotosyntesen handler om at plantens celler (kloroplasten) får tilgang på næring gjennom vann,  $CO_2$  og solstråling fra naturen. Med denne næringen lagrer den energi enten i form av glukose(sukker), eller andre organiske stoffer. Et restprodukt av denne prosessen er  $O_2$  (oksigendioksid) og  $H_2O$  (vann). (Aarnes, 2021)

Forenklet likning hvis karbohydrater er det eneste produktet:



Rundt 2/3 deler av produksjonen av oksygen foregår gjennom landbasert fotosyntese gjennom trær og andre planter selv om landjord utgjør kun 30% av jorden. Fotosyntesen er en viktig del av at det er liv på jorden. (Aarnes, 2021)



Figur 2 Illustrasjon av fotosyntesens kretsloop. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

### 2.2 Klimagassene

Klimagasser blir også kaldt drivhusgasser. I Norge deler vi klimagassene inn i 4 grupper. Alle gassene blir målt i  $CO_2$  ekvivalenter.  $CO_2$ -ekvivalenter er en benevning som brukes for å kunne sammenligne de ulike klimagassenes evne til å varme opp atmosfæren se *tabell 1*. Hvor mye klimagassene påvirker oss lokalt styres av de metrologiske forholdene og mengden som slippes ut samtidig. (miljødirektoratet 10, 2019)

Henvising til klimagassene i denne oppgaven vil bli nevnt som forkortelsen på forbindelsen deres.

Klimagass	Global oppvarmingspotensial (GWP)
Karbondioksid $CO_2$	1
Metan $CH_4$	25
Lystgass $N_2O$	298
PFK-gasser $CF_4$	7 390
PFK-gasser $C_2F_6$	12 200
Svovelheksfluorid $SF_6$	22 800
HFK	1 430

Tabell 1 Utslipp av en gitt klimagass målt i  $CO_2$ -ekvivalenter er et uttrykk for hvor mye  $CO_2$  som skal til for å gi tilsvarende oppvarming. Globalt oppvarmingspotensial (GWP) er et uttrykk for hvor sterk gassen er, og brukes som omregningsfaktor. (miljødirektoratet 10, 2019)

#### 2.2.1 Karbondioksid ( $CO_2$ )

$CO_2$  sørger for at temperaturen er levelig på jorden og gir karbon til livgivende prosesser gjennom karbonkretslopet. (miljødirektoratet 4, 2020) Gassen utgjør den største andelen av klimagassutslippet i Norge og har økt med 19% fra 1990 til 2019. (miljødirektoratet 6, 2020)

Karbondioksid stammer naturlig fra dekomponering av organiske masser og fra oss mennesker gjennom forbrenning av fossilt brensel og trevirke og avskoging. (miljødirektoratet 6, 2020)

Selv om utslippet har blitt redusert i Norge de siste årene har den totale mengden karbondioksid økt på verdensbasis.  $CO_2$  er den minst effektive drivhusgassen per kilo, men likevel er det den største

fordi det er den gassen det slippes ut mest av.  $CO_2$  står for ca. 60% av den menneskeskapte forsterkningen av drivhuseffekten. (Mamen & Benestad, 2021) (miljødirektoratet 4, 2020)

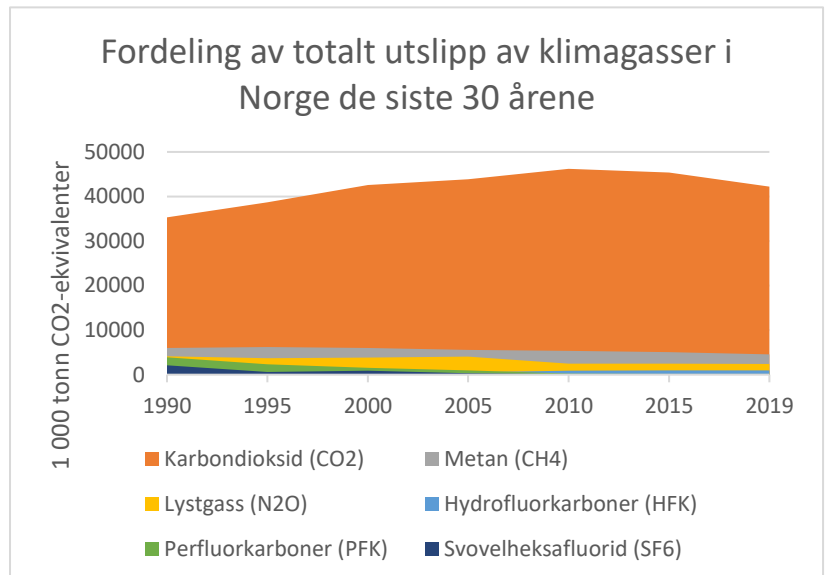
$CO_2$  nivået i atmosfæren ligger nå på 412,48ppm, 2020. (miljødirektoratet 4, 2020)

### 2.2.2 Metan ( $CH_4$ )

Metan er den nest største klimagassen etter  $CO_2$ . I Norge har utslippet blitt redusert siden 1990, og står for 9% av utslippene. (miljødirektoratet 6, 2020)

Metanutslipp dannes naturlig i naturen og av oss mennesker gjennom jordbruk, avfallsdeponier og olje- og gassutvinning. (miljødirektoratet 6, 2020)

Metan har en levetid på 20 år og kan være i atmosfæren i rundt 10år. Dette har ført til at nivået i atmosfæren har økt med 160% siden førindustriell tid. (miljødirektoratet 4, 2020)



Figur 3 (SSB: 08940, 2020)

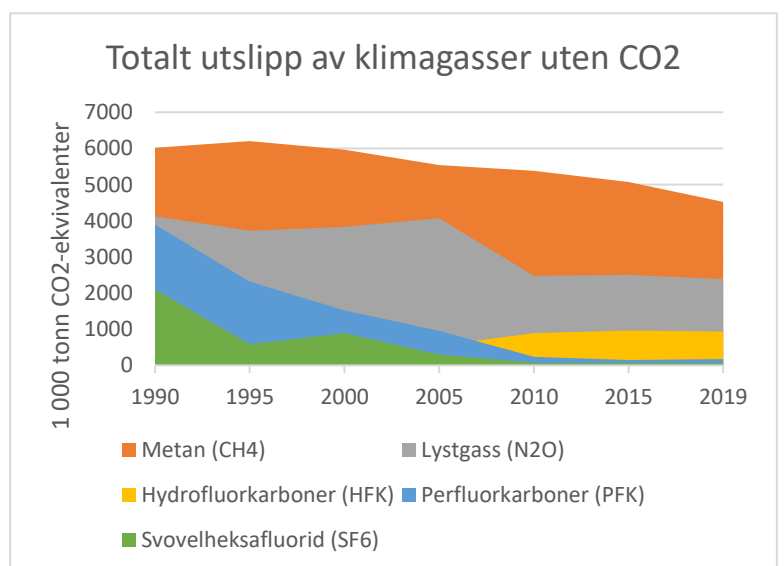
### 2.2.3 Lystgass ( $N_2O$ )

Lystgass står for 5% av utslippene i Norge og kan leve i atmosfære i flere tusen år. Gassen er naturlig i nitrogensyklusen, men den er også menneskeskapt gjennom husdyr og mineralgjødsling i jordbruket. Utslipet er blitt redusert siden 1990, men gassen har økt med 23% siden førindustriell tid på verdensbasis. (miljødirektoratet 4, 2020) (miljødirektoratet 6, 2020) (Aarnes, nitrogensyklus, 2020)

### 2.2.4 F-gasser (F-g)

F-gassene er en samlebetegnelse av flere gasser som stammer fra industrien og kuldeanlegg. Disse er stoffer som PFK, SF6 og HFK. Utslipet har økt veldig i Norge de siste årene og er veldig farlige på grunn av at de har lang levetid. HFK bryter blant annet ned ozonlaget som eksponerer oss for mer ultrafiolett stråling. (miljødirektoratet 6, 2020)

Utslipet totalt sett i verden har økt betraktelig på grunn av økt etterspørsel og behov for aluminium og nedkjølte produkter. (miljødirektoratet 4, 2020)



Figur 4 (SSB: 08940, 2020)

## 2.3 Drivhuseffekten

Drivhuseffekten er atmosfærens evne til å slippe igjennom sollys og holde på varme. Drivhusgasser fanger opp varmestråling fra solen, og sender den tilbake igjen mot overflaten. Resultatet blir da at vi får en høyere temperatur i luften nær bakken enn høyere opp i atmosfæren. Desto høyere konsentrasjon av drivhusgassene vi har i atmosfæren, desto mer stråling blir sendt tilbake mot jorden, og resultatet fører til en høyere overflatetemperatur og global oppvarming. En negativ effekt med den globale oppvarmingen er at vi får klimaendringer som gjør det usikkert hvordan fremtidens klima vil bli. (Mamen & Benestad, 2021)

Drivhusgassene består mest av vanndamp ( $H_2O$ ) ca.50%, metan ( $CH_4$ ) ca.3%, lystgass ( $N_2O$ , ) ca.4%, ozon ( $O_3$ ) ca.9%, og karbondioksid ( $CO_2$ ) ca.20%. (Mamen & Benestad, 2021)

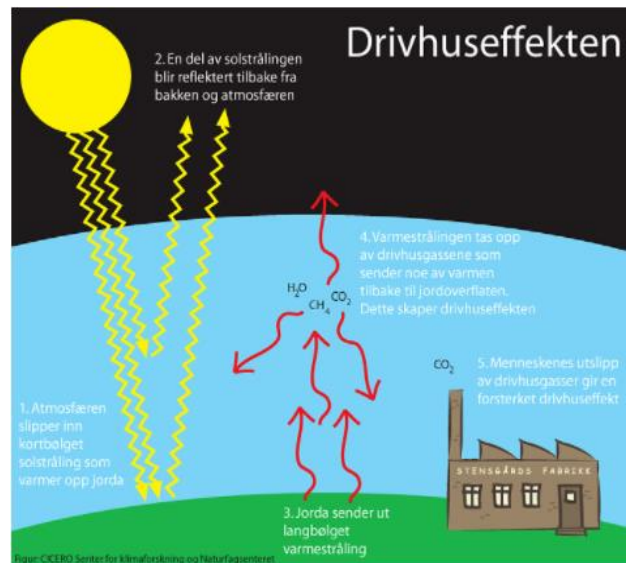
Vanndamp stammer fra oppvarming av vann på jorden og spiller en viktig rolle for det hydrologiske kretsløpet. Dampen danner skyer lengre oppe i atmosfæren som blir til nedbør etter en viss tid. Vanndamp er derfor nødvendig for livet på jorden og for at planter skal danne fotosyntese. Levetiden for vanndamp er relativ kort, noe som gjør den minst farlig for oss mennesker. Mennesket påvirker dette kretsløpet ved å felle skog, og øke jordens overflatetemperatur. (Bakken, 2019) (Mamen & Benestad, 2021)

## 2.4 Klimaendringer

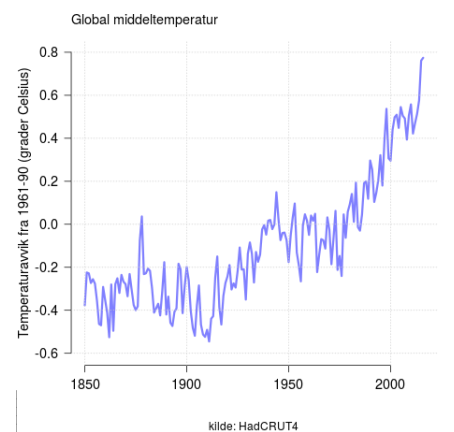
Når energistrålene ikke kommer ut av atmosfæren på grunn av en økt mengde av klimagasser i atmosfæren, dannes det en global oppvarming. Denne globale oppvarmingen fører til klimaendringer.

Jordens overflatetemperatur er i dag ca. 15C grader, men er forventet med å stige med 1,4-5,8C grader de neste 80 årene hvis vi ikke begrenser mengden klimagasser vi slipper ut. FN's klimapanel har funnet ut at en global oppvarming på 2C grader sammenlignet med 1,5C grader har betydelig flere konsekvenser for menneskers helse, gir mindre tilgangen på mat og ødelegger naturmangfoldet. Det vil også gi økt risiko for ekstremvær, mer nedbør, oversvømmelser og forsuring av havet. (miljødirektoratet 1, 2018) (Mamen & Benestad, 2021) (miljødirektoratet 2, 2021)

I Norge har klimaendringene ført til at temperaturen er 2,4C grader varmere enn normalen. I 2050 er det forventet at temperaturen stiger til 4,5C grad. Dette vil føre til mer nedbør som utløser flere regnflommer og skred. Dette gir igjen slitasje og ødeleggelser på infrastruktur som koster penger for samfunnet å bygge opp igjen. Snøen ligger kortere på bakken, og sommeren kommer til å bli tørrere. Det viktigste tiltaket for å stoppe klimaendringene er å kutte utslippet av klimagassene som slippes ut, og innføre klimatilpasninger. (miljødirektoratet 3, 2021)



Figur 5 (Mamen & Benestad, drivhuseffekten, 2021)

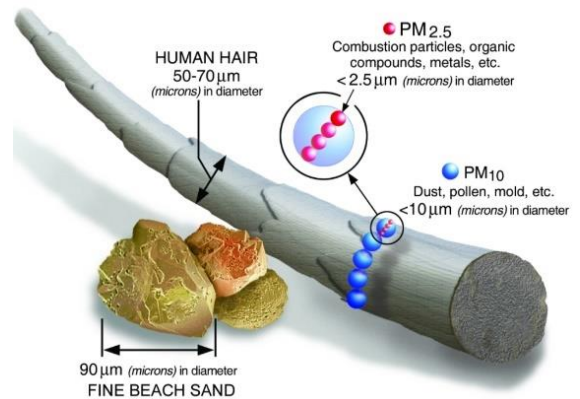


Figur 6 Grafen viser økningen i den globale middeltemperaturen. siden førindustrialisert tid har den økt med mer enn 1 grad. (Mamen, global oppvarming, 2020)

## 2.5 Luftforurensende stoffer

Det er viktig å påpeke at luftforurensende stoffer ikke er klimagasser, men at partiklene kan komme fra samme utslippskilde. Svevestøv og flyktige forurensende stoffer påvirker luftkvaliteten vår, og påvirker helsen til oss mennesker når vi blir eksponert for større mengder av dem. Mengden vi blir eksponert av disse stoffene til daglig avhenger av hvor nærme vi befinner oss utslippskilden, og de metrologiske forholdene.

Henvising til Svevestøv og flyktige forurensende stoffer i denne oppgaven vi bli nevnt som forkortelsen deres.



Figur 7 (EPA, 2021)

### 2.5.1 Svevestøv (PM)

Svevestøv er små luftbårne partikler som også blir kalt PM. De deles inn i fire grupper ut ifra hvor mange mikrometer de er. Siden de er under  $10 \mu m$  (mikrometer) er de lett mottagelige av vind. Partiklene kan bestå av alt ifra metaller, uorganiske stoffer og organiske stoffer. Partikler under  $PM_{2,5}$  kan ikke stoppes respirasjonssystemet, og kan derfor gå inn i blodet vårt. Det er dette som kan føre til helsepåvirkninger og tidlig død hos oss mennesker. (miljødirektoratet et.al 1, 2021) (FHI, 2017)

Navn på svevestøv	Kategorier av svevestøv
Grove partikler	Over $PM_{10}$ <
Fine partikler	Mellom $PM_{10}$ til $PM_{2,5}$
Ultrafine partikler	Under $PM_{2,5}$ >

Tabell 2 Oversikt over forskjellige navn på svevestøv ut ifra deres partikkelstørrelse. (miljødirektoratet et.al 1, 2021). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Utslipet av PM har gått kraftig ned de siste årene, men kildene til utslippet fra oppvarming gjennom vedfyring av boliger og næringsbygg, industri og fossildrevne kjøretøy er fortsatt høye. (SSB: 08942, 2020) (miljødirektoratet et.al, 2020)

### 2.5.2 Nitrogendioksider ( $NO_x$ )

$NO_x$  dannes av forbrenning av fossilt brensel og er reaktive med oksygen under høye temperaturer. Kilden er eksos fra fossildrevne kjøretøy, eller forbrenning av kull i kraftverk. Sammen med oksygen ( $O_2$ ) dannes NO til  $NO_2$  og bakkenært ozon ( $O_3$ ).  $NO_2$  er nitrogendioksid gass og er farlig for mennesker å puste inn. (miljødirektoratet et.al 1, 2021)

### 2.5.3 Svovel ( $SO_2$ )

$SO_2$  gasser dannes naturlig fra sjøsprøyt og kjemisk gjennom forbrenning av kull og tungolje i industrien. Gassen reagerer med vandamp i atmosfæren og danner sur nedbør som ødelegger økosystemer og eiendeler. Den kan også danne bakkenært ozon ( $O_3$ ). (miljødirektoratet et.al 1, 2021)

### 2.5.4 Ozon ( $O_3$ )

Ozon høyre oppe i stratosfæren er bra fordi det bryter ultrafiolett lys og beskytter jorden for UV stråling.



Bakkenært Ozon, også kaldt fotokjemisk smog, er giftig og skaper irritasjon for øyne og slimhinner, samt dreper vegetasjon. Gassen dannes ved at nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) fra eksos og flyktige organiske forbindelser (VOC) fra planter reagerer med oksygen ved hjelp av solen og høye temperaturer. Hvis man da begrenser utslippet av VOC og NO<sub>x</sub> kan man unngå at bakkenært O<sub>3</sub> dannes slik at det blir en mindre lokal luftforurensning og færre negative helsepåvirkninger. (miljødirektoratet et.al 1, 2021) (Pedersen, 2019)

### 2.5.5 Flyktige organiske forbindelser (VOC)

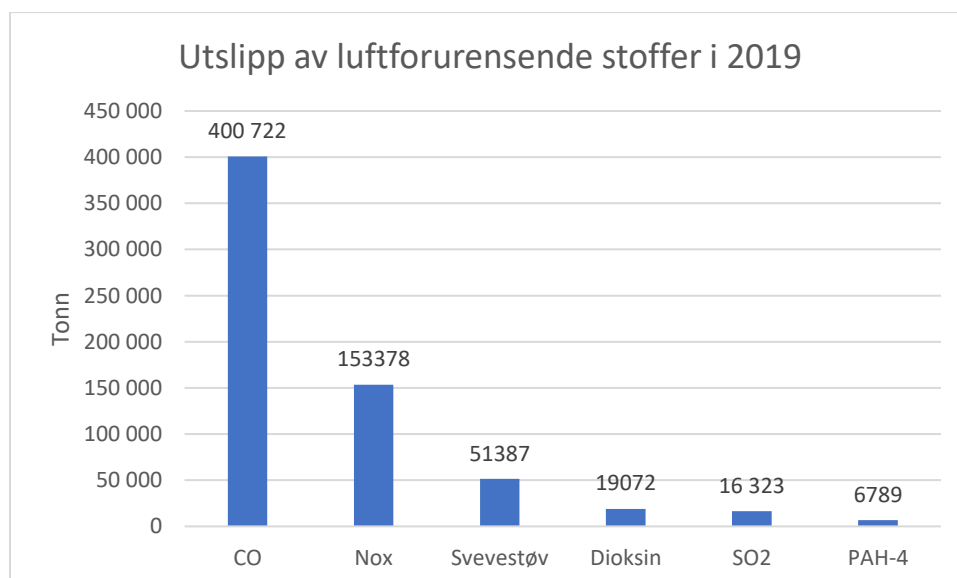
VOC er kjemiske forbindelser i luften. Menneskeskapte forbindelser kommer fra blant annet bensin og kjemikalier. Den naturlige oppstandelsen av VOC stammer fra trær som slipper ut oljer og pollen. Disse partiklene kan lett bli tatt av vinden og bidra til dårligere luftkvalitet. (Uggerud, 2020) (Uggerud, terpener, 2018)

### 2.5.6 Karbonmonoksid (CO)

CO dannes ved ufullstendig forbrenning av organiske materialer. Gassen er svært giftig og skadelig for mennesker. Vanlige kilder er fra vegtrafikk, industrien og vedfyring. (miljødirektoratet et.al 1, 2021) Forbrenning av organiske materialer kan også danne PAH. Partiklene er svært helse og miljøskadelig. (miljødirektoratet et.al 1, 2021)

Ved hjelp av katalysatorer i bilmotorer har den fullstendige forbrenningen i biler blitt mye bedre i dag. Ellers har andre kilder som industrien og oppvarming av boliger og næring vært stabile på utslippet. (SSB: 08941, 2020) (miljødirektoratet et.al 2, 2020)

### 2.5.7 Statistikk av det totale utslippet av de mest vanlige forurensende stoffene i Norge



Figur 8 Kildene viser totalt utslipp av luftforurensende stoffer i 2019. (SSB: 08941, 2020) Vi ser at CO er desidert høyest, men denne kilden har blitt kraftig redusert de siste årene takket være bedre forbrenningsteknologi. (miljødirektoratet et.al 1, 2021)

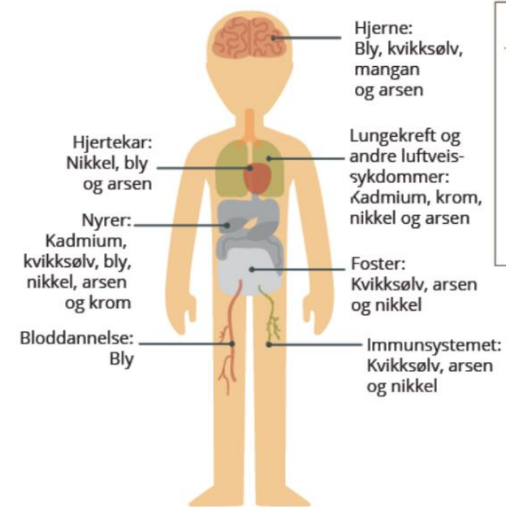
## 2.6 Helsepåvirkning

I dag er luftkvaliteten i Norge blant de beste i Europa. (Regjeringen 2, 2020) God luft er viktig for å bevare god helse i befolkningen. Høye nivåer av Svevestøv og flyktige forurensende stoffer utgjør en helsepåvirkning på mennesker og kan føre til tidlig død og alvorlige skader på nerve-, respirator-, hjerte- og karsystemet. (FHI, 2018)

Ifølge Miljøstatus er det beregnet at 1000 mennesker i Norge dør hvert år på grunn av eksponering av fint svevestøv (PM<sub>2,5</sub>) og andre luftforurensende stoffer fordi de kommer seg inn i blodet. (miljødirektoratet et.al, 2020) Mennesker med underliggende lungesykdommer, hjerte og karsykdommer, eldre og astmatikere er spesielt utsatt ved eksponering av svevestøv.

FHI sørger for informasjon om hvilke helseeffekt svevestøv og flyktige forurensende stoffer har på kroppen. Fordypning i hvilken helsepåvirkning de ulike kildene har ligger i kilden. En gjenganger er at de kan forårsake astma og gi skader på indre organer. (FHI, 2021)

### Slik kan metaller påvirke kroppen vår



Kilde: Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet.

Figur 9 Illustrasjon fra FHI som viser hvilke påvirkninger metaller har på kroppen. Hvilke deler av kroppen stoffene påvirker, varierer fra typen luftforurensning. (FHI et.al, 2018)

## 2.7 FNs bærekraftsmål

FN har laget 17 bærekraftsmål for å hjelpe nasjoner til å vite hvordan landet deres kan bli mer bærekraftig. 3 bærekraftsmål (11,15 og 3) er rettet mot planlegging av byer og tettbygde strøk. Målene tar for seg å skape gode boforhold, utvikle gode muligheter økonomisk og sosialt, fremme god helse og livskvaliteter for alle og gjenopprette økosystemer og arts mangfold for alle. Tilgang på grøntområder er her nevnt som et virkemiddel på en trivselsfaktor. (United Nations, 2021)

Det å bygge bærekraftige byer og tettsteder defineres som å skape inkluderende, trygge og sterke byer for den fremtidige generasjonen. For å skape dette trengs det søkelys på de sosiale, økonomiske og miljømessige aspektene. Tiltak som kan gjøres for å oppnå en bærekraftig by kan være å blant annet reetablere grønne lunger, forbedre arealutnyttelsen, og øke mobiliteten for gående, syklende og kollektivtransporten. (Regjeringen 5, 2021)

I Norge har det blitt lagt frem flere planer og strategier for å oppnå flere av FNs bærekraftsmål. *Granevoldplattformen* ble lansert 2019 og fremmer hvordan Norge skal bli et mer bærekraftig velferdssamfunn. (Regjeringen 1, 2019) I plattformen kommer også Norges fremtidige klimapolitikk og mål for en grønnere transport i nasjonal transportplan. Målet for klimapolitikken er at Norge skal redusere sine totale utslipp med 50-55% innen 2030, og innen 2050 med 90-95% sammenlignet med 1990 utslippet. I sammenheng med klimapolitikken lanserte Miljødirektoratet *Klimakur 2030* i 2020. (Klimakur 2030, 2020) *Klimakur 2030* utreder ulike tiltak og virkemidler som skal til for at Norge kan nå klimamålet sitt. Ved å nå dette målet kreves bærekraftige løsninger og endringer i infrastrukturen i Norske byer og tettsteder.



Figur 10 Symbolet på de forskjellige bærekraftmålene (United Nations, 2021)



### 3 Etablering og forventet levetid av trær i næringsparker

Målet med kapitlet er å finne ut hvordan vi kan etablere nye trær på grå overflater og finne ut hvordan de kan leve lengst mulig.

Derfor må vi gå inn på hvordan trær vokser og hva som forårsaker stress på trær i næringsparker. Som en løsning mot stressfaktorene ser vi også på hvordan man kan danne et biologisk mangfold av trær for å danne et levedyktig grøntområde som er bedre rustet mot sykdommer og stress.

På bakgrunn av denne informasjonen ser vi på hvordan overbygningen til trær kan etableres ved å se på hva norske veiledere og standard i urbane områder har satt som krav.

Det blir også nevnt hvilke andre fordeler trær har for miljøet og for oss mennesker. Kapitlet avsluttes med en analyse av ulike undersøkelser på levetiden til trær, og hva som er med å påvirke denne.

#### 3.1 Hvordan trær lever og vokser

Et tre består av 5 deler. Røtter, stamme, grener, blader/barnåler og blomster. For at et tre skal leve trenger det luft og næringsstoffer i jorden, vann og sollys. (Smith, et al., 2018)

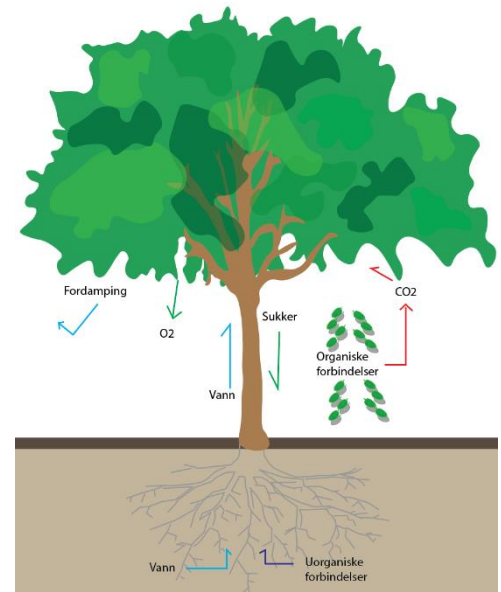
Det er samspillet med bladene i kronen og røttene som er det viktige for at et tre skal kunne vokse. Desto bedre forhold og størrelse treet har, desto mer vann og  $CO_2$  klarer det å ta opp. Hvis et tre blir stresset, vil dette påvirke treet vokseegenskaper og levetiden til treet blir betydelig redusert. Stress kommer av at treet ikke får de klimatiske forholdene den trenger. De klimatiske forholdene et tre liker varierer fra art til art og blir hovedsakelig påvirket av oss mennesker i tettbygde og urbane områder. (Korn 2, 2016)

##### 3.1.1 Rotsystemet

Rotsystemet er det viktigste organet til et tre. De stabiliserer treet, absorberer vann og organiske stoffer, samt lager karbohydrater og produserer plantehormoner. Får ikke røttene nok oksygen og vann gjennom jorden, vil treet dø. (Korn, 2016)

Systemet til røttene kan være bygd opp på 3 forskjellige måter; tykkrotsystem, hjerterotsystem, og grunnrotsystem. Dette er artsbasert. Røttene vokser først nedover, deretter til siden. Desto tykkere roten er, desto eldre er roten. (Korn, 2016)

Et voksent tre kan trekke minst 200 liter vann om dagen gjennom røttene. Det skjer et større opptak av vann på våren og sommeren enn på vinteren hos løvtrær for at treet skal få et overskudd av energi. 20 grader er den mest gunstige temperaturen på jorden for at røttene skal vokse. Temperaturer over 30 eller under -3 grader kan føre til redusert opptak gjennom røttene. (Korn, 2016)



Figur 11 Samspillet mellom røttene og kronen, samt deres biprodukter. Illustrasjon: (Duus Carlsen)



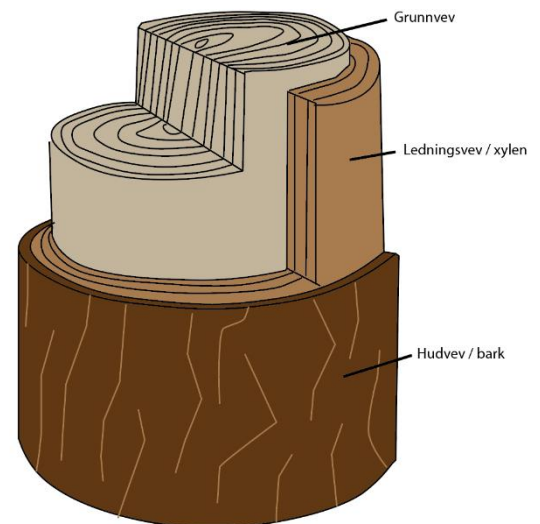
Figur 12 A: Tykkrotsystem, B: Hjerterotsystem, C: Grunnrotsystem (ResearchGate, 2021)

### 3.1.2 Stammen og grener

Stammen har i oppgave å frakte vann opp til bladene, og glukose ned til røttene. 90% av treetts vekt er vann. Stammen spiller derfor en viktig rolle i å frakte næring og uorganisk masse rundt i treet. Vanligvis transpirerer et tre mellom 200-400 liter vann om dagen. (Krabel, 2016)

Stammen består hovedsakelig av 3 strukturer (Aarnes, Tre (plante), 2016):

- **Grunnvevet** ligger i senter av stammen og lagrer celler som hjelper til med fotosyntesen. En annen viktig oppgave for grunnvevet er å styrke treetts struktur gjennom styrkevev.
- **Ledningsvevet** Frakter vann og mineraler opp og ned i treet. Disse hjelper også til med å styrke treetts struktur.
- **Hudvevet** er ytterbarken på treet. Dette består av døde celler som beskytter ledningsvevet mot bakterier, sopp, mikroorganismer og andre trusler. Porer i barken hjelper for gassutveksling til celler lengre inne i treet.



Figur 13 Oppbygningen av en stamme. (Aarnes, Tre (plante), 2016) Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Tre vokser gjennom hele levetiden og arkitekturen på stammen og grenene er artsavhengig. Toppskudd øker stammelengden, mens sideskudd utvikler seg til grener. Gjentakelsesveksten av grener øker med alderen. Når treet har nådd en maksimal høyde begynner den å produsere flere sideskudd enn toppskudd. Dette kan kontrolleres med trimming. (Roloff, 2016)

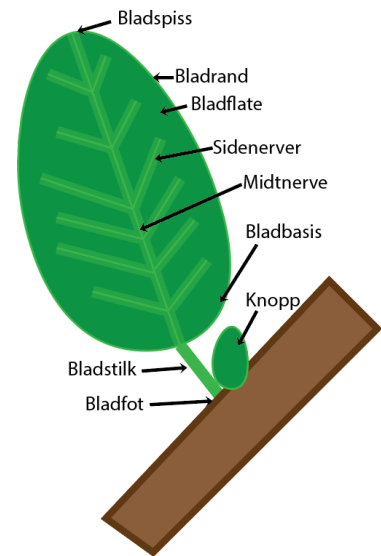
### 3.1.3 Bladene

Bladene har i oppgave å fange opp  $CO_2$  og varme fra luften for å danne glukose. Klorofyllet i bladene og andre steder i treet produserer nye celler fra glukosen. (Krabel, 2016)

Bladene er bygd opp med små porer som åpner og lukker seg ut ifra hvor mye  $CO_2$  treet trenger. Porene består av små spalteåpninger som slipper ut vanndamp som gjør det mulig for cellene å fange opp luftpartikler. Hvis ikke treet får nok vann, vil ikke disse porene klare å åpnes og lukkes som normalt. (Krabel, 2016)

Når lys ikke er til stede, skjer det en respirasjon i bladene. Da tar bladene opp  $O_2$  i luften og bruker det lagrete sukkeret i treet for å produsere nye celler i treet. Et biprodukt av respirasjonen er  $CO_2$ . (Krabel, 2016)

Bladets form og funksjoner er artsavhenging. Noen trær har blader hele året, mens andre produserer nye blader hvert år. (Krabel, 2016) Bartrær for eksempel, har barnåler langs etter grenene istedenfor fysiske blader.



Figur 14 Navnene på de forskjellige delene på bladet. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

### 3.1.4 Blomsten

Blomsten på trær kan komme i mange forskjellige former som for eksempel et bær, frukt, nøtt, eller en fysisk blomst. Egenskapen til blomsten er å spre pollen og frø slik at treet kan reproducere seg selv. (Aarnes, Tre (plante), 2016)

## 3.2 Årsaker til stress i næringsparker

Trær er generelt robuste planter som tåler mye stress over tid, men for mye stress kan føre til varige skader, og en tidlig død.

Det fins 2 typer stress. Abiotisk og biotisk. Abiotisk stress kommer av klimatisk påvirkning. Dette kan være menneskeskapt eller skyldes naturlige forekomster. Biotisk stress kommer av fysiske påvirkninger treet får fra mennesker, dyr og mikroorganismer. Se tabell 3 for utdypning av stressfaktorer. (Korn 2, 2016)

Skader og sår påvirker vannopptaket til planten, og gjør den sårbare for pest og sopp som spiser av dødt vev. På grunn av økt aktivitet langs veier og parkeringsplasser i næringsparker, er tærne mer utsatt for trafikkulykker eller hærverk som fører til skader på treet. Hvis dette skjer, fører det til at treet kan råtne innvendig, og dø tidlig. (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004) (Korn, 2016)

Årsaker til stress	
Abiotisk	Biotisk
-For høye eller lave Temperatur → skader på celler	-Plantet for tett, eller invasjonplanter som vokser over andre planter
-For mye skygge → ikke aktivering av fotosyntese	- Pest fra virus, bakterier, sopp eller organismer
- For mye UV-stråling → brannskader på bark og blader	-Urin og skader fra mennesker og dyr
-Gasser som for lite $O_2$ og for mye $CH_4$ og $CO_2$ → kvelning av celler	-Trafikkulykker og byggearbeid → skader og sår
-For lite eller for mye overflatevann → drukning og kvelning	-Forurensning → kompakt jord
-Mineraler som salting av veier, næringsfattig jord eller tungmetaller → kompakt jord → kvelning av røtter	-Brann eller hærverk → skader og sår
-Ekstremvær som vind, snø og begravning → skader og sår	-Dårlig trimming og kutting → skader og sår

Tabell 3 Tabellen viser hva som gir stress på trær og konsekvensene av dem. (Korn 2, 2016)

De største årsakene til stress i et tre i urbane områder kommer av at røttene ikke får nok vann og oksygen eller at det blir skadet, og ikke klarer å reparere seg selv. Vann- og oksygenmangel kommer ofte av at jorden er for komprimert. Komprimering skjer gjennom forurensning av jorden med tungmetaller, olje og salter, eller at jorden blir påført trykk av menneskelig aktivitet. Jorden bør inneholde minst 10% luft, men i flere byer og tettbygde strøk kan luftinnholdet i jorden være ned i 4%. Noen arter klarer å overleve på 7% oksygen, men under 5% dør de fleste trearter. Asfaltert vei kan ha oksygen under 4%, og er en bidragsyter til stress hvis det asfalteres over røtter. Trær som liker næringsfattig jord og har høy toleranse mot lite luft er et godt valg i tettbygde områder. (Korn, 2016) (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016)

	O <sub>2</sub> innhold i prosent	CO <sub>2</sub> innhold i prosent
Asfaltert vei	4%	15%
Urørt Skog	18%	2%
Luft	21%	0,03%

Tabell 4 Oversikt over oksygeninnhold og CO<sub>2</sub> i prosent fra ulike steder (Korn, 2016)

Stress fra salt er mer vanlig hvor veier saltes om vinteren, eller kystnære byer der partiklene kan komme av sjøsprøyt fra havet. I disse områdene lønner det seg å ha trær som har høy toleranse mot saltsprøyt og saltholdig jord langs veier og som beskyttelse mot andre trær. (Beckett, Smith, & Taylor, 2000)

Temperaturforskjeller og klima påvirker også levekåret til trær i urbane områder. Trær i byer og tettbygde områder kan bli utsatt for mer enn 30 C grader i jorden på sommeren i Norge. (Varkold, 2014) Stammen kan også bli solbrent ved høye temperaturer. Dette fører til redusert opptak av vann og høy dødelighet. En løsning på problemet er å plassere trearter som tåler mindre sol i skyggen av andre trær eller bygninger slik at man unngår slike skader. (Smith, et al., 2018)

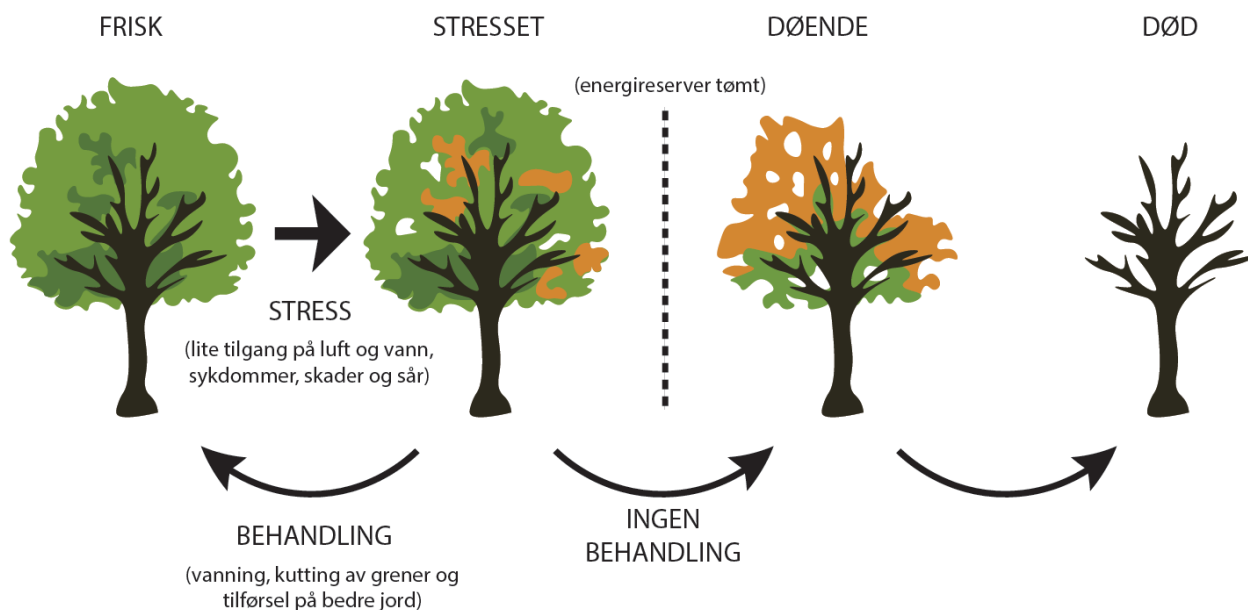
Det samme gjelder for trær i kaldere strøk. Frostskader dannes vanligvis rundt -1 til -3 C grader. Is og snø kan føre til skader på stammen, og brekte grener. Iskrystaller inni røttene og stammen ødelegger ledningsvevet i stammen og dreper celler. Disse frostskadene gir da treet en dårligere evne til å produsere nye blader det neste året. Lokale arter som har større motstand mot kulde bør derfor velges ovenfor andre arter som ikke har det. (Korn, 2016) (Roloff, 2016) (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016)

Trær og planter kan til en viss grad tilpasse cellestrukturen for å tolerere fremtidig stress. Dette kan den gjøre ved å grave røttene dypere for å få tak i mer vann, eller forberede seg på tørre perioder gjennom å lage reservoarer og redusere transport av vann. I noen tilfeller kan man forutse stress i trær ved at de forandrer bladstrukturen. *Se figur 15* (Korn 2, 2016)

Som et resultat av stress blir CO<sub>2</sub> opptaket til treet dårligere fordi røttene ikke klarer å ta opp like mye vann som før. Dette fører til at porene i bladene heller ikke kan åpnes fullt ut. Over lengre tid vil det også gå ut over blad-produksjonen som vist i *figur 16*. Derfor er det viktig med strategisk planlegging av hvilke trær som plantes ut ifra det lokale klimaet arten blir utsatt for. Dannelse av et godt miljø for trær starter allerede i etableringen av trærne for å danne et langvarig liv til treet. Biologisk mangfold og riktig vedlikehold er også andre bidrag som kan gi mindre stress. (Korn 2, 2016)



Figur 15 Første tegnet på at et tre er stresset kan man se gjennom bladene til treet som her. Bildet viser et stresset lønnetre med brune flekker. (Toronto Tree Removal, 2021)



Figur 16 Hvis stress holder på i lengre tid, går dette kraftig ut over treets krone. Dette kan reverseres i tidlig stadier, men for sen behandling fører til død. (Korn 2, 2016) (Camille B. Lefrancois, 2017). Redigert av: (Duus Carlsen)

For å lykkes med beplantning langs veien har (Statens Vegvesen V271, 2016) kommet med følgende liste av kriterier som trærne og plantene bør ha:

- Robuste
- Konkurransesterke mot ugress
- Tilpasset til plantestedet
- Salttolerante
- Tørketolerant
- Vindtolerant
- Ha en lang levetid
- Lite utsatt for skadegjørelse
- Rask til å etablere seg
- Ha en prydderdi gjennom hele vekstsesongen

Høy toleranse mot dårlig luft i jorden	Høy toleranse mot salt i jorden	Høy toleranse mot saltsprut	Høy toleranse mot vind	Høy toleranse mot sykdommer
Poppel	Furu	Spisslønn	Osp	Spisslønn
Selje	Alm	Hestekastanje	Selje	Svarthyll
Ask	Gråpoppel	Alm	Hagtorn	Or
Osp	Hengebjørk	Gråpoppel	Rogn	Bjørk
Furu	Selje	Rogn	Asal	Agnbøk
	Rogn	Selje	Spisslønn	Bøk
	Gul og Sølvpil		Bjørk	Eik
	Osp		Agnbøk	
	Svartor			

Tabell 5 Utvalg av trearter kategorisert etter hvilke miljø påvirkninger de tåler best. Artene er tatt fra resultater fra flere forskningsartikler. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016) (Barwise & Kumar, 2020) (Pedersen P. A., 2019) (Korn, 2016) (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019) (Stavanger Kommune, 2021) (Statens vegvesen G, 2019) (Statens Vegvesen V271, 2016). For flere valg sjekk lenke: (Statens vegvesen G, 2019)

### 3.3 Biologisk mangfold av trær, busker og slyngplanter i Norge

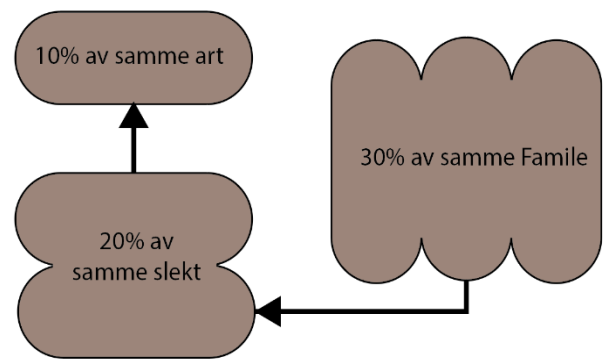
#### 3.3.1 Biologisk mangfold og artsmangfold i økosystemet

Biologisk mangfold er variasjonen av levende organismer på et område. Miljøet er med på å bestemme hvor mange forskjellige levende organismer som lever sammen. (Ratikainen, 2019) Dette skaper et økosystem. Desto flere organismer og arter som lever i et økosystem, desto mer motstandsdyktige er de mot trusler som sykdommer og mangel på ressurser. (Ratikainen, 2020)

I dag ødelegges mange leveområder til flere organismer på grunn av et endret arealbruk av oss mennesker. Dette har negative følger for flere økosystemer. Dette betyr at mange arter har fare for å dø ut. Vi mennesker kan restaurere ødelagte økosystemer ved å introdusere originale arter der de en gang hørte til. Det gir igjen en økonomisk verdi til oss mennesker siden vi kan fortsette å få viktige ressurser fra økosystemene. Vi har derfor et etisk ansvar for å ta vare på arter som er mer sårbare enn andre. (Ratikainen, 2019) (Ratikainen, Økosystem, 2020)

Den Storbritanniske organisasjonen for skogsbruk og tre-relatert forskning har en anbefaling om at man ikke skal plante mer enn 10% av samme treart for at nyetablerte trær på et område skal bli mer motstandsdyktig mot bakterier, virus og sopp. (Smith, et al., 2018) *Se figur 17.*

Når vi snakker om artsmangfold snakker vi om summen av antall arter som finnes i et område. Artene bærer på forskjellige egenskaper som er både positivt og negativt for oss mennesker og økosystemet. Derfor er det viktig å skaffe seg kunnskap om den floristiske statusen på plantene man introduserer. (Artsdatabanken 4, 2021) (Meyer, 2016)



Figur 17 Grafisk fordeling av anbefalt artsmangfold  
Illustrasjon (Duus Carlsen)

- Hvis den er en **original status** på området og klarer å gro er det en egnet art.
- Har den er en **beboende status** klarer den å spre seg innenfor det naturlige området uten hjelp fra mennesker.
- Hvis den sprer seg utenfor området som er naturlig for arten å spre seg har den **invasjonsstatus**. Disse plantene er fremmedartet i Norge.

Sammen med biomangfold og artsmangfold er det også viktig å velge arter som kan vokse på det klimatiske området. Et godt tips er å se hvilke arter som allerede vokser fra før på området slik at man etablerer arter som tolerer det lokale klima. (Smith, et al., 2018) På nett finnes det gratis verktøy til hvilke planter som kan egne seg best til planting i urbane og tettbygde områder ut fra hva planten skal brukes til. iTree henviser i lenken nederst i delkapitlet er en slik applikasjon. Når man bruker denne applikasjonen er det viktig å se om artene som blir foreslått ikke er fremmedartet. Statens vegvesen har også en grønnveileder som er verd å sjekke ut for valg av arter. Denne er henviser i kilden: (Statens vegvesen G, 2019)

iTree: <https://species.itreetools.org>



### 3.3.2 Fremmedartete arter

En art er fremmed hvis den som nevnt sprer seg utenfor sitt naturlige spredningspotensial. Dette gjelder også underarter. Dette kan ha skjedd bevisst eller ubevisst ved hjelp av menneskelig aktivitet. Ulempen med slike arter, er at de fortrenger og ødelegger lokale økosystem, og tar over området som originalt besto av flere arter. (Artsdatabanken, 2019)

Regjeringen har satt som mål å stanse planting av fremmede arter, og bekjempe spredningen av fremmede arter med høy eller svært høy økologisk risiko. *Se tabell 6 og 7* Målet er å fjerne slike arter fra norsk natur. (Regjeringen 1, 2019)

Artsdatabanken har vurdert den økologiske risikoen til alle kjente fremmedartete arter frem til 2018. Under står en liste over alle busker, slyngplanter og trær som har høy eller svært høy økologisk risiko. For å finne de aktuelle fremmedartede artene er følgende kategorier valgt i søkemotoren. (Artsdatabanken 2, 2020)

- Risikokategori : Svært høy risiko - SE
- Risikokategori : Høy risiko - HI
- Geografi : Norge, fastland
- Artsgrupper : Karplanter
- Leveområder : Hovedøkosystem : Skog
- Leveområder : Hovedøkosystem : Bymiljø og sterkt endret natur

Figur 18 Liste over valgte hvilke kategorier som er valgt for å finne listen over fremmedartete art. (Artsdatabanken 2, 2020)

Liste over uønskede underartete busker og slyngplanter i Norge	
Latinsk navn	Norsk navn
<i>Swida sericea, alba,</i>	Alaska- og sibir- kornell (SE)
<i>Reynoutria xbohemica, japonoca, sachalinensis</i>	Hybrid-, park-, kjempe-slirekne (SE)
<i>Laburnum alpinum, anagyroides</i>	Alpegull-, Gull- regn (SE)
<i>Lamiiastrum galeobdolon argentatum, galeobdolon</i>	Sølve-, parkgull tvetann (SE)
<i>Sorbaria sorbifolia</i>	Rognspirea (SE)
<i>Lonicera involucrata, tatarica, caerulea</i>	Skjerm-, Tatar-, Blå-, leddved (HI)
<i>Parthenocissus inserta, quinquefolia</i>	Villvin, Klatrevillvinn (HI)
<i>Salix daphnoides daphnoides, xmolissima, xfragilis, viminalis</i>	Mellomeuropeisk dogg-, Flette-, grønn-, kurv-, pil (HI)
<i>Sambucus annuus annuus</i>	Rødhyll (SE)
<i>Taxus xmedia</i>	Hybridbarlind (SE)
<i>Amelanchier spicata</i>	Blåhegg (SE)
<i>Berberis thunbergii</i>	Høstberberis (SE)
<i>Caragana arborescens</i>	Sibirertebusk (HI)
<i>Cytisus scoparius</i>	Gyvel (SE)

Liste over uønskede underartete løvtrær i Norge	
Latin	Norsk
<i>Sorbus mougeotii</i>	Alpeasal (SE)
<b>Acer</b>	<b>lønnfamilien</b>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Platanlønn (SE)
<i>Acer ginnala</i>	Sibirlønn (SE)
<b>Larix,</b>	<b>lerkefamilien</b>
<i>Larix kaempferi</i>	Japanlerk (HI)
<i>Larix xmarshlinsii</i>	Hybridlerk (HI)
<i>Populus balsamifera</i>	Balsampoppel (SE)
<i>Ulmus minor</i>	Lund-alm (HI)
<i>Alnus alnobetula</i>	Grønn-or (HI)

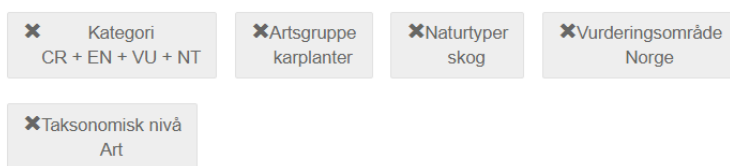
Tabell 6 SH = Svært høy risiko, HI = Høy risiko. Illustrert av (Duus Carlsen)

### 3.3.3 Røddlistete arter

Det at en art er røddlistet betyr at den er i ferd med å dø ut i Norge. Dette kan ha skjedd fordi at det lokale klimaet i økosystemet den originalt befant seg i har blitt forandret, eller at en fremmed art har tatt over området. I dag er noen arter i edelløvskogen og asalslekten røddlistet i Norge. De er notert i tabell 7 og 8. (Frafjord, Olerud, & Ericsson Ryste, 2020) (Artsdatabanken 3, 2020)

Regjeringen vil også prioritere arter naturtyper og kulturlandskap som er i ferd med å bli utrydningstruet i Norge. Ved å plante disse artene bidrar man til å restaurere Norsk skog og øke det originale artsmangfoldet. (Regjeringen 1, 2019) (klimakur 2030, 2020)

Artsdatabanken har en liste over røddlistede arter frem til 2015. (Artsdatabanken 3, 2020) Nedenfor ligger en liste over underarter av løvtrær og busker som er røddlistet i Norge. I søkemotoren ble følgende kategorier valgt:



Figur 19 Liste over valgte hvilke kategorier som er valgt for å finne listen over fremmedartet art. (Artsdatabanken 3, 2020)

Liste over ønskede løvtrærarter i Norge			
Latin	Norsk		
<i>Ulmus glabra</i>	Alm PH		
<i>Taxus baccata</i>	Barlind G, PH		
<i>Malus sylvestris</i>	Villeple PH		
<i>Fraxinus excelsior</i>	Ask PH		
<b>Sorbus</b>	<b>Asalfamilien</b>		
<i>Sorbus sognensis</i>	Sogneasal PH		
<i>Sorbus Meinichii</i>	Fagerrogn LO		
<i>Sorbus subarranensis</i>	Småasal LO		
<i>Sorbus aria</i>	Sølvasal LO		
<i>Sorbus subpinnata</i>	Grenmarasal LO		
<i>Sorbus subsimilis</i>	Sørlandsasal LO		

Liste over ønskede buskearter i Norge	
Latin	Norsk
<i>Salix daphnoides</i>	Påske-pil PH
<i>Swida sanguinea</i>	Villkornell LO
<i>Rosa rubugnosa</i>	Eplerose LO

Tabell 7 G = giftig, LO = lav risiko, PH = Potensielt høy risiko. Illustrert av (Duus Carlsen)



### 3.3.4 Utvalg av trearter som vokser naturlig i Norge og har original status

For å være sikre på at plantene kan gro er det viktig å vite hvilke plantearter som vokser naturlig i Norge. I Norge finnes det rundt 30 naturlig voksende skogstre arter. Disse kan deles inn i boreal barskogstrær og temperert edelløvsogstrær, samt asaltrearter. den tempererte klimasonen befinner seg i Sør-Norge langs kysten, mens de boreale klima befinner seg i østlige og nordlige deler av Norge. For flere alternativer anbefales iTree og Statens vegvesen sin grønnveileder for Vestlandet. (nibio, 2021) (Statens vegvesen G, 2019).

<b>Klatreplanter</b>	
<b>Selvklatrende planter</b>	
Latin	Norsk
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	Rådhusvillvin
<i>Hydrangea anomala</i>	Klatrehortensia
<i>Hedera helix</i>	Eføy
<b>Planter som trenger noe å slynge seg i</b>	
<i>Parthenocissus vitacea</i>	Slyngvillvinn
<i>Fallopia baldshuanica</i>	Klatreslirekne
<i>Aristolocha durior</i>	Pipeholurt
<i>Clematis</i>	Klematis
<b>Noen eksempler på buskearter</b>	
<i>Thuja</i>	Tujaen
<i>Ligustrum</i>	Liguster
<i>Buxus sempervirens</i>	buksbom
<i>Rhododendron</i>	Rhododendron
<i>Aesculus</i>	Hestekastanje
<i>Hydrangea</i>	Hortensia
<i>Juniperus</i>	einer
<i>Carpinus betulus</i>	agnbøk

Tabell 8 (Undheim, 2018), (Plantasjen, 2021). Illustrert av (Duus Carlsen)

#### Bjørk *Betulaceae*

- **Jordpreferanse:** Nøytral og fuktig Kan også gro i dårlige jordforhold
- **Klima preferanse:** Åpnet områder med mye sol.
- **Levetid:** maks 300 år
- **Artsmangfold:** 60 arter vokser naturlig i Norge
- **Bladstruktur:** Små, hårete og rue bladoverflater. Kort bladstilk.
- **Morfologisk form:** loddrett oval gjennomtrengelig krone. Kan bli opptil 10-20m høye.
- **Frukt:** små nøtter med vingekant
- **Pollen:** Store mengder fra april til juni.
- **Sårbarhet:** Insekter og soppsykdommer på blader.
- **Salttoleranse:** Tolererer salt jord, men ikke saltsprut.



Figur 20 Bjørketre (Grindeland, bjørk, 2021)

**Kilder:** (Pedersen P. A., 2019) (Cappelendamm, 2021) (Barwise & Kumar, 2020) (wikipedia (bjørk), 2021) (NAAF 1, 2021) (Grindeland, 2021) (Grindeland, bjørk, 2021)

### Eik *Quercus robur/petraea*

- En del av edelløvskogen
- **Jord preferanse:** Næringsrik jord
- **Klima preferanse:** Relativt høye sommer-temperaturer.
- **Levetid:** rundt 300år, men kan bli eldre.
- **Artsmangfold:** Mer enn 450 arter på verdensbasis, men kun sommereik og vintereik er naturlig i Norge
- **Bladstruktur:** Mellomstore glatte, og brede bladoverflater. varierende bladstilkengde. (Barwise & Kumar, 2020)
- **Morfologisk form:** Naturlig stor og noe gjennomtrengelig krone. kan bli opptil 30-40m. høy
- **Frukt:** En nøtt.
- **Pollen:** store utbrudd av pollen og VOC.
- **Salttoleranse:** Ømfintlig mot salt.
- **Bonus:** Sørger for et leveområde for mange andre arter. Bringer ofte med seg dyr, insekter og sopp.



Figur 21 (Sunding, Magne Grindeland, & Foslie, 2021)

**Kilder:** (Pedersen P. A., 2019) (Cappelendamm, 2021) (Sunding, Magne Grindeland, & Foslie, 2021) (Barwise & Kumar, 2020) (Barwise & Kumar, 2020)

### Spisslønn *Acer platanoides*

- En del av edelløvskogen.
- **Jord preferanse:** Næringsrik jord. Tåler også høyt vanninnhold i jorden.
- **Klima preferanse:** Relativt høye sommer-temperaturer.
- **Levetid:** opptil 200 år.
- **Artsmangfold:** Rundt 126 arter av lønn, men spisslønn er den eneste viltvoksende arten som ikke er fremmedartet.
- **Bladstruktur:** Medium store, brede og glatte bladoverflater. Lang bladstilk.
- **Morfologisk form:** Kronen er naturlig stor og tett med en sirkulær form på voksne trær. Kan bli 25 meter høy
- **Frukt:** Store vinger med frø
- **Pollen:** Lavt VOC nivå
- **Salttoleranse:** Tåler saltsprut, men ikke saltholdig jord



Figur 22 (Lofthus, 2018)

**Kilder:** (Barwise & Kumar, 2020) (Pedersen P. A., 2019) (Lofthus, 2018) (nibio(spisslønn), 2017) (Cappelendamm, 2021) (wikipedia (lønneslekten), 2021) (Artsdatabanken 1, 2019) (Barwise & Kumar, 2020)

### Alm *Ulmus glabra*

- En del av Edelløvskogen.
- **Jord preferanse:** Næringsrik jord. Noe tolerant mot mye vann i jorden
- **Klima preferanse:** Relativt høye sommer-temperaturer.
- **Levetid:** opptil 400 år
- **Artsmangfold:** 20-40 arter, men kun *Ulmus glabra* lever i Norge.
- **Bladstruktur:** Små med glatt, eller røff overflate.
- **Morfologisk form:** Får en Stor og noe gjennomtrengelig krone. Kan bli opptil 35m høye.
- **Frukt:** En liten flat bredvinget nøtt som faller i juni.
- **Pollen:** Lavt utslipp av VOC og pollen.
- **Sårbarhet:** Mot sykdommer.
- **Salttoleranse:** Tåler saltholdig jord og saltsprut..



Figur 23 (Vik, 2020)

**Kilder:** (Cappelendamm, 2021) (Vik, 2020) (wikipedia (almslekta), 2021) (Barwise & Kumar, 2020) (Pedersen P. A., 2019) (nibio(alm), 2017)

### Or *Alnus incena/glutinosa*

- En del av edelløvskogen.
- **Jordpreferanse:** Kan plantes i nitrogenfattig eller leirblandet jord som er rik på næring.
- **Klima preferanse:** Relativt høye sommertemperaturer.
- **Levetid:** Opptil 200 år, men blir sjeldent gammel.
- **Artsmangfold:** Ca. 35 arter i verden, men i Norge vokser kun gråor og svartor naturlig.
- **Bladstruktur:** Medium store blader med spisse kanter. Overflaten til svartor er klebrig, mens gråor har en glatt overflate.
- **Morfologisk form:** Gjennomtrengelig og åpen krone. Kan bli opptil 20-25m høye.
- **Frukt:** Små kongler som kommer etter pollinering.
- **Pollen:** Lav VOC nivå, men mye pollen mellom februar og april.
- **Salttoleranse:** Tolerant mot salt.



Figur 24 (Grindeland, or, 2020)

**Kilder:** (Grindeland, or, 2020) (NAAF 1, 2021) (Barwise & Kumar, 2020) (wikipedia (orslekten), 2020) (nibio(or), 2017) (Cappelendamm, 2021)

### Ask *Fraxinus excelsior*

- En del av edelløvskogen.
- **Jordpreferanse:** Næringsrik jord
- **Klima preferanse:** Relativt høye sommertemperaturer. Vokser langs kysten i Sør-Norge.
- **Levetid:** Kan bli opptil 150-200 år.
- **Artsmangfold:** 43 arter på verdensbasis.
- **Bladstruktur:** En bladsamling av 9 eller flere små blad. Blomstrer før den får blader i slutten av mai. Får derfor sent blader.
- **Morfologisk form:** Konen blir stor og noe gjennomtrengelig. Kan bli 25m høyt.
- **Frukt:** En liten vingeformet nøtt.
- **Pollen:** Gir sjeldent ut pollen.
- **Sårbarhet:** Sykdommer fra sopp.
- **Salttoleranse:** Uvisst



Figur 25 (Sunding, Ask, 2020)

**Kilder:** (Sunding, Ask, 2020) (Cappelendamm, 2021) (nibio(ask), 2017) (wikipedia (ask), 2020)

### Osp *Populus tremula*

- **Jord preferanse:** Kan leve på næringsfattig jord.
- **Klima preferanse:** Finnes over hele landet. Danner ikke naturlig store skoger.
- **Levetid:** Opptil 100år.
- **Artsmangfold:** Ca. 43 arter, men kun *Populus tremula* vokser naturlig i Norge.
- **Bladstruktur:** Små og glatte, men kan ha fine hår på overflaten. De har også lang stilk og skifter farge gjennom sesongen.
- **Morfologisk form:** Kronen kan bli stor og gjennomtrengelige. Blir 5-20 meter høye, men kan bli opptil 40m.
- **Frukt:** Små frø.
- **Pollen:** Noen arter slipper ut mye VOC stoff, og pollen. Blomster om våren før bladene kommer.
- **Salttoleranse:** Den er mindre ømfintlig for salt, men svak mot salt jord.
- **Bonus:** Barken har høy pH-verdi og bidrar til et viktig leveområde for insekter og sopp.



Figur 26 (Grindeland, Osp, 2020)

**Kilder:** (Grindeland, Osp, 2020) (Barwise & Kumar, 2020) (nibio(osp), 2017) (wikipedia (poppelslekten), 2019) (Pedersen P. A., 2019)

### Bøk *Fagus sylvatica*

- En del av edelløvskogen.
- **Jord preferanse:** Næringsrik jord
- **Klima preferanse:** Relativt høye sommer-temperaturer. Mest naturlig på Sør-Østlandet. Tolerere godt skygge og fuktig klima.
- **Levetid:** Opptil 400år.
- **Artsmangfold:** 10 forskjellige arter, men kun *Fagus sylvatica* vokser vilt i Norge.
- **Bladstruktur:** Mellomstore med en ru overflate
- **Morfologisk form:** Kronen kan bli stor og tett. Kan bli opptil 25-30 meter høy.
- **Frukt:** En nøtt, og kommer samtidig som bladene.
- **Pollen:**
- **Salttoleranse:** Ømfintlig mot salt.



Figur 27 (Sunding, bøk, 2020)

**Kilder:** (Cappelendamm, 2021) (Sunding, bøk, 2020) (Barwise & Kumar, 2020) (nibio(bøk), 2017) (wikipedia (bøkslekten), 2020) (Pedersen P. A., 2019)

### Lind *Tilia cordata*

- En del av edelløvskogen.
- **Jord preferanse:** Næringsrik jord. Sensitiv mot for mye vann i jorden
- **Klima preferanse:** Relativt høye sommertemperaturer.
- **Levetid:** Over 500 år.
- **Artsmangfold:** 50 arter, men en er viltvoksende i Norge.
- **Bladstruktur:** Medium store blader med spiss kant. Overflaten er glatt eller rue med hår.
- **Morfologisk form:** Massiv krone med noe gjennomtrengelighet. Kan bli 30m høye.
- **Frukt:** Gulformet blad med små nøttefrø hengende på undersiden. (Sunding, lind, 2020)
- **Pollen:** Lav utslipp av VOC og noe pollenutslipp.
- **Salttoleranse:** Noe svak mot salt i jord og saltsprøyt.



Figur 28 (Sunding, lind, 2020)

**Kilder:** (Cappelendamm, 2021) (nibio(lind), 2017) (Sunding, lind, 2020) (Barwise & Kumar, 2020) (Pedersen P. A., 2019)



### Selje *Salix caprea*

- Er en del av vierslekten.
- **Jord preferanse:** Næringsrik jord
- **Klima preferanse:** Vokser over hele landet og krever mye lys
- **Levetid:** Opptil 80 år.
- **Artsmangfold:**
- **Bladstruktur:** Bladene er tykke og mellomstore med en hårete og elastisk overflate.
- **Morfologisk form:** Kronen er stor og lite gjennomtrengelig. Vanligvis 3-8m høy, men kan bli opptil 20m.
- **Frukt:**
- **Pollen:** Kraftig fra midt april til midt mai.
- **Salttoleranse:** Mindre ømfintlig mot salt.
- **Bonus:** Tiltrekker bier og andre insekter med pollinering.



Figur 29 (Grindeland, selje, 2021)

**Kilder:** (nibio(selje), 2017) (Grindeland, selje, 2021) (NAAF 1, 2021) (Pedersen P. A., 2019)

### Hassel *Corylus avellana*

- Er en del av edelløvkogen.
- **Jord preferanse:** Uvisst
- **Klima preferanse:** Relativt høye sommer-temperaturer. Vokser kun opp til 500 meter over havet, og er mest vanlig på Østlandet.
- **Levetid:** Uvisst
- **Artsmangfold:** Rundt 11 arter som vokser i Norge.
- **Bladstruktur:** Bladene og bladstilken er dekket med hår.
- **Morfologisk form:** Vokser som busker der stammene har et tverrmål på inntil 1,5m. Maks 6m høyt.
- **Frukt:** En nøtt. Blomsten er enkjønnet
- **Pollen:** store utbrudd fra februar til april.
- **Salttoleranse:** Svært ømfintlig mot salt.

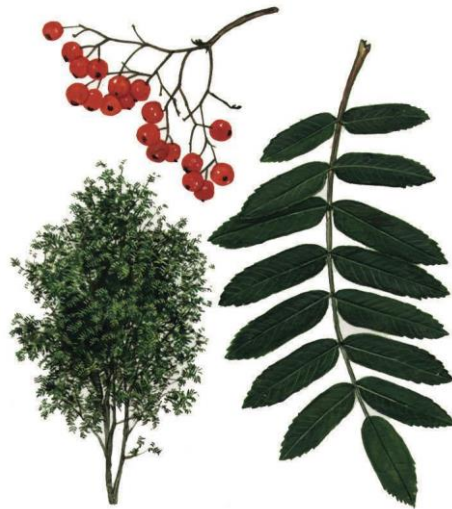


Figur 30 (Grindeland, hassel, 2020)

**Kilder:** (Cappelendamm, 2021) (Grindeland, hassel, 2020) (NAAF 1, 2021) (nibio(hassel), 2017) (Pedersen P. A., 2019) (wikipedia (hasselslekten), 2019)

### Rogn og asal *Sorbus* og *Sorbus aucuparia*

- **Jord preferanse:** Uvisst. Tolerant mot mye vann i jorden
- **Klima preferanse:** Vokser over hele landet.
- **Levetid:** Uvisst
- **Artsmangfold:** Det er 100-150 arter i verden, men i Norge er det 13 viltvoksende arter.
- **Bladstruktur:** 6-8 par med mindre blader, men kan variere.
- **Morfologisk form:** Medium til stor krone som er noe gjennomtrengelig.
- **Frukt:** Små oransjerøde bær Blomstene er hvite og i store halvskjermer.
- **Pollen:** Lite utslipp av pollen og VOC.
- **Salttoleranse:** Mindre ømfintlig mot salt.



Figur 31 (Vik, rogn, 2019)

**Kilder:** (nibio(rog), 2017) (wikipedia (asalslekten), 2020) (Vik, rogn, 2019) (Barwise & Kumar, 2020) (Pedersen P. A., 2019)

### Gran *Picea abies*

- **Jordpreferanse:** Nøytral og fuktig jord
- **Klima preferanse:** Ikke for mye sol.
- **Levetid:** opptil 484 år i Norge, men kan bli eldre.
- **Artsmangfold:** Finnes rundt 35 arter. (wikipedia (gran), 2020)
- **Bladstruktur:** Har korte barnåler fra grenene.
- **Morfologisk form:** Kronestrukturen starter vanligvis en meter over bakken i en oval pyramide form. Kan bli opptil 50m høye.
- **Frukt:** En konge på mellom 10-20cm.
- **Pollen:** Store mengder i form av VOCs partikler 20-40 år etter planting.
- **Salttoleranse:** Ømfintlig mot saltholdig jord og saltsprut.



Figur 32 (Aune, Gran, 2020)

**Kilder:** (Pedersen P. A., 2019) (Aune, Gran, 2020) (Cappelendamm, 2021) (nibio(gran), 2017) (wikipedia (gran), 2020)

### Furu *Pinus sylvestris*

- **Jordpreferanse:** Nøytral til sur og fuktig jord, men også tørr jord
- **Klima preferanse:** Ikke for mye sol. Trives best i Sør-Norge. Arten vokser over hele Norge.
- **Levetid:** Opptil 500-600 år.
- **Artsmangfold:** 115-130 eviggrønne arter i furuslekten, men bare *Pinus sylvestris* er viltvoksende.
- **Bladstruktur:** Barnålene er lange på grenene, og blomsten vokser på enden.
- **Morfologisk form:** Kronen kan bli stor og tett. Vanlig med klaser lengre ute på større grener. Blir mellom 20-30m høye, men kan bli opp til 40m.
- **Frukt:** En konge.
- **Pollen:** Lavt utslipp av VOC og lite pollen
- **Sårbarhet:** luftforurensning
- **Salttoleranse:** Tolerant mot saltholdig jord, men dårlig mot saltsprøyt.



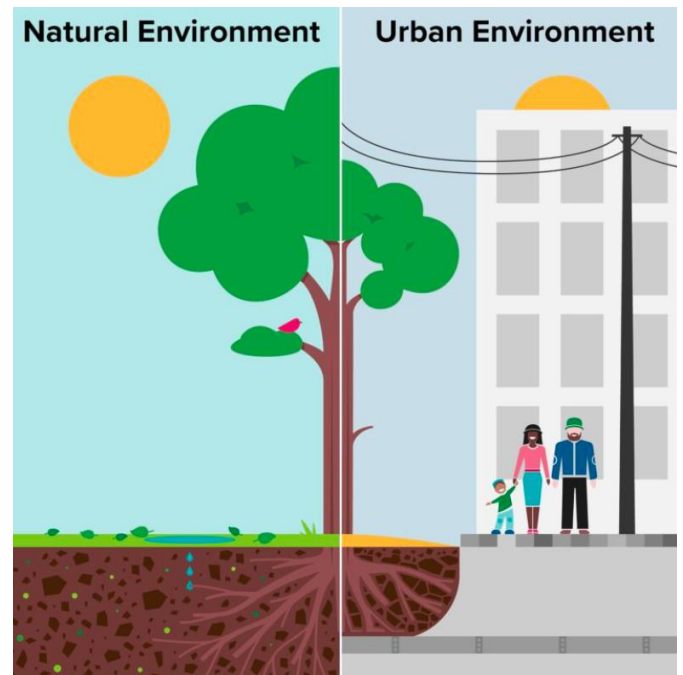
Figur 33 (Aune, 2019)

**Kilder:** (Barwise & Kumar, 2020) (Cappelendamm, 2021) (Aune, 2019) (nibio(furu), 2017) (wikipedia (furuslekten), 2021) (Pedersen P. A., 2019)

### 3.4 Overbygning til nye trær i næringsparker

I urbane områder har trær ofte en begrenset plass til å vokse og er mer utsatt for stress sammenlignet med i dets naturlige miljø. Derfor er det viktig å vite hvordan overbygningen til trær kan etableres for at den får etablert gode røtter slik at kronen på treet kan vokse seg stor, og spille en viktig rolle i å skjerme for forurensende stoffer og binde opp mest mulig  $CO_2$ . (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016)

I Norge har vi flere veiledere og standarder for vegetasjonsbeplantning. Hensikten med disse er å sikre at eksisterende vegetasjon blir tatt vare på, og at ny vegetasjon tar hensyn til trafiksikkerhet, blir plantet med en god overbygning og at plantene blir levert med god kvalitet. Riktig etablering og kunnskap om hvordan det gjøres er derfor viktig for å forsikre seg om at treet lever lengst mulig. Hvis man danner levedyktige trær ved første beplantning danner man et bedre fotavtrykk fordi trærne kommer til å leve lengre og trenger mindre vedlikehold. Dette vil igjen være mer samfunnsøkonomisk for samfunnet. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011) (Rust 1, 2016)



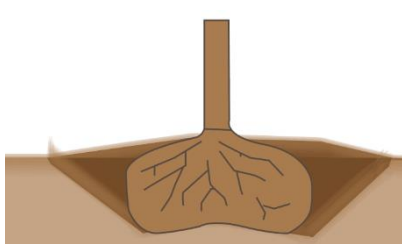
Figur 34 Visuell forskjell på miljøet rundt trær i byer. Mindre tilgang på vann, jord og sol er gjentakende faktorer som går igjen for trær i urbane områder. Ved hjelp av en god overbygning og tanke på plassering får man gitt treet tilgang på flere næringsstoffer som den trenger. (Cities4Forests, 2021)



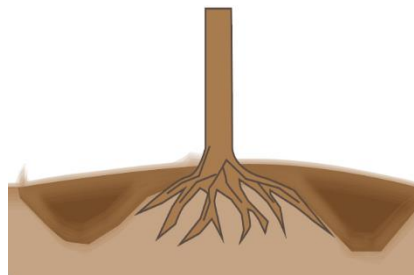
### 3.4.1 Overbygning og beplantning

Når man etablerer nye trær i Norge, må man kjøpe trærne fra planteskoler. Disse planteskolene må følge kriterier for kvaliteten på plantene de leverer nevnt i standarden NS4400:2018. Planteskolene kan velge å levere trærne med røttene som en klumpplante, i en potteplante, eller som bare røtter pakket i våte kluter. Størrelsen på treet varierer fra pisk 60-80cm høyt (ung-tre 1-2år), til større trær på 200-250cm høyde som har vokst i 10-15 år. Diameter på stammen varierer fra 4 til 25cm. Hvilken dimensjon treet skal ha innenfor disse målene ved planting blir oppgitt av kommunens forskrifter, og det viktigste er at de er store nok til å tåle vegmiljøet. (Norsk Standard, 2018) (Varkold, 2014) (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012) (Statens Vegvesen V271, 2016).

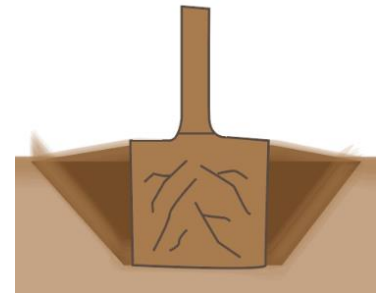
Tidsrammen for når de ulike trærne bør plantes, og hva de er sårbare mot avhenger av leveringsformen. Det er derfor lurt å dobbeltsjekke ved leveranse av planter hva standarden sier om hvilken kvalitet planten eller treet en anskaffet skal ha. Dette sikrer at du får levedyktige planter. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)



Figur 35 Klumpplante er den mest vanlige leveringsformen for trær. De bør plantes på våren før 1.juni. Når den er plassert i hullet klippes emballasjen (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

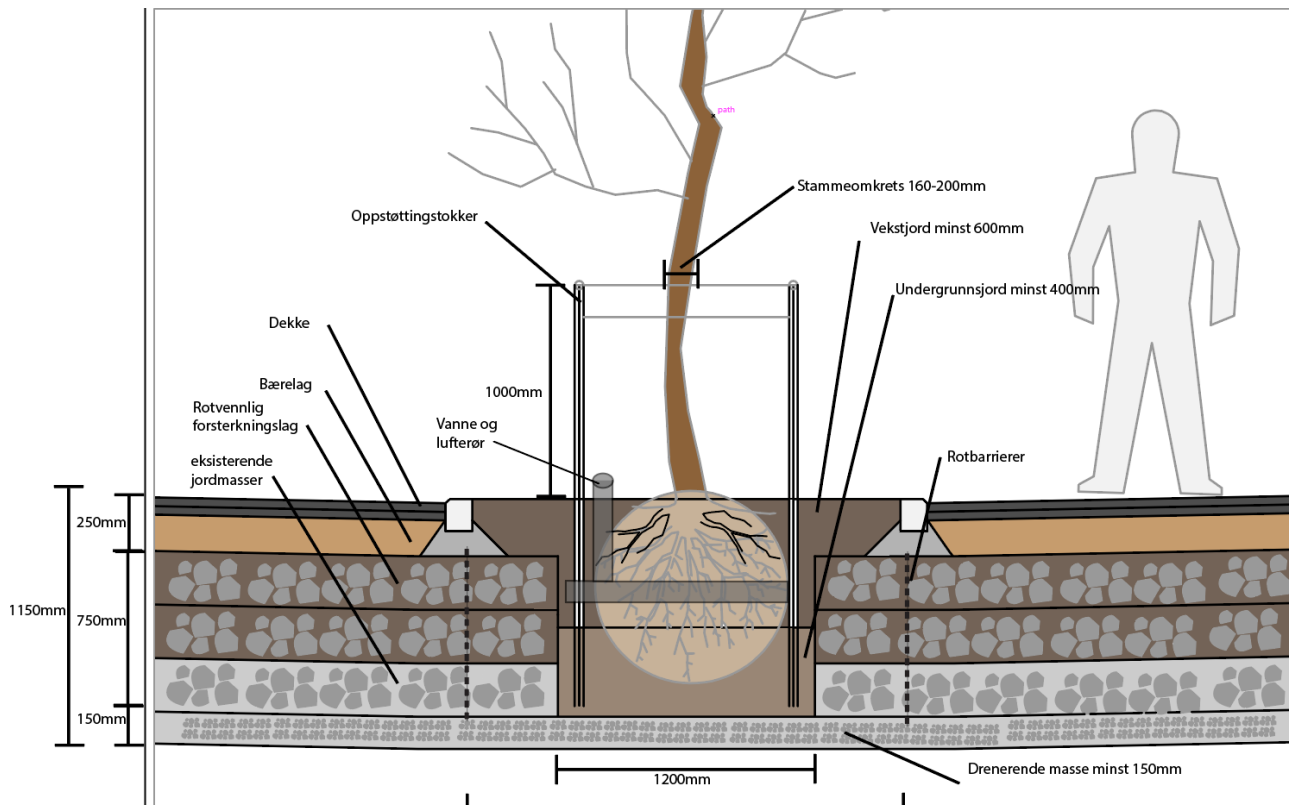


Figur 36 Barrotplanter plasseres på en forhøyning av pakket jord for å stabilisere treet. Tidsrammen for planting er begrenset til tidlig vår eller tidlig høst. Disse plantene er mer tidkrevende å plante fordi de krever håndarbeid. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012). Illustrasjon: (Duus Carlsen).



Figur 37 Konteinerplanter er dyrket i pottes eller containere. De kan plantes hele året med unntak av når det er frost i jorden. Det kan være begrensninger på denne formen og rot kvaliteten kan være dårligere (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Størrelsen på plantehullet må være stort nok til at rot utviklingen kan skje. Trestammen skal plantes minst 75cm fra veien, og 4 til 10 meter fra hverandre. Hullet skal også være minst 1 meter dypt. I plantehullet er det viktig at man unngår sjiktsskille mellom ulike typer jord som kan hindrer rotveksten. Klumpplanter har røtter 4 ganger stammeomkretsen og konteinerplanten har 3 ganger stammeomkretsen. (Norsk Standard, 2018) (Statens Vegvesen V271, 2016)

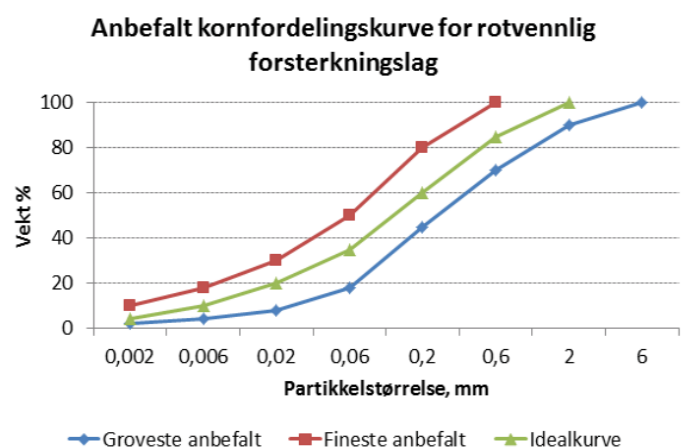


Figur 38 Prinsipp på hvordan man kan plante trær i en gågate eller parkeringsplass. Se også vedlegg (Stavanger Kommune, 2021). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Når det fylles jord tilbake, må hele trestammen inkludert rothalsen være synlig over bakken. Hvis det lar seg gjøre bør jorden som ble gravd opp legges tilbake igjen over røttene. Hvis ikke denne jorden er god nok bør jorden gjødsles og tilsettes nødvendige grunnstoffer. Jorden bør helst ha en pH mellom 5,5-7,5 for å forsikre seg om at den inneholder de næringsstoffene treet trenger. Dette finnes ut ved hjelp av en jordprøve. Man skal helst unngå gjødsling fordi det kan føre til saltskader og tiltrekke seg skadedyr. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012) (Smith, et al., 2018)

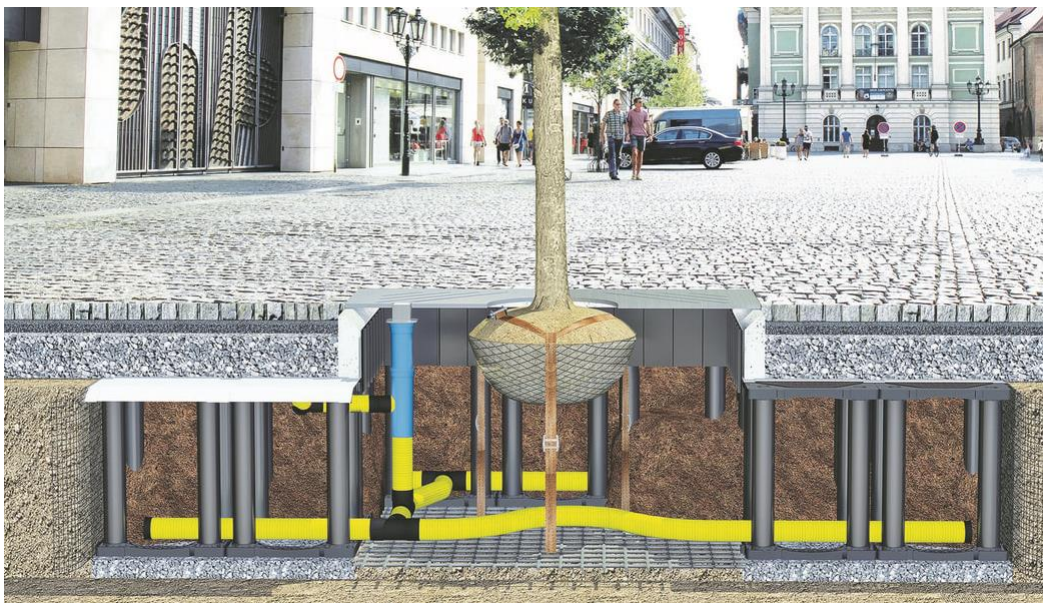
Vekstjorden bør ha et finstoffinnhold på 0-0,063mm under 12%, og humusinnhold på 6-8%. Undergrunns jord bør ha finstoffinnhold på under 8%. Morenemassen bør ikke inneholde humus. Det rot vennlige forsterkningslaget er der røttene kan gro under dekket og bærelaget til veier. Kornfordelingskurve kan bli sett på figur 39. (Stavanger Kommune, 2021)

I steder med jord som bærer av god kvalitet bør jorden nederst i plantehullet ikke røres og omkretsen bør være minst 25% større enn rot klumpen. Hvis jordmassen byttes ut etter planting er det viktig å komprimere jorden under rot klumpen for at treet ikke skal synke etter planting. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)



Figur 39 Anbefalt kornfordeling av rot vennlig forsterkningslag. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)

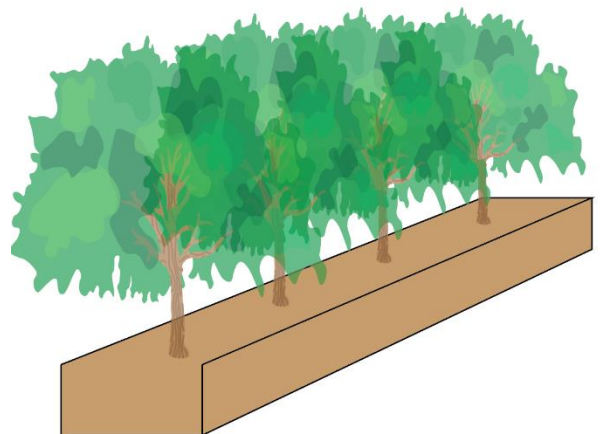
Der jorden er av varierende kvalitet, som den ofte er i byer og tettbygde steder, bør man ta hensyn til mer komprimert jord med dårlig dreneringsevne. (Smith, et al., 2018) Dette er jord som tung leire, undergrunns masser eller jord med mye finstoff. Her kan det lønne seg å grave et litt grunnere hull slik at røttene kan vokse ut i det øverste jordlaget for å få bedre tilgang på oksygen. Der det ikke lar seg gjøre kan man løsne jorden i et større område rundt plantehullet eller plassere en bærende konstruksjon for overflatebelegget. Som en løsning for motvirkning av komprimert jord kan man også installere luftkanaler til røttene. *Se figur 38 og 40* (Rust 1, 2016) (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012) (Smith, et al., 2018) Rot vennlig forsterkningslag bør være på  $15 m^3$  per tre i trekker. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012) Jordvolum er anbefalt å være 75% kronens areal for å få minimumsvolumet treet trenger for å samle opp vann. Samtidig bør det legges til rette for at overvannet renner mot bedet til treet som et overvannstiltak. Der røtter kan skade overbygning til veier eller vannrør bør det legges en lineær rot barriere ved kantsteinen slik at røttene vokser i en annen retning enn mot overbygningen. (Rust 1, 2016)



*Figur 40 Rot vennlig forsterkningslag med trykkplattform. Det gjør det mulig å frigi mer areal rundt stammen og øke jordvolumet til treet. På bilde er det også plassert gule, og blå vann- og luftrør. (Harald Smit innlandet trepleie, 2021)*

Hvis man opparbeider et sammenhengende bed, får alle trær et større samlende volum med jord og det gir mindre risiko for uttørking. Det gjør også at rot utviklingen blir bedre fordi røttene til hvert enkelt tre kan strekke seg lengre. Vedlikehold og treplanting av trær kan også bli enklere hvis tilgjengeligheten på bedet fra veier er god. Sammenhengende bed benyttes ofte langs veier og vegetasjonsbarrierer. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)

Fremtidig planlegging for hvor store trær man ønsker er også viktig ved utforming av plantehullet. To meter fra stammen er der de verste skadene på infrastruktur skjer. Hvis man hever fortau og legger overvannsystemet samtidig med etableringen av trærne kan man unngå unødvendig vedlikehold rundt trærne og



*Figur 41 Illustrasjon av sammenhengende bed. Illustrasjon: (Duus Carlsen)*



slippe å gjøre uforutsette konstruksjonsarbeid. Dette gjør at trær kan byttes ut samtidig med oppgradering av overvannsystemet som vanligvis er rundt 80-100år etter det er konstruert. (Rust 1, 2016)

Hensikten med oppstøtting av trær er for å sørge for at treet skal stå stabilt og begynne å vokse rett de første årene etter at det er blitt plantet. Når treet klarer å stå stødig på egenhånd fjernes oppstøttingen. Den vanligste måten å støtte opp trær på er med bruk av oppbindingsstokker. Disse plasseres symmetrisk like utenfor rot-klumpen. Oppbindingen til stammen bør ikke monteres høyere enn 1/3 av tre-høyden for å sørge for god bevegelsesfrihet. Det bør helst ikke benytte mer enn 1 oppbindingsstokk for la rotsystemet utvikle seg mest mulig fritt, men i områder preget av mye vind, eller vind fra flere dominerende vindretning bør det velges 2-4 oppbindingsstokker. (Rust 1, 2016) (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)

### 3.4.2 Dekningsmaterialer

Dekningsmaterialer over røttene utformes etter hva det er behov og plass til. Dekningsmaterialet skal sørge for at trets røtter får tilstrekkelig med oksygen og vann ved at den beskytter mot komprimering av jorden. (Rust 1, 2016)

Gress kan brukes til å dekke røtter til busker og trær hvor snø deponier dumpes og hvor det trengs å sikre øverste jordlag i skrånninger. Gresset hindrer da jordmasser å bevege på seg og forurensende stoffer i å gå ned i jorden til røttene. *Se figur 42.* (Statens Vegvesen V271, 2016)



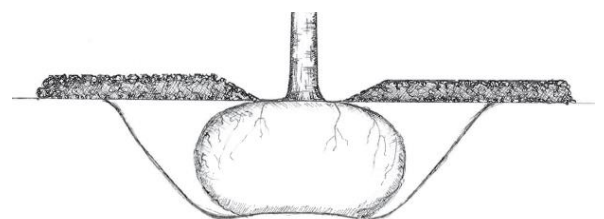
Figur 42 (geograph. or, 2008)

Ved liten plass bør man bruke en rist, eller steiner som sørger for mindre komprimering av jord. Sykkelstativ og annen aktivitet bør også ledes vekk fra den innerste delen av stammen ved hjelp av gjerder for å unngå skader på treet. En ulempe med dette valget er at treet fortsatt blir utsatt for noe trykkomprimering og kontaminering av jorden. *Se figur 43.* (Rust 1, 2016)



Figur 43 (Duus Carlsen, 2021)

Der det er større plass til dekningsmaterialet bør det legges kompost. Det kan også plantes busker og erteplanter sammen med komposten for å holde ugress borte og forbedre vannoppsamling fra bakken. Kompost kan bestå av mange forskjellige blandinger, men den vanligste består av avfall fra planter som er blitt dekomponert. Komposten legges rundt stammen på et lag mellom 10-15cm. Rothalsen må være synlig som vist på *figur 44.* I Norge er det ikke lov at komposten inneholder spirehemmende middel. Fordelen med å bruke kompost er at det sørger for at jord inneholder de nødvendige næringsstoffene treet trenger. Det kan også brukes oppå komprimert jord med dårlig dreneringsevne fordi det tar bedre vare på vann og luft. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)



Figur 44 Lag av kompost lagt over matjord (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)

Bark kan også benyttes hvis trær er utsatt for alkaliske jord (PH over 8). Dette er vanlig langs trafikkutsatte veier. Bark har



Figur 45 Bark (Laakso, 2021)

en naturlig sur verdi på PH 5. (Rust 1, 2016) Samtidig er sur jord foretrukket av noen bartrær og plantearter. En ulempe med bark er at det tar lang tid å bryte ned og ikke er like bærekraftig som kompost. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)

### 3.4.3 Konsekvenser av feil etablering av bed

Konsekvensene av feil etablering kan både være kostbart og virker mot sin hensikt ved å plante trær på et område i utgangspunktet. Røtter kan ødelegge underlag og infrastruktur, mens blader og grener kan tette overvannsrør. Årsaken til skadene er mange, og det er derfor viktig å være oppmerksom på dem for å unngå slike feil. (Roloff 1, 2016)

Røtter rekker seg mot rent vann og vekk fra skittent vann i vokseperioden. Dette kan blant annet føre til at asfalt og kantstein sprekker opp rundt treet hvis overvann blir liggende på overflaten. Røttene kan også sprekke rør hvis de lekker i områder rundt trær. Det er derfor viktig å tenke på plasseringen til rør ved planting av trær.

Hvis man skal legge vannledninger ved trær må man sørge for å pakke dem inn i en kompakt masse som røttene ikke kan penetrere. (Roloff 1, 2016)

Tekstil eller plastikk blir ofte brukt for å hindre ugress i å vokse rundt treet, men dette kan hindre røtter i å gro på grunn av mangel på oksygen. En konsekvens av dette er at de danner korte røtter og blir ustabile.

Elefantfot kommer av at et tre sine røtter ikke får strekket seg langt nok ut. Den danner da klumper på stammen som klamrer seg fast til kantsteiner, gjerder og annet den kan få tak i for å få ekstra balanse. En løsning for å unngå underutvikling av røtter kan være å etablere lineære barrierer av plast i kombinasjon av kompakt jord ved siden av kantsteinene. Se figur 38. Da får man røttene til å gro i en annen retning enn mot asfalten og kantsteinene. Arter som Lind og bjørk kan leve lenge i slike tilfeller på grunn av at de kan produsere røtter i hule stammer. De nye røttene fungerer som en stabilisering for stammen. (Roloff 1, 2016)

Rothalskveling er også ett vanlig fenomen som skjer med trær langs veier og på parkeringsplasser. Tegn på rothalskveling er at det danner seg en klump på stammehalsen. Dette skyldes opphoping av sukker som skal ned til røttene. Dette vil til slutt føre til at treet dør når det blir eldre. (Roloff 1, 2016)



Figur 46 Eksempel på rot-kvelning. (Roloff 1, 2016)



Figur 47 Et tre som ikke har fått tilstrekkelig vokseplass. Elefantfot (Wilson)

### 3.5 Strategier for best sikkerhet rundt nyetablerte trær

Trær utgjør generelt en liten risiko for mennesker, og bidrar til store fordeler for samfunnet. Allikevel er det viktig å ha kunnskap om hva som kan oppstå og unngås ved bruk av trær i næringsparker. (Rust, 2016)

Trær er levende organismer og grener faller naturlig hele tiden fra dem. Grenene kan føre til skader på mennesker og eiendeler. De lengste grenene bør derfor ikke henge over der mennesker ferdes eller over andre gjenstander, veier og bygninger i tilfelle de skulle brette. Gjennom regelmessig planlagt vedlikehold, tidlig kutting av uønskede utvekster og utforming av en sikker kronefasong danner man en økt sikkerhet rundt trærne. (Pietzarka, 2016)

Frukt fra frukttrær gjør spesielt veier og fotgjengerfelt glatte. Derfor bør arter som produserer frukter holdes unna områder som veier og parkeringsplasser med høy aktivitet. Grantrær kan også føre til glatte veier om vinteren ved at de dekker for solen på vinterstid. Disse bør derfor ikke plasseres slik at de sperrer for lys om vinteren. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016) (Rust, 2016) (Traverso, 2020)

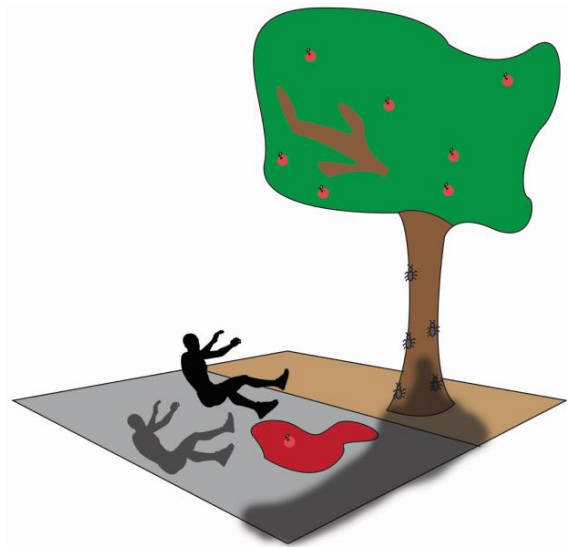
Blader, frukter og andre organiske forbindelser kan også tette overvannssystemer. Overvannssystem må enten bygges slik at organisk forbindelser ikke tetter avløpsrør og sluk, eller så må trær plasseres slik at de ikke belaster systemet. Flittig vedlikehold motvirker opphoping av organisk materiale i overvannssystemet. Fjerner man ikke organisk materiale tidlig fra overgangssystemet kan dette føre til dyre og omfattende reparasjoner. Det kan også begynne å vokse skadedyr på trær, som veps, biller og maur rundt treet hvis ikke de blir vedlikeholdt. (Smith, et al., 2018) (Rust 1, 2016)

Giftige planter bør ikke plantes der mennesker ferdes. Tujaen er en art som er vanlig å bruke i hager, men siden denne er giftig bør den ikke plantes nær barnehager eller andre områder der den kan bli risikert å bli spist av mennesker. (Traverso, 2020)

Trær bør også velges etter vind og jordforhold. Hvis treet ikke tåler mye vind, eller jordmassene på området kan det lett falle over ende. Trær kan også hjelpe mot å stoppe vind og sikre løse jordmasser hvis man velger riktig art. *Se kapittel 3.2 og Grønnveileder for Vestlandet* (Statens vegvesen G, 2019) for hvilke trær som tolerer mye vind og dårlige jordforhold. (Rust, 2016)

Ved formering slipper trær ut pollen og VOC. Dette bidrar til luftforurensning og allergiske reaksjoner hos mennesker. Strategier for reduksjon av produksjon av pollen og kartlegging av arter som slipper ut mye av disse stoffene blir nevnt i *kapittel 4.6*. (Smith, et al., 2018) (Barwise & Kumar, 2020)

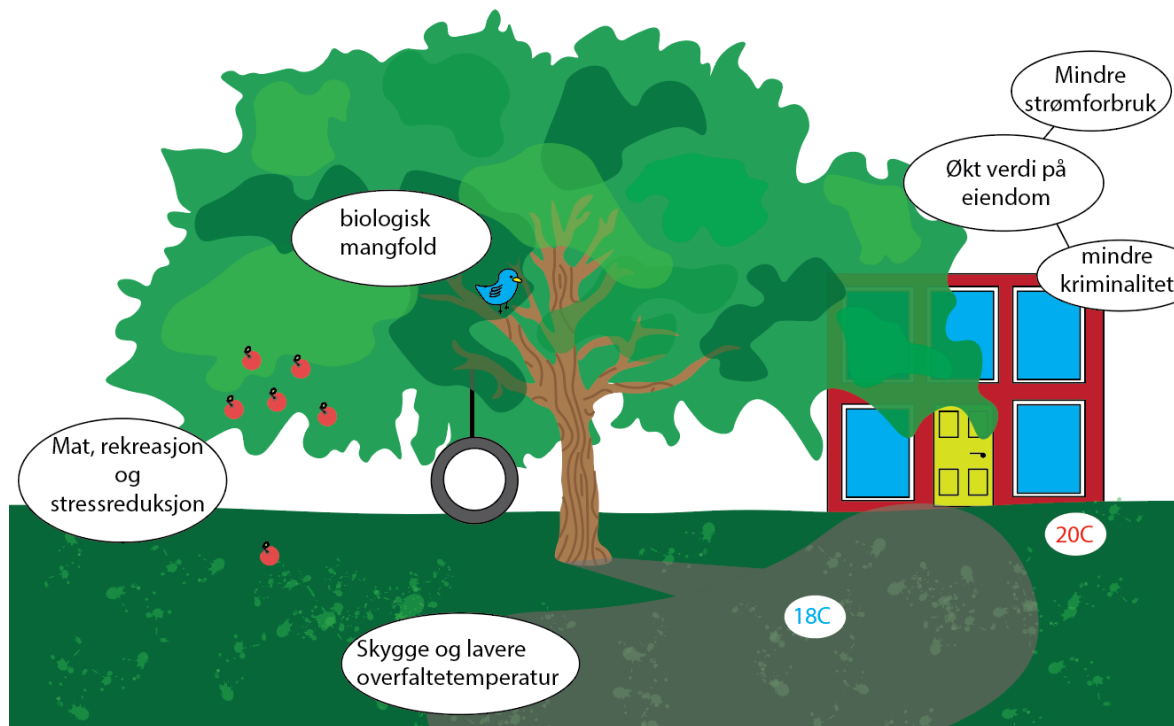
I Norge har bygg forsk serien og Statens vegvesen utredet veiledere til hvordan man kan bevare vegetasjon i bygg- og anleggsområder, samt sikre eksisterende vegetasjon på byggeplasser. Dette vil ikke bli gått i dybden i denne oppgaven, men kan leses mer om i kildene: (Byggforskserien, 2003) (Byggforskserien, 2003)



Figur 48 Glatte gangfelt. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

### 3.6 Andre fordeler som trær gir til mennesket

Trær har ikke bare en positiv påvirkning på luften vi puster inn. De har også en positiv påvirkning på oss selv og miljøet rundt oss. De samlede fordelene som trær bidrar med kan også bidra til å øke verdien og trivselen på området. (Arbor Day Foundation, 2021) Disse kommer i form av psykiske, fysiske og sosiale fordeler. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016) I dette kapitlet kommer en kort forklaring av hvordan trær er med på å forbedre miljøet rundt mennesker.



Figur 49 Noen visuelle fordeler med trær. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

#### 3.6.1 Psykologiske fordeler

Trær kan redusere stress og gi mindre sykefravær. Dette er spesielt viktig for mennesker som har yrker med økt stress i hverdagen. Kontorarbeidere med en utsikt til trær rapporterte en signifikant reduksjon av stress, og mer tilfredshet på jobben (Shin, 2006). Andre studier tyder på at pasienter med utsikt til skog også hadde en kortere restitusjonstid en andre som ikke hadde en slik utsikt. (TED-Ed, 24.04.2020)

Trær kan gjøre oss avslappet, og vi kan føle mer velbehag fordi vi får en nærhet til naturen. Dette har en sammenheng med at trær blokkerer støy, og vi forbinder trær med en avstand fra de daglige gjøremålene. Effekten av dette kan gi oss en antidepressiv effekt av lyset og det grønne fordi det får tankene over på noe annet. (Traverso, 2020) (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016)

Gjennom lukt av blomster, lyd fra blader i vinden, spiselige frukter og synet av forandring av farge gjennom årstidene stimulerer også trærne sansene våre. Det gjør at trær bidrar til en viktig estetisk faktor i bybildet. Disse sansene gir oss igjen en økt kognitiv ytelse. Gjenkjennelse av områder, interesse av å lære og tanker som skaper nysgjerrighet. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016)

### 3.6.2 Fysiske fordeler

Trær kan få oss til å gjøre flere fysiske aktiviteter. Dette kan ha en sammenheng med at trær kan gi oss økt energi ved å kjøle ned luften på varme dager, eller varme opp luften ved å skygge for vind på kaldere dager. (TED-Ed, 24.04.2020) (Traverso, 2020) (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016)

Trærs evne til å ta opp vann er også viktig å nevne. Det kan da håndtere overvann som samler seg på bakken og hjelper med å rense vannet som en del av det hydrologiske kretsløpet og fotosyntesen. (Undheim, 2018) (Arbor Day Foundation 1, 2021)

Undersøkelser i USA viser at man kan spare strøm til nedkjøling og oppvarming av hus som ligger i nærheten av trær på grunn av at det gir skygge som bidrar til nedkjøling av overflater, samt gir le for vind som sørger for mindre eksponering av vind mot fasader. CTCC kalkulatoren er et gratis verktøy som kan regne ut karbonbindingen på trær og regne ut strømsparing basert på lokasjon i USA. (U.S. Department Of Energy, 2021) (USDA, 2021)

Siden trær renser luften ute, bidrar de også å rense luften før den kommer inn i husene. Det bidrar til bedre inneluft og innelima for de som bor i byer og tett på forurensningskilder. For hus med balansert ventilasjonssystem kan dette også føre til mindre vedlikehold fordi filtrene blir mindre utsatt for partikler. (Maher, Ahmed, Karloukovski, & Clarke, 2013)

### 3.6.3 Sosiale fordeler

Trær kan starte stimulering av interaksjoner. Spesielt mellom voksne og barn eller forskjellige kulturer. Frukttrær kan sankes, og grener kan brukes til klatring og feste lekeapparater. Trær innen religioner og fortellinger kan være en samtalestart mellom forskjellige kulturer. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016)

Trær gir også en økt bio-økonomisk fordel og sørger for at fugler, insekter, sopper og bakterier kan vokse. Dette kan føre til økt vitalitet i dyreliv. Fugler kan også lager reder i trær istedenfor på tak eller i luftekanaler på hus. Bikuber kan bli plassert på tak for å pollinere blomster til trær og planter. (Undheim, 2018) (TED-Ed, 24.04.2020)

Trær kan gjøre gater og områder mer attraktive ifølge undersøkelser innen trivsel (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016). Dette kan ha en sammenheng med økt følelse av tilhørighet og reduserer sosial isolasjon hvis flere ferdes på områder med trær og grønne planter.

Forskning har påvist at trær også kan gi oss økt følelse av ansvar på grunn av man tar vare på naturen og dens innbyrdes forhold. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016) I noen områder i Baltimore, USA har det bidratt til å redusere kriminalitet og vandalisme. Dette kan skyldes en blanding av at mennesker har respekt for det grønne, og at flere mennesker ferdes i grønne og blå områder i urbane områder. (Troy, Grove, & O'Neil-Dunne, 2012)



URBAN LOKASJON	ETTERSPORSEL										STEDETS KARAKTER									
	Plantens estetiske utforming	RISIKO OG FOREBYGGING MOT INNBLANDING					OPPLEVELSER					KLIMA		JORD-FORHOLD						
		Allergi tilpassing	Giftighets tilpassing	Risiko for brekte grener	Skader av røtter	Torne tilpassing	Frukt tilpassing	Lukt av frukter og blomster	Vedlikeholdskostnader	Sukkerproduserende planter	Fuglematende planter	Naturlig naturmangfold	Spisbarhet	Varmerisiko	Rotkveligrisiko	Luftforurensnings risiko	Risiko for komprimert jord	Forsegling	Risiko for salt	Jordfuktighet
Gater og parkeringsplasser																				
Tettbygde områder																				
Grønne tak og kontainer planter																				
Lite utbygde urbane områder																				
Industri- og næringsparker																				
Parker, hager og gravplasser																				
vann promenader og havner																				
Urban skog																				
Forlatte områder																				
Kolonihager																				
<b>ALDERSGRUPPER</b>																				
Barn																				
Eldre																				

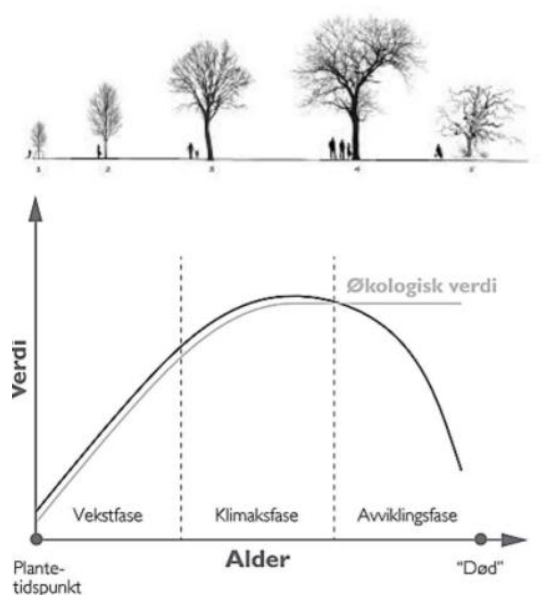
Figur 50 Avgjørelsesskjema som kombinerer urbane områder med forskjellige etterspurte elementer og krav til hva som må tas hensyn til på området. Skjemaet er et utdrag fra boken URBAN TREE MANAGEMENT (Roloff, et al., 2016). Mørke-blå betyr at det er kritisk behov for å ta hensyn til elementet. Lyseblå betyr at det er et behov, men ikke kritisk å ta hensyn til elementet. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016). Redigert og oversatt av: (Duus Carlsen)

### 3.7 Forventet levetid til et tre

På grunn av økt stressfaktor og sannsynlighet for skader i urbane områder og næringsparker trenger vi å finne ut hvor lenge hvert enkelt tre vil leve og hvor mange trær som er forventet å dø hvert år. Det gjør at vi kan vite den fremtidige nytten treet vil gi oss gjennom å vite hvor lenge det vil leve.

Desto lengre et tre lever, desto høyere verdi gir det til samfunnet. Se figur 51. Det kan da binde opp mer CO<sub>2</sub> over lengre tid, stoppe flere luftbårne partikler, ta opp mer vann m.m. (Stavanger kommune 2, 2020)

Dødelighetsraten til treet er sannsynligheten for at et hvis antall med trær i en populasjon vil dø hvert år. Denne må vi vite for å finne forventet levetid til treet. Undersøkelser innen forventet levetid på trær er kun nylig blitt utført, og brukt de siste ti årene. Det amerikanske departementet for landbruk (USDA) har vært mest aktive innen forskningen på



Figur 51 Illustrasjon av den økonomiske verdien til et tre gjennom levetiden. (Stavanger kommune 2, 2020)

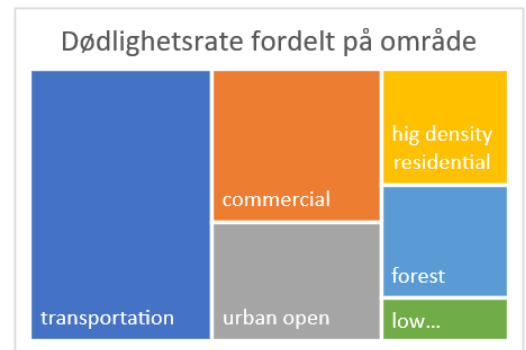
levetiden til trær i byer, og har utført mange undersøkelser i flere byer og bydeler i USA. (Roman, Battles, & McBride, 2016)

I en samlende rapport utgitt i 2016 hadde de samlet 11 tidligere undersøkelser om levetiden til trær i byer og konkludert med at forventet levetid på et tre i en by var 19-28 år og dødsraten hvert år lå på mellom 3,5-5,1%. Faktorene som påvirket levetiden på et tre var avhengig av arten, alderen på treet og de klimatiske og miljømessige forholdene det var plantet i. (Roman, Battles, & McBride, 2016)

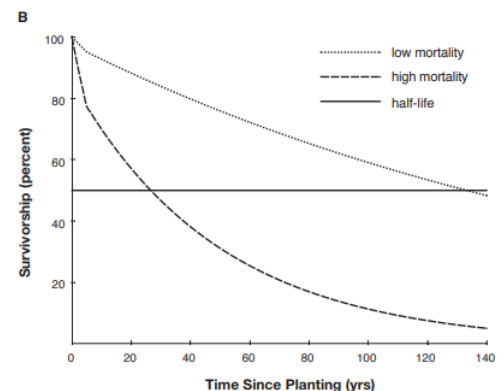
(Nowak, Kuroda, & Crane, 2004) var en av de mer grundige forskningsartiklene som ble funnet som tar for seg dødelighetsraten ut ifra art, plassering og størrelse. Resultat de kom frem til var at trær som var plassert langs veier, kommersielle områder, industrielle områder og åpne urbane områder i Baltimore hadde størst dødelighetsrate per år. Årsaken til mange av dødsårsakene skyldes stress og skader påført av mennesker på grunn av økt aktivitet. Kommersielle områder hadde også mangel på vedlikehold av trær, noe som førte til høyt stress i trærne. Forurensingen på områdene bidro også til komprimert jord. Dette førte igjen til at veksten og kronearealet var vesentlig dårligere og tilstanden til treet ble svekket. Selv om den gjennomsnittlige dødsraten i Baltimore lå på 6,6%, lå dødsraten på disse områdene mellom 8,2-20,2%. Med en så høy dødsrate var det forventet at trærne ikke ville leve lengre enn 5-12 år før de måtte plantes på nytt. (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004)

(Nowak, Kuroda, & Crane, 2004) kom med en anbefaling, ut ifra sine beregninger, at dødsraten bør ligge på under 2,3% samtidig som at døde arter blir erstattet med nye fortløpende, for å danne en vekst i det totale bladarealet til området. Grunnen til at vi ønsker en vekst i det totale bladarealet er fordi det indikerer at vegetasjonen på området fortsatt øker. Dette støttes opp mot en annen undersøkelse som så på fotavtrykket i Leipzig, Tyskland. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011) Her regnet de seg frem til at den gjennomsnittlige dødeligheten kan være helt opp til 4% sammen med å gjenplante døde arter, men da vil veksten av det totale bladarealet på området være mye lavere. Forventet gjennomsnittlig levetid på trærne ville da bli mellom 25-43 år.

Figur 54 viser en beregning i hvor mange prosent av den originale populasjonen som vil være igjen basert på lav og høy årlig dødelighet av trær. Her ser vi at ved en lav dødelighet tar det over 3 ganger lengre tid til den originale populasjonen er halvert. (Roman, Battles, & McBride, 2016)

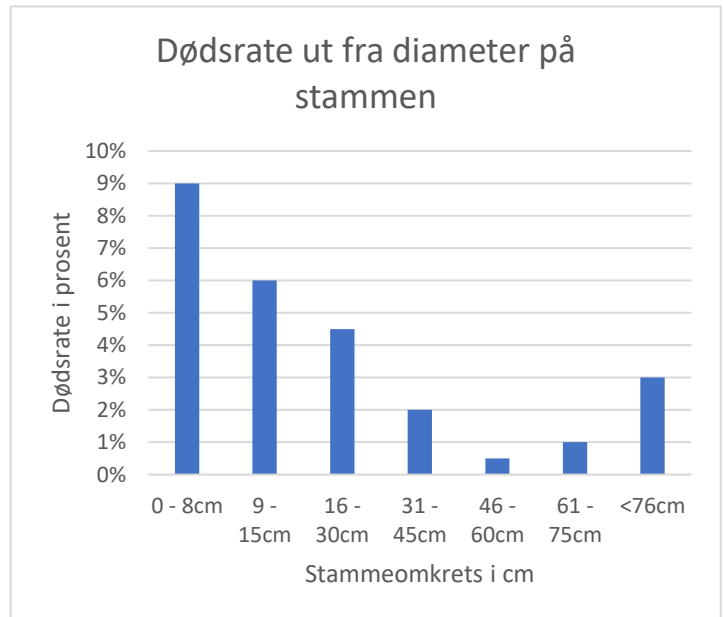


Figur 52 I Baltimore var det mest sannsynlig at trær døde langs veier og i næringsparker. Dette samsvarer med den økte stressfaktoren i slike områder. (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004) (Roman, Battles, & McBride, 2016) (Korn 2, 2016). Illustrasjon: (Duus Carlsen)



Figur 53 Vi ser at ved en høy dødelighet vil under halvparten av de originalt plantede trærne være igjen etter 30 år. Ved en lav dødelighet vil man kunne bruke mindre ressurser på retablering av trær. (McPherson, Simpson, Xiao, & Wu, 2008) (Roman, Battles, & McBride, 2016)

Unge trær med en diameter under 7,6cm har også størst risiko for å dø. (Elmes, et al., 2018) (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004) (Roman, Battles, & McBride, 2016) En undersøkelse i Worcester utført i 2018 kom frem til at dødeligheten på nye unge trær var på 6,11%, men ytterligere 2% kunne legges til hvis trærne var plassert langs trafikkerte områder. (Elmes, et al., 2018). (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004) kom frem til at dødeligheten blant unge trær lå på rundt 9% hvert år. Årsaken til den høye dødeligheten var at unge trær ikke klarte å få like god tilvekst etter skader som eldre trær. Trær blant trafikkerte veier døde også ofte av stress fordi de ikke klarte å etablere ordentlige røtter i for små plantebed. (Elmes, et al., 2018) Ellers hadde størrelsen på stammen til et tre mye å si for dødeligheten per år på treet. Dødeligheten var gitt som en eksponentiell graf når det ble sammenlignet flere undersøkelser i USA. (Roman, Battles, & McBride, 2016). Se figur 54. Voksne trær der stammen var over 15,3cm i diameter hadde den laveste dødelighetsraten med en årlig gjennomsnittlig dødelighet på 0,5-4,3%. (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004). Etter trærne hadde nådd en viss størrelse begynte dødeligheten å øke igjen på grunn av andre årsaker som alderdom eller sykdommer. (Roman, Battles, & McBride, 2016) (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004)



Figur 54 Fiksjonell graf av dødeligheten til trær hvert år ut fra stammens diameter i brysthøyde. Grafen er basert på hva som er nevnt i tidligere undersøkelser. (Roman, Battles, & McBride, 2016). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Et annet viktig funn i de forskjellige undersøkelsene viser at det var stor forskjell mellom dødeligheten til underarter av de forskjellige løvtreartene. Denne forskjellen var også enda større desto yngre treet var. (Elmes, et al., 2018) (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004). Noen av artene som ble testet vokser naturlig i Norge, mens de fleste gjorde ikke det. Ved gjennomlesning av de forskjellige undersøkelsene ble det også observert at forskjellige trearter ikke var plantet på de samme områdene. Det må også lokal forskning til for at man skal kunne konstatere at en art har en mindre levetid i urbane områder enn andre. Ved hjelp av *iTree*, kapittel 3.3.4 og *grønnveilederen* til statens vegvesen kan man på den andre siden kartlegge hvilke arter som trives best ut ifra hvilket miljø som er observert der det skal plantes trær. Dette kan gi en forutsetning for et mer bærekraftig valg av arter som kan på papiret leve lengre enn andre. (Statens vegvesen G, 2019) (USDA et.al, 2021)

I Norge kan skadene som forårsaket tidlig død på treet være annerledes enn i USA. I bykommunene Stavanger, Oslo og Trondheim har det blitt utarbeidet en strategiplan for vedlikehold og forvaltning av alle offentlige by-trær. Slike planer kan bidra til å forlenge levetiden og gi mindre stress på trær fordi man forutser skader, kartlegger antall trær man har og har en vedlikeholds oppfølging. (Stavanger kommune 2, 2020) (Oslo kommune, 2016) (Trondheim kommune, 2017).

### 3.7.1 Utregning av forventet levetid

Ved å beregne forventet levetid og dødsrate må det utføres fysiske målinger på område i en gitt periode. Variablene og formlene vi trenger er oppført i *tabell 9 og 10*

Variabler	
$X$	År målt fra planting ble fullført
$K_x$	Antall trær i live i perioden
$D_x$	Antall dødsfall i perioden
$W_x$	Antall trær riktig sensurert (tapt ved oppfølging) i perioden

Tabell 9 Variabler vi trenger til utregningene

Gjennomsnittlig forventet levetid	
$q_{\text{årlig rate}} = 1 - \frac{K_x}{K_0}$	Gjennomsnittlig dødsrate av døde trær. (Kan brukes ved diameterregning.)
$e_0 = \frac{-1}{q_{\text{årlig rate}}}$	Gjennomsnittlig forventet levetid
$t_{0,5} = \frac{\ln(0,5)}{\ln(q_{\text{årlig rate}})}$	Halveringstiden til et tre

Tabell 10 Formler vi trenger for å finne forventet levetid og forventet dødelighet blant trær hvert år.

## 4 Luftforurensning i byer og strategier for å forbedre den

I dette kapitlet blir det formidlet hvordan luftkvalitetskriterier måles, og hvilke juridiske grenseverdier som bindes til dem i Norge. Det blir også utredet hvilke lokale forurensningskilder som er størst i, og rundt en næringspark, samt hvilke tiltak som kan utføres i fremtiden for å redusere utslippet. Videre blir det diskutert hva som gjør at enkelte trearter er bedre til å fange opp partikler enn andre, og hvordan man kan strategisk plante dem for at de skal skjerme for spredning av partikler ut ifra områdets utforming. Siden luftkvaliteten kommer an på de metrologiske forholdene er vinden en viktig kilde å stoppe for at partikler ikke skal transporteres over lengre avstander.

Til slutt analyseres en sammenlikning mellom hvilke effekter en vegetasjonsbarriere har kontra en støyskjerm, og effekten ved tiltak som må oppnås for å oppnå samme luftkvalitetsreduksjon som en vegetasjonsbarriere.

Det er viktig å få frem at luftforurensning ikke er det samme som klimagassutslipp. Luftforurensning skyldes at svevestøv og flyktige forurensende stoffer påvirker vår helse og dermed utgjør en helseisiko for oss mennesker. Klimagassutslipp på den andre siden påvirker klimaet gjennom at menneskelig utslipp av klimagasser bidrar til økt global oppvarming på grunn av drivhuseffekten. Klimaendringene som skapes påvirker oss mennesker gjennom mer ekstremvær som igjen ødelegger infrastruktur, økosystemer og miljø.

### 4.1 Status på Norsk luftforurensning

Ifølge regjeringen er Norge blant de landene i Europa som har lavest risiko for tidlig død som følger av lokal luftforurensning. Dårlig luftkvalitet i byer og tettbygdestrøk fører likevel til alvorlige helseplager i befolkningen. (Regjeringen 2, 2020)

Norge har forpliktet seg til å følge EUs luftkvalitetsdirektiver gjennom EØS-avtalen. For å opprettholde en god luftkvalitet har Norge derfor innført 3 styringsmål som skal holde luftkvaliteten på et minimumsnivå. (Regjeringen 2, 2020) Disse er:

- Luftkvalitetskriterier som angir hvilke nivåer som er trygge for alle i samfunnet
- Juridisk bindende grenseverdier som skal sikre et minimumsnivå for luftkvalitet
- Nasjonale mål for lokal luftkvalitet som fremlegger tiltak som skal bedre luftkvaliteten i fremtiden

### 4.2 Luftkvalitetskriterier

Kommer fra FHI og miljødirektoratet. Disse angir hvilke nivåer som er trygge for alle i samfunnet. En fremtidig skjerping av grenseverdiene vil komme i 2022 som et tiltak for å begrense forurensningen ytterligere. (miljødirektoratet et.al 8, 2021)

Helse og omsorgsdepartementet har ansvar for folkehelseloven, og gir informasjon, råd og veiledning. Folkehelseinstituttet overvåker utviklingen av folkehelsen og driver forskning på luftforurensning. De bidrar da med å oppdatere kunnskap til folkehelseloven. (miljødirektoratet et.al 8, 2021)

Hvor forurenset luften er i Norge vises ved bruk av forurensningsklasser med fargekoder. Til hver forurensningsklasse er det lagt til helse råd og grenseverdier. *Tabell 11* viser grenseverdier og en forkortet forklaring på hvilke helseeffekter de forskjellige verdiene har på den generelle befolkningen. Gravide, barn, eldre og mennesker med underliggende sykdommer er i risikogruppen, og bør derfor ikke ferdes ute ved rødt nivå. (miljødirektoratet et.al 4, 2021)

	Lite	Moderat	Høy	Svært høy
<b>PM 10 Time <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<60	60-120	120-400	>400
<b>PM 2,5 Time <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<30	30-50	50-150	>150
<b>NO<sub>2</sub> Time <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<100	100-200	200-400	>400
<b>SO<sub>2</sub> Time <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<100	100-350	350-500	>500
<b>O3 Time <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<100	100-180	180-240	>240
<b>Helseeffekter</b>	Utendørs aktivitet anbefalt	Utendørs aktivitet anbefalt. Helseeffekter hos personer med luftveissykdommer og hjertekarsykdommer	Personer med symptomer som hoste og sår hals bør redusere aktiviteten. Luftveisirritasjon og ubehag kan forekomme.	Reduser utendørs aktivitet og begrense oppholdstiden. Luftveisirritasjon og ubehag forekommer.

*Tabell 11 Forkortet tabell over luftkvalitetskriterier i Norge og deres helseeffekt. (miljødirektoratet et.al 4, 2021). Redigert av (Duus Carlsen)*

### 4.3 Juridiske grenseverdier

De juridiske grenseverdiene skal sikre et minimumsnivå for luftkvalitet. Den innebærer følgende forskrifter; Forurensningsloven, Forurensningsforskrift kap. 7, Folkehelseloven og vegtrafikkloven. (Regjeringen 2, 2020)

Staten har laget lover og forskrifter til kommuner samt verktøy som ivaretar luftkvalitet.

Miljødirektoratet er en del av staten som koordinerer aktører og formidler kunnskap. Hovedrollen blir da å veilede og gjøre tiltak tilgjengelig. Samtidig skal miljødepartementet følge opp kommunene og utvikle regelverket. (miljødirektoratet et.al 8, 2021)

Kommunen er myndigheten for lokal luftkvalitet. De setter inn flere tiltak for å bedre luftkvaliteten ved behov, og utarbeider utredelser av tiltakene. Kommunen kan gi pålegg for å sørge for at kravene i forskriften overholdes. Kommunen skal også ta hensyn til luftkvaliteten ved arealplanlegging. Forurensende virksomhet kan blant annet ikke legges ved bebyggelse som er følsom for luftforurensning og motsatt. (eks:

	Juridiske grenseverdier før tiltak
Svoveldioksid SO <sub>2</sub>	- Per time: $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , - Døgn: $125 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ - For vegetasjon år: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Nitrogenoksider NO <sub>x</sub>	- Per time: $200 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ - År: $40 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ - For vegetasjon: $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 10	- Per døgn: $50 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ - År: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 2,5	- År: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Bly	- $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzen	- $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Karbonmonoksid (CO)	daglig 8t gjennomsnitt: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

*Tabell 12 Grenseverdiene for de forskjellige forurensende stoffene per kubikkmeter. (forurensningsforskriften, 2021)*

boliger, skole, lekeplasser etc.) (miljødirektoratet et.al 8, 2021) Det blir da opp til byplanleggeren å sørge for at man opprettholder dette i planene sine.

Samferdselsdepartementet har ansvaret for veilovgivning og innføring av tiltak i veitrafikkloven. I denne loven er det satt en forskrift på hvor mye et kjøretøy kan forurense. (miljødirektoratet et.al 8, 2021)

Anleggseiere må sørge for at tiltakene gjennomføres. Kommunen er også en anleggseier som kan forurense og kan bli pålagt å redusere eget utslipp. Virksomheten må tilfredsstillende miljø- og helsekrav gjennom planlegging, bygging, tilretteleggelse og drift. Forurenser betaler for konsekvensene og utslippet. (miljødirektoratet et.al 8, 2021)

#### 4.4 Kildene til luftforurensning og tiltak

Graden du blir eksponert for av dårlig luftkvalitet avhenger mest av din geografiske plassering og de metrologiske forholdene. Hvis du befinner deg i nærheten av en forureningskilde er du mer utsatt for dårligere luft enn hvis du bor lengre borte fra den. De topografiske forholdene har også mye å si for om partikler reiser langt, eller blir stoppet av fjell. Bygninger og vegetasjon kan fungere som barrierer for vind, men kan også skape vindtunneler og gjøre luftkvaliteten dårligere. *Se kapittel 4.6 og 4.7.* Ved nedbør er det også mindre partikler fordi vannet binder partikler i luften. Vinterstiden er også mer preget av forurensning på grunn av økt vedfyring og produksjon av strøm internasjonalt. (miljødirektoratet et.al, 2020)

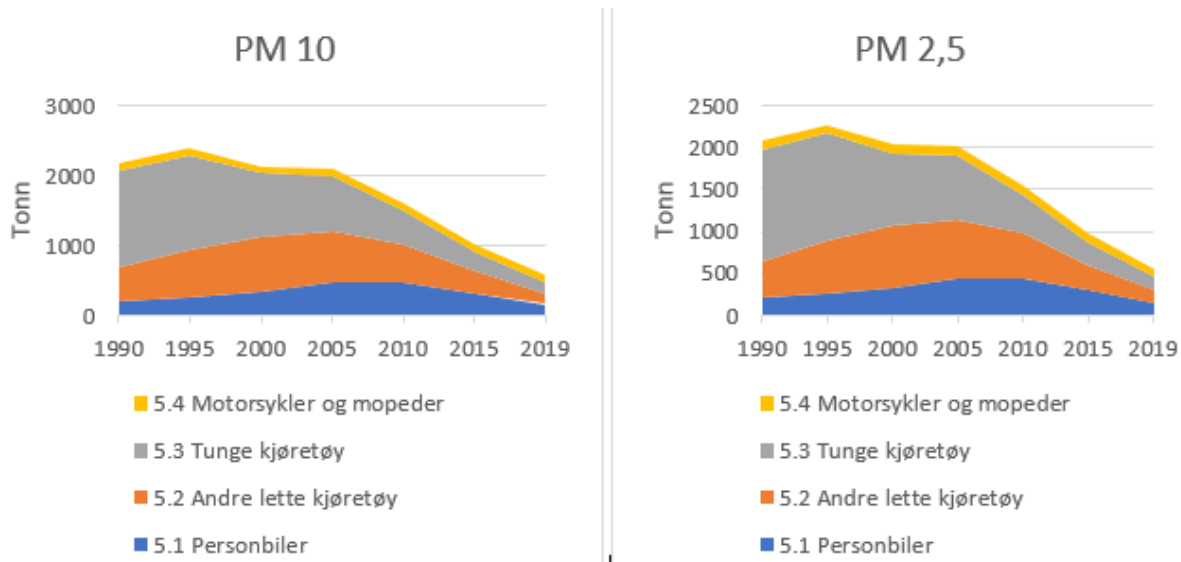
I en næringspark er de primære lokale luftforurensende utslippskildene veitrafikk og langtransporterte partikler fra vedfyring og andre kilder. Derfor blir det satt i fokus hvilke tiltak regjeringen kan innføre og har innført for å redusere luftforurensningen fra disse kildene. I *kapittel 4.8* sammenlignes vegetasjonsbarrierens bidrag til forbedring av luftkvalitet med tiltakenes evne til å redusere lokal luftforurensning.

##### 4.4.1 Veitrafikk

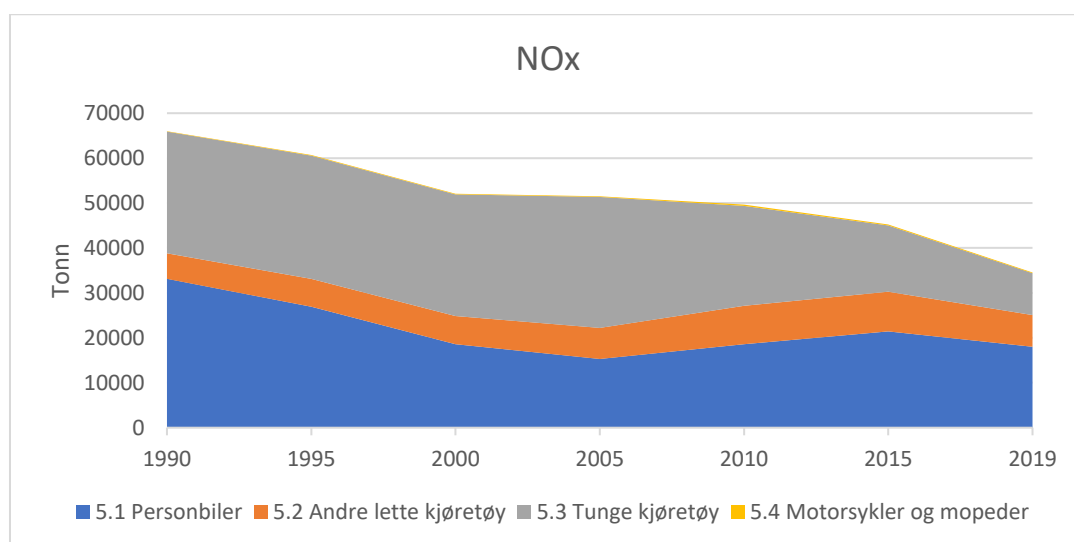
Grunnen til at veitrafikk er en viktig kilde til lokal luftforurensning er fordi utslippet skjer på bakkenivå. Veitrafikken lager luftforurensning både gjennom forbrenning av fossilt brensel og slitasje av underlag på veien og friksjon av bildeler. Bruk av piggdekk er også blitt pekt på som en kilde som skaper mer svevestøv enn nødvendig ved at de rasper opp veibanen.

PM partikler, NO<sub>x</sub>, CO og O<sub>3</sub> er de mest vanlige luftforurensende stoffene som biltrafikken skiller ut gjennom eksos og slitasje av veibanen. Bare i 2018 ble det beregnet av SSB at det ble sluppet ut 547 tonn PM10 partikler og 27 122 tonn NO<sub>x</sub> gass fra veitrafikken alene. *Se figur 55 og 56* (SSB: 08942, 2020) (SSB: 08941, 2020) (miljødirektoratet et.al 2, 2020).





Figur 55 Fordeling av PM 10 og 2,5 utslipp fra forskjellige kjøretøy. Utslippet har gått kraftig ned blant tyngre kjøretøy de siste 30 årene. (SSB: 08942, 2020) Illustrasjon: (Duus Carlsen)



Figur 56 Utslipp av NOx fra bilder siden 1990 fra de ulike kjøretøyene. Dieserbiler er kilden til det meste av NOx utslippet til kjøretøy. (SSB: 08941, 2020) Illustrasjon: (Duus Carlsen)

#### 4.4.2 Tiltak mot luftforurensning i veitrafikken

Innføring av piggdekkforbud i flere kommuner har bidratt til å redusere svevestøv. Staten har også jobbet for å gi fordeler til bruk av elbiler for å få ned eksosutslippet som produserer mye NOx gasser. Samtidig har bilprodusenter blitt ilagt strengere reguleringer og utslippskrav, som har fått dem til å produsere bedre motorteknologi som gjør at nye biler produserer mindre luftforurensende stoffer. Resultatet har ført til en samlet nedgang av utslipp av både PM10 partikler og NOx partikler selv om antall kjøretøy og kjørelengden har gått opp i Norge. (miljødirektoratet et.al 2, 2020)

For å få ned antall kilometer vi kjører på veibanen har det blitt satset på flere langsiktige tiltak ved å bygge ut sykkel og gangstier for å øke tilgjengeligheten for syklende og gående slik at det skal være mer attraktivt å la bilen stå. Det er også laget planer om utvidelse av kollektivtilbudet og om å

innføre nullutslippsbusser for å redusere behovet for å skaffe seg egen bil. Disse tiltakene vil være med på å senke utslippet av eksos, og slitasje av veibanen. Barrieren for dette tiltaket er adferdsendringer og at tilgangen på et kjøretøy i dag er relativ stor. (miljødirektoratet et.al 5, 2021) (Regjeringen, 2017)

Det er også blitt vedtatt at kommuner kan gi restriksjoner på tilgangen til fossildrevne kjøretøy i enkelte byområder og parkeringer i fremtiden. Det betyr ikke at kommunen har rett til å frata deg eierretten på kjøretøyet ditt, men de kan ilegge flere avgifter og restriksjoner for bruken av fossildrevne biler. Egne el-bilparkeringer med egen ladning og subsidier til kjøp av nullutslippskjøretøy er blitt innført for at det skal lønne seg å bruke slike kjøretøy. (ING.DK, Klungenbeg, & Djørup, 2019) (miljødirektoratet et.al 8, 2021) Selv om nullutslippskjøretøy ikke slipper ut eksos vil de allikevel akkumulere partikler fra veibanen gjennom slitasje og friksjon på ulike bevegelige deler.

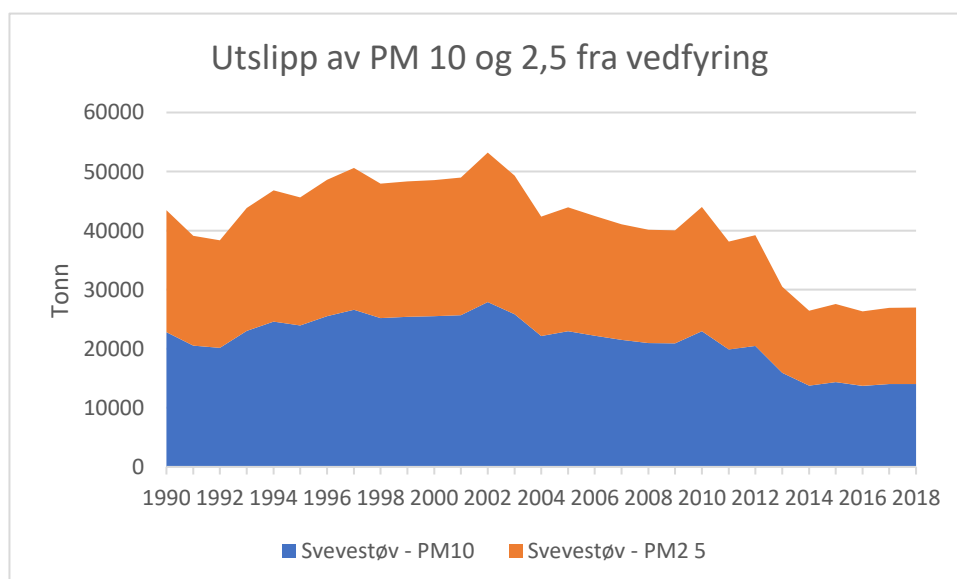
Høyere bompenger på dager med høy luftforurensning, lavere fartsgrenser og avgifter til kjøretøy som kjører i rushtiden er straks tiltak som skal innføres i flere byer for å redusere intensiteten av utslippet på luftforurensende stoffer fra veiene. Disse tiltakene har en mer økonomisk konsekvens på forurensning fordi de primært er avgifter som øker desto mer man kjører kjøretøyet. Målet med avgiften er å redusere bruken av kjøretøy i byer.

Oftere renhold og støvdemping av veibanen er andre tiltak noen kommuner i Norge utfører for å redusere mengden partikler som kan spre seg i luften. Effekten av dette er uvisst, men ved færre kjøretøy på veien som bidrar til å produsere veistøv vil behovet for renhold være mindre. (miljødirektoratet et.al 5, 2021)

#### 4.4.3 Vedfyring og forbrenning

Utslipet av vedfyring avhenger av hvor kald vinterårstiden er. Vedfyring produserer primært PM10 og 2,5 partikler, men også noe PAH. Partiklene sprer seg ofte lengre fordi utslippet skjer over bakkenivå. (miljødirektoratet et.al, 2020)

De siste 20 årene har mengden ved som er brent gått ned med 75%. Mengden svevestøv fra vedfyring har også gått ned, men utslippet er fortsatt den største av alle kildene som produserer svevestøv med 33 194 tonn i 2018. (miljødirektoratet et.al 7, 2020)



Figur 57 Graf over utslipp av PM partikler fra vedfyring. (SSB: 08942, 2020) Illustrasjon: (Duus Carlsen)

#### 4.4.4 Tiltak mot luftforurensning i vedfyring og forbrenning

Kommunen kan ikke nekte innbyggerne å brenne søppel, ved og annet avfall på tomten og i peisen sin, men de kan oppfordre innbyggere til å bytte gamle vedovner for å få mer energieffektive ovner. Effekten som kan oppnås er at man bruker mindre ved og får en bedre varme i huset. De nye vedovnene slipper ikke ut noe mindre luftforurensende stoffer per kg ved, men siden man bruker mindre ved kan man da redusere utslippet. På denne måten blir det mindre langtransporterte partikler. (miljødirektoratet et.al 5, 2021) (miljødirektoratet 7, 2020)

Nye vedovner kan også gi en mer fullstendig forbrenning, som kan senke CO utslippet. Det aller beste tiltaket mot vedfyring er å ikke fyre opp noe ved, og bruke andre mer miljøvennlige alternativer til oppvarming. (miljødirektoratet et.al 5, 2021) (miljødirektoratet 7, 2020)

#### 4.4.5 Andre kilder og tiltak som kan bidra til bedre luftkvalitet lokalt

Luftforurensning fra skip og havn, industri og jordbruk er mest styrt av den geografiske lokasjonen, men spiller også en viktig rolle. Land-strøm til båter og mindre bruk av gjødsel er pekt på som tiltak i disse sektorene. (miljødirektoratet et.al, 2020)

Langtransportert luftforurensning og naturlige kilder er styrt av vindretning og sesong. Hele 66% av all nedfall av svevestøv i Norge i perioden 2011 til 2016 kom fra andre land. Det samme gjelder  $NO_2$  og  $SO_2$  i samme periode. 73% av  $NO_2$  og 87% av  $SO_2$  forurensningen stammer fra andre land. Internasjonale avtaler som Gøteborgprotokollen der europeiske land forplikter seg til et maksimalt utslipp av forurensende stoffer er med på å redusere langtransportert forurensning. (miljødirektoratet et.al 5, 2021) (wikipedia, 2017) (miljødirektoratet et.al 6, 2019)

Luftforurensning fra bygg og anlegg er basert på aktiviteten i området. Det vil si at der det bygges nye bygg og konstruksjoner i byer er det en mulig luftforurensende kilde. (miljødirektoratet et.al, 2020)

Innenfor areal og transportplanlegging er det blitt innvilget et lovverk som gjør at det ikke er lov å konstruere forurensende kilder nær sårbare områder som boliger, skoler og lekeplasser mm. Det samme gjelder ved at man ikke kan konstruere sårbare områder nær forurensningsområder. Dette er et langsiktig tiltak for å sørge for at innbyggerne i byer ikke blir utsatt for nye forurensning for fremtiden der de ferdes. (miljødirektoratet et.al 5, 2021)

#### 4.5 Best vegetasjon for partikkelfangst og reduksjon av luftforurensning

Det er flere faktorer trær bør ha for å være gode partikkelfangere og bidra til å redusere luftforurensningen. I sammenheng med hvor treet skal plasseres, og hvordan vegetasjonsbarrieren skal være, har også de metrologiske forholdene en viktig rolle på hvilke arter som bør velges. (Barwise & Kumar, 2020) (Kniestel, 2016)

Det er noen karakteristiske gjengangere som gir bra partikkelfangst av trær og busker:

- Plantens morfologiske egenskaper
- Kronen og bladarealtettheten til planten
- Bladenes form og størrelse
- Løvlivets levetid
- Utslippet av VOC og pollen

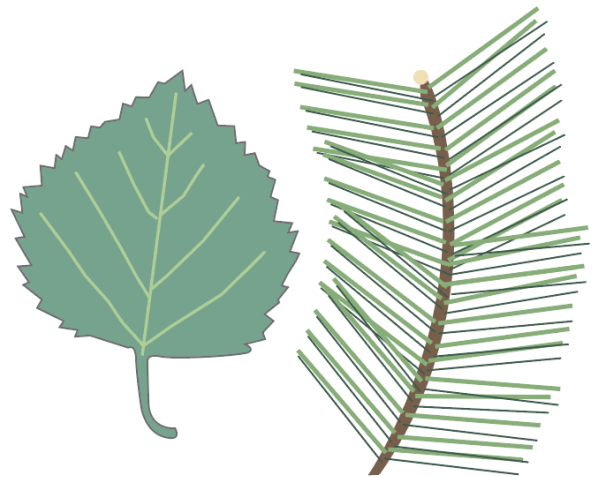
Størrelsen på trærne og buskene bør varieres ut ifra hvor langt unna veien og forurensningskilden de skal stå. Desto lengre avstand de har fra veien, desto større trær og busker bør man velge på grunn av at den lengre avstanden gjør at vinden kan spre partiklene lengre. Derfor blir artens størrelse vurderes ut ifra distansen. Artene som står tett til veibanen bør også være tolerante mot luftforurensning og salt for at de ikke skal dø. *Se kapittel 3.2 for valg av arter* (Barwise & Kumar, 2020)

Grunnforholdene i gater er også med på å bestemme hvilke planter som kan gro der. Medium store trær og lettere kronet trær er best egnet for gater med et grunt grunnforhold, mens kompakte busker er mer egnet for gater med dypere grunnforhold. I åpne områder er arter som klarer å forme en tett høy barriere og toleranse mot vind favorisert. Løvbusker på bakkenivå er mest egnet, men det bør også være en blanding av barnåltrær slik at vegetasjonsbarrieren kan stoppe partikler hele året. (Barwise & Kumar, 2020)

Tykkelsen på vegetasjonsbarrieren er også ofte bestemt av hvor mye plass som er tilgjengelig. Det er derfor viktig å velge arter som enkelt kan tilpasse plassen den skal vokse på. Plantene bør heller ikke kreve mye vedlikehold, eller trenge å trimmes til en unormal form. (Barwise & Kumar, 2020)

Tykkelsen på kronen spiller også en viktig rolle på partikkelfangsten og reduksjonen av vind.

Bladarealtykkelsen på kronen bør ligge på rundt  $3-4 \frac{m^2}{m^3}$  for at medvinds forurensningen skal synke. Er kronen tynnere kan man risikere at partikler trenger igjennom, mens hvis den er tykkere kan vinden dytte partikler over barrieren eller skape vindtunneler. Over tid kan planter som er bredbladete får en reduksjon av blader i kronen ved eksponering til mye vind mens barnål planter kan få en økning av grener når de er eksponert for mye vind. Trær bør derfor ha en noe gjennomtrengelig, men tett korne og plasseres der de kan danne en egnet tykkelse på kronen. (Barwise & Kumar, 2020) (Abhijih, et al., 2017)



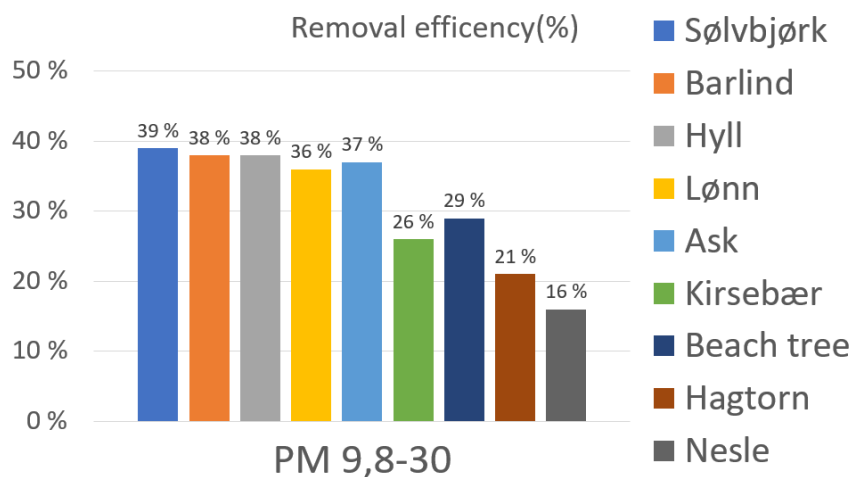
Figur 58 Små blader med en komplisert bladrand og en kort bladstilk som bjørkeblad, og bartrær med nåler er best til å fange opp partikler (Barwise & Kumar, 2020) (Traverso, 2020). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Formen og overflaten til bladene/nålene på trær og busker i vegetasjonsbarrieren spiller også en viktig rolle ved å fange partikler. Små blader med en kompleks form og et hårete eller en voksaktig overflate har vist seg å være best fordi de fanger partiklene som treffer dem. Små komplekse blader påvirker også vindretningen og stopper turbulensen bedre enn glatte store blader fordi de har flere vinkler på bladranden. Den røe overflaten med hår eller epikutikulær voks finnes på arter som Bjørk (*betula*) og Svarthyll (*sambucus nigra*). (Barwise & Kumar, 2020) (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019)



Figur 59 Bilde av overflaten til et blad med hår og voks. Denne typen overflate gir best partikkelfangst. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Furu, einer og bartrær har i flere undersøkelser vist å være gode partikkelfangere på grunn av deres smale nålformete blader og lagvis grener som formerer en tett krone. Denne tette kronen gjør at de også er bedre til å fange partikler i høyere vindhastigheter. Se figur 60 og 62. En ulempe med bruk av Einer og bartrær er at mange av dem ikke tåler saltsprøyt og saltholdig jord. Det gjør at de ofte må plasseres lengre unna selve veibanen og fotgjengerfeltet i klima der veier saltes på vinterstid. En løsning kan være å salte veiene med sand istedenfor. (Beckett, Smith, & Taylor, 2000) (Beckett, Freer-Smith, & Taylor, 2001) (Barwise & Kumar, 2020) (Traverso, 2020)



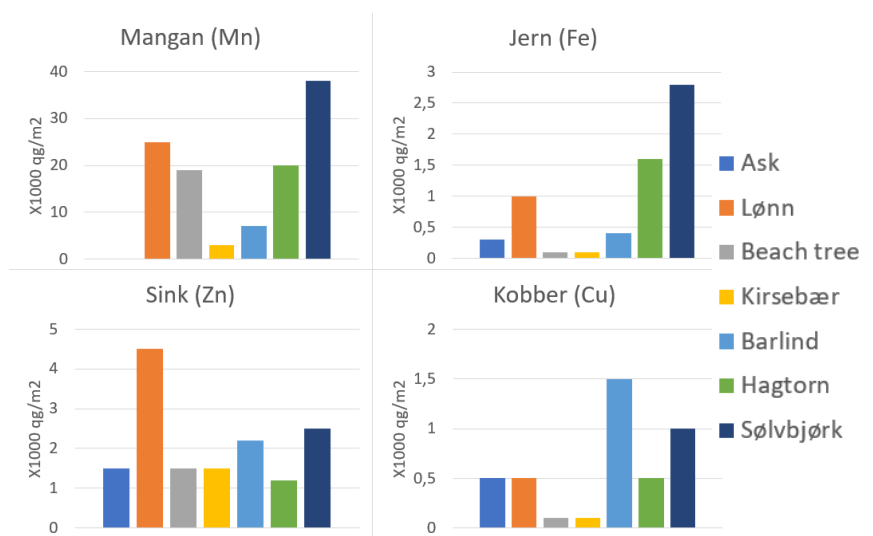
Figur 60 (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019) fant ut at Sølvbjørk, barlind, svarthyll, lønn og ask var en av de beste trærne til å fjerne PM partikler på mellom 9,8 til 30 mikrometer langs veier i England. Ved å bruke disse artene langs veier mener de at man kan fjerne PM partikler med over 20%. Bakgrunnen for at disse trærne fanget opp partikler bedre enn andre arter var på grunn av at overflaten til bladene og barnålene besto av hår eller epikutikulær voks. Graf redigert av (Duus Carlsen)

Fotokjemisk effekt, responsen på turbulens og det kjemiske/elektronisk potensial vil også øke partikkelopptaket langs bladhårene. (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019)

Den stomatiske åpningen til blader kan også spille en rolle i å fange forurensende gasser ved å skape en høyere fuktighet i luften. Arter med en lengre åpningsperiode er mer aktuelle enn arter som kun har stomatisk åpning som en respons til drukning. Arter som har lang stomatisk åpning er trær som Popler (*populus*) og eik (*quercus*). (Barwise & Kumar, 2020)

Løvlivets levetid dreier seg om hvor lenge plantene har blader. Trær og busker som er grønne hele året kan fange opp partikler også om vinteren. Problemet med helårsgrønne arter er at de lettere kan bli utsatt for stress. Løvtrær har et mer bærekraftig økosystem, og en kombinasjon bør oppstå for at området skal fange opp partikler hele året og være mer levedyktig. Barlind (*Taxus*) har blant annet høy toleranse for saltsprut og bør være en beskyttelse for andre trær som ikke tåler salt. (Barwise & Kumar, 2020) Andre helårsgrønne planter er tujaen, furu, gran, rådhusvillvin og Rododendron. (Plantasjen, 2021) (Traverso, 2020)

Planter med et lavt utslipp av VOC bidrar til at plantene i urbane byrom reduserer sin egen produksjon av luftforurensende stoffer. Under 20 C grader produserer planter relativt lite VOC, men på grunn av økte temperaturer stiger temperaturen godt over dette på varme sommerdager selv i Norge. (Varkold, 2014). Høyt utslipp av VOC forekommer når temperaturene ligger mellom 35 og 40 grader. Sår, stress og andre miljømessige faktor fører til at planter i urbane områder øker produksjonen av VOC ytterligere i byer og tettbygde områder. Konsekvensene er at VOC er at det danner mer bakkenært Ozon og bidrar dermed til luftforurensning i byene. (Ren, et al., 2017) (Traverso, 2020)



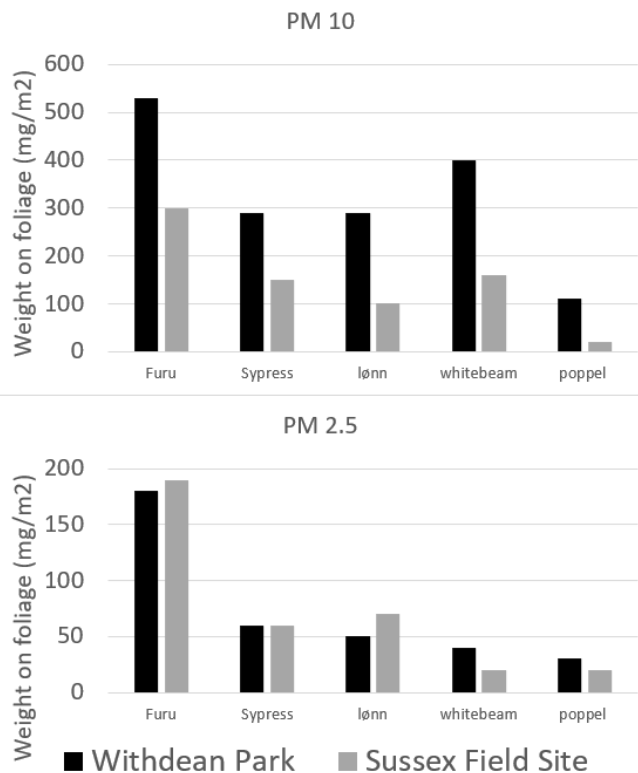
Figur 61 Metallene jern, sink, kobber og mangan regnes som noen av de giftigste metallene for mennesker å bli eksponert for. Disse metallene kommer fra bremseskiver og eksos. Sølvbjørk, lønn, hagtorn og barlind klarte best å fange opp disse metallene i undersøkelsen til (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019). Redigert av: (Duus Carlsen)

En løsning er å velge planter med et lavt utslipp. Se tabell 11 Man bør også holde seg unna trær som osp (*populus tremula*), selje (*Salix caprea*), vintereik (*Quercus petraea*), og sommereik (*Quercus robur*). (Barwise & Kumar, 2020) (Traverso, 2020)

En studie viser at en 9 meter høy spisslønn med 41 000 blader og gjennomsnittlig bladareal på 68cm<sup>2</sup> og totalt bladareal på 278m<sup>2</sup> samlet opp rundt 2kg støv gjennom bladperioden sin. (Stavanger kommune 2, 2020) Hvis vi sammenligner studien av partikkelfangsten per kvadratmeter med resultatene i effektivitetsprosent fra (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019) og (Beckett, Smith, & Taylor, 2000), får vi ca. følgende resultat vist i tabell 11 ved eksponering.

Gode partikkelfangere	Oppfanget av partikler (g/m <sup>2</sup> )	Planter med lavt utslipp av VOC
Bjørk	7,79	hengebjørk
Svarthyll	7,59	Svartor
Spisslønn	7,19	spisslønn
Barlind	7,59	Europa lerk
Ask	7,19	Laurbærhegg
Furu	10,59	Furu
Gran	10,59	hagtorn
Sypress	5,59	sypress
		alm
		sølv lind

Tabell 13 Tabell over gode partikkelfangere og deres partikkelfangst av PM partikler. Tabellen viser også hvilke arter som slipper ut lite VOC gasser. (Barwise & Kumar, 2020) (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019) (Beckett, Smith, & Taylor, 2000). Illustrert av (Duus Carlsen)



Figur 62 Undersøkelsen til (Beckett, Smith, & Taylor, 2000) viser at bartrær som furu og sypress er gode partikkelfangere, og stopper flere PM10 (øverste graf) og PM2,5 (underste graf) enn andre løvtrær som var sammenlignet i undersøkelsen.

#### 4.6 Forebygging mot pollinering

Pollen bidrar også til at trær gir dårligere luftkvalitet i byer. Ved store utbrudd kan pollen gi allergiske reaksjoner og irritasjon av luftveier. Pollen overvåkes, testes, og varsles av Norges Asma og Allergiforbund hele året. De antar at rundt 20% av befolkningen har en form for pollenallergi.

Når trær eksponeres for luftforurensende stoffer synker fruktbarheten til treet og den slipper ut mindre pollen, men pollenet gir kraftigere allergiske reaksjoner. Allergiplagene blir dermed vesentlig forsterket sammen med eksos, støv og vind.

Derfor er det viktig at man utarbeider tiltak som reduserer pollenutslippet til trær i byer og tettbygde strøk. (NAAF, 2021)

Reduksjon av pollenproduksjon til trær kan oppnås på flere måter. Når trær blir eldre slutter de å produsere like mye pollen som tidligere, men ved etablering av yngre trær bør forebyggende tiltak utføres. EU og mange andre forskning innen forebygging av pollen har følgende anbefalinger for reduksjon av pollen ved nyetablering av trær (European Commission, 2011) (Barwise & Kumar, 2020) (Kniestel, 2016) (Traverso, 2020):

Trearter med alligerende pollen	
Art	Underarter
Bjørk	Bjørk og hengebjørk
Or	Gråor og svartor
Hassel	
Salix	Selje, pil og vier
Agnbøk	

Tabell 14 Trær som gir fra seg mest pollen som gir allergiske reaksjoner (Fjeld, 2014)



- Kvinneplanter bør bli plantet istedenfor mannlige planter fordi de gir fra seg mindre pollen. Ulempen med denne løsningen er at frukter fra kvinneplanter kan skape glatte underlag.
- Å plante et større utvalg av forskjellige planter og arter kan hjelpe. Da er det viktig å unngå nært relaterte arter pga. dette kan gi sterke allergiske reaksjoner. Dette vil også øke det biologiske mangfoldet. (30,20,10 regelen)
- Lokale arter bør plantes istedenfor fremmedartete arter fordi de gir mindre allergiske reaksjoner. Lavt pollenproduserende arter er best.
- Godt vedlikehold av grønne områder begrenser perioden med utbrudd.

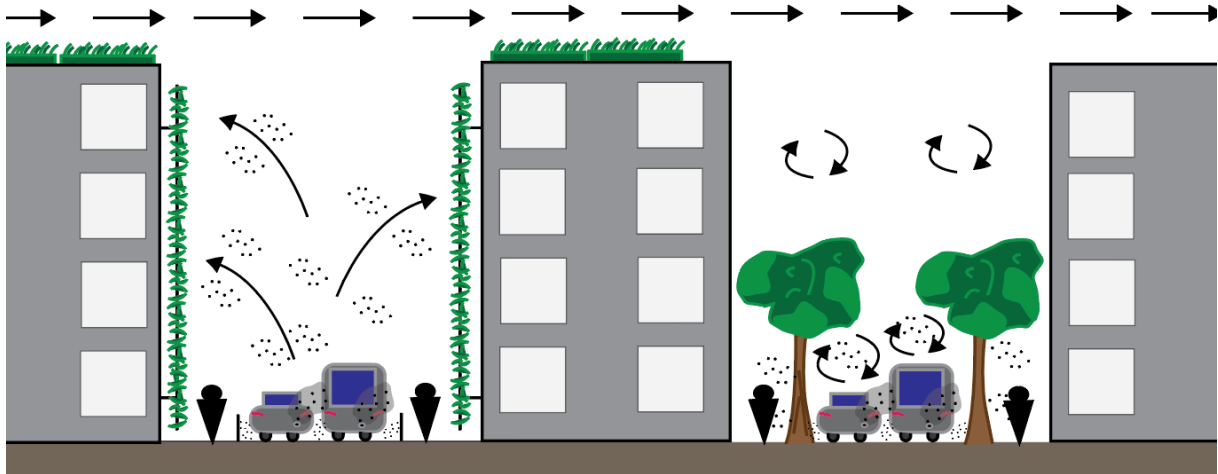
Trearter som sjeldent gir allergi	Trearter som kan gi noe allergi
Alm	Osp
Einer	Hestekastanje
Lønn	Poppel
Lerk	Lind
Hegg	Bøk
Gran	Eik
Rogn	Ask
Furu	
Asal	

Tabell 15 Tabellene trær som slipper ut noe og sjeldent allergier i Norge. (Fjeld, 2014)

#### 4.7 Strategier for best utforming av vegetasjon for å oppnå bedre luftkvalitet

Vegetasjonen bør plasseres slik at den skjærer mennesker fra forurensningskilden der det er mulig. I næringsparker er disse kildene som nevnt tidligere fra vegtrafikken og langtransporterte partikler som kommer med vinden fra vedfyring og andre kilder. Utformingen av rommene på området spiller også en viktig rolle på hvordan man bør lage de grønne barrierene. Bygginger og topografien til området kan også danne vindtunneler som også bør stoppes for å begrense avstanden partiklene forflytter på seg. (Traverso, 2020) (Abhijih, et al., 2017)

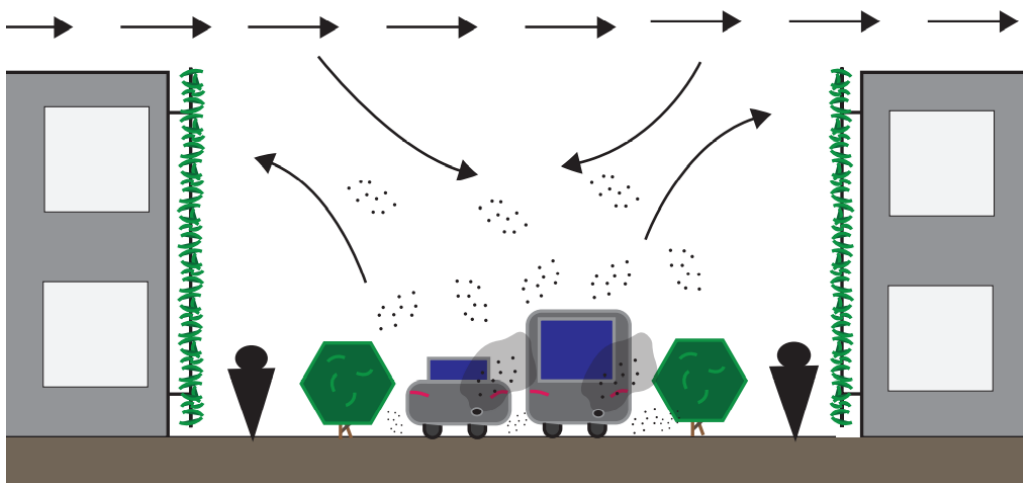
Det er også viktig å tenke på at den skal være enkel å installere og vedlikeholde. Plantene bør derfor ha en liten vedlikeholds grad og lang levetid. Dette kan oppnås ved at det er enkel tilgang på plantene fra veien. (Traverso, 2020) (Barwise & Kumar, 2020)



Figur 63 Ved å ha grønne vegger får man tilgang på ren luft, og partiklene kan feste seg på blader. Det er blitt bevist at mer tradisjonell utforming med trær langs veien bidrar til dårligere luftkvalitet fordi de samme partiklene blir sirkulert under trekronene. Grønne tak bidrar også til å fange partikler som flyr over lengre avstander. (Smith, et al., 2018) (Abhijih, et al., 2017) (Barwise & Kumar, 2020). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

I trange gater der forholdstallet mellom høyden og bredden er over 2, bør det plantes helårsgrønne klatreplanter som rådhusvillvinn og eføy på fasadene slik at man får tilført ren luft til området. Mennesket blir fortsatt eksponert for partikler med denne strategien, men i en mye mindre grad enn om man skulle brukt en annen form for vegetasjon. Klatreplanten på de grønne fasadene vil også fange partiklene slik at de ikke blir tatt videre med vinden på området. En mer tradisjonell gateutforming der man har trær som dekker over veier og fortau har vist å gi en dårligere luftkvalitet fordi den forurensende luften blir sirkulert langs bakken og slippes ikke ut. (Smith, et al., 2018) (Abhijih, et al., 2017) (Janhäll, 2015) (Kniestel, 2016) (Barwise & Kumar, 2020)

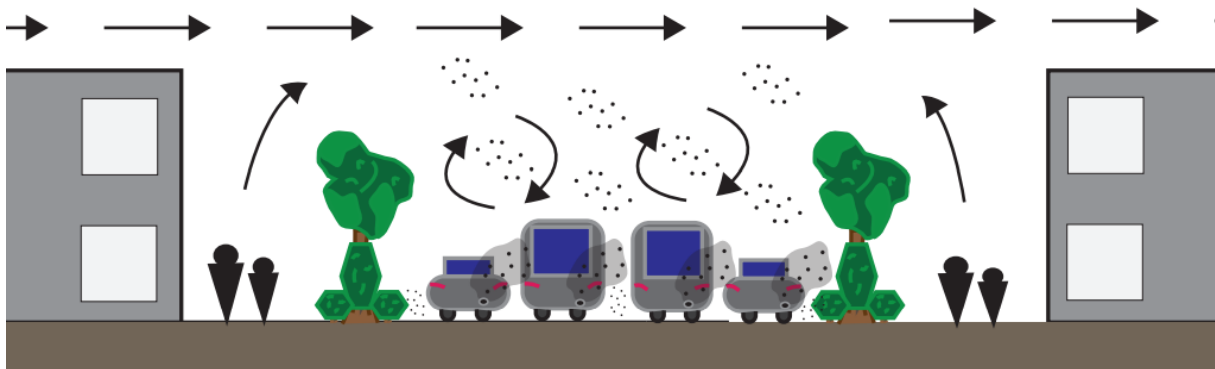
Ifølge funnene til en masteroppgave utført av (Undheim, 2018) kan slik vegetasjon på fasadene langs veier fange opp 4-6g partikler per kvm. Opptaket kom an på slyngplantens bladstørrelse. En annen tysk studie fant også ut at slike vegger gir betydelig reduksjon av PM partikler av metaller 4,5 meter over bakken. Dette bidrar dermed til at farlige partikler ikke blir spredt til andre områder. (Kniestel, 2016)



Figur 64 Gater med et forhold mellom høyde og bredde på mellom 0,5-2 bør det legges lave tette vegetasjons Barrierer og grønne fasader for å få tilgang på ren luft, og beskytte mennesker for veistøv. (Abhijih, et al., 2017). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Ved større avstand mellom bygningene der forholdet mellom høyden på bygningene og bredden på gaten er mellom 0,5 og 2 bør man plassere høye busker og eventuelt annen lavere vegetasjon på rundt 2-3 meter for å opprettholde tilførselen på ren luft. Denne vegetasjon må ha en høy bladarealtetthet for å redusere vindhastighetene. Grunnen til at man ikke ønsker å benytte trær er på grunn av plassen man har tilgjengelig, og at det lett kan forverre luften vis man har en trekrone som dytter partiklene ned mot bakken. (Barwise & Kumar, 2020)

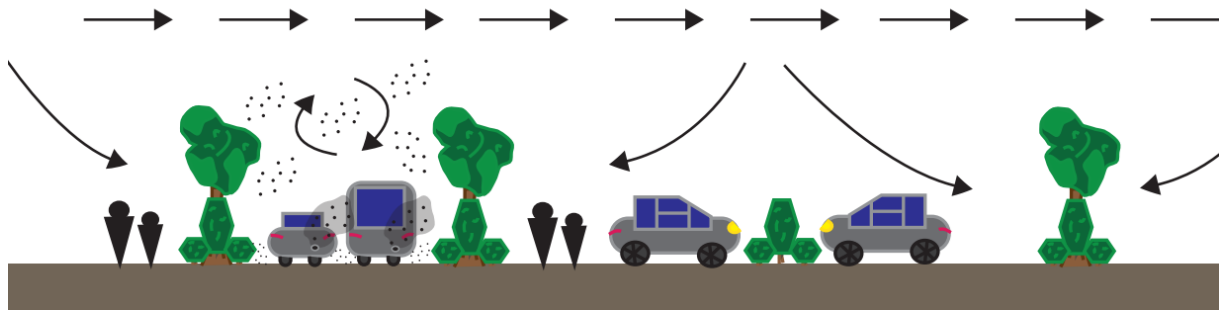
Ved bruk av vegetasjonsbarrierer er det viktig at bladarealtettheten er mellom  $3-4 \frac{m^2}{m^3}$ . En tettere vegetasjonssperre vil føre til en forsterkning av vind, og flere partikler vil gå over barrieren. Ved en tynnere bladarealtetthet vil man ende opp med en barriere som slipper gjennom flere partikler. Vegetasjonsbarrier bør økes i høyden desto lengre den er unna forurensningskilden, men den anbefales å være så nærme som mulig kilden slik at den stopper flere partikler. (Barwise & Kumar, 2020) (Abhijih, et al., 2017)



Figur 65 I bredere gater der forholdet mellom høyden og bredden er under 0,5 er det anbefalt med høye vegetasjonssperre på over 3 meter. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

I brede gater bør det settes vegetasjonsbarrieren som er minst 3 meter høye. Noen kilder mener til og med minst 5 meter for at vinden ikke skal dytte partiklene over barrieren til der mennesker ferdes. Trærne bør allikevel ikke være høyere enn fasaden. Hvis den er det kan den utgjøre en fare for menneskene i høye vindhastigheter, og leder mer av de langtransporterte partiklene ned mot gaten. Vegetasjonsbarrieren må være tett og sammenhengende for å forsikre seg om at vinden ikke lager vindtuneller og turbulens langs gaten. (Kniestel, 2016) (Barwise & Kumar, 2020) (Abhijih, et al., 2017) (Traverso, 2020).

En slik barriere har også flere andre fordeler. Den sørger for å få partikler vekk fra byggekroppen slik at inneklimate til nærtliggende boliger kan bli bedre. (Kniestel, 2016)



Figur 66 Vegetasjon på åpne områder bør plantes tett til forurensningskilden. På parkeringsplasser kan det kombineres med lav og høy vegetasjon hvis forholdet mellom høyden på trærne og bredden på parkeringsplassen er over 0,5. (Barwise & Kumar, 2020). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

På åpne områder er det viktig å plassere vegetasjonsbarrierer så nærme som mulig kilden slik at partikler ikke får mulighet til å spre seg. Det er spesielt viktig å blokkere dominerende vindretninger og plassere vegetasjonen slik at den stopper turbulens. Hvis man plasserer vegetasjonen slik at vinden ledes vekk fra fasader og fortau kan det bidra til å lede pollen og VOC vekk fra menneskene som ferdes langs barrierene. (Barwise & Kumar, 2020)

Resultater fra feltundersøkelser viser at partikkelnivået i luften langs gater med vegetasjonsbarrierer blir mellom 10-50% bedre enn uten barrieren. Effekten varierer ut ifra plass man har tilgjengelig, de meteorologiske forholdene og hvilke planter man bruker. (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019) (Barwise & Kumar, 2020)

Støy fra trafikken kan også reduseres betydelig med vegetasjonsbarrierer. Støy påvirker både planter og mennesker i tettbygde områder. Det kan føre til stress og søvnproblemer som er skadelig på mennesker på langsikt. For å få best støyreduksjon sammen med partikkelfangst bør man evaluere forskjellen på støyforholdet på det eksisterende området, og det ønskede støynivået. Det er blitt funnet ut at en vegetasjonsvegg kan redusere lyden fra dagaktiviteter med 70dB og kveldsaktiviteter med 50dB. Dempningseffekten til vegetasjon er opp til 10dB, men effekten er avhengig av hvor tett man planter og høyden på trekronen. (Kniestel, 2016) konkluderer med at det må utføres flere undersøkelser for å vite hvor god støyreduksjon og luftfiltrering vegetasjon har i et byrom og langs veier.

En vegetasjonsbarriere er også en billigere løsning til reduksjon av luftforurensning sammenlignet med andre metoder som CCS maskiner som både er dyre, og har en manglende forretningsmodell (miljødirektoratet 5, 2021). En ulempe med vegetasjonsbarrierer er allikevel at de kan dekke for siktlinjer i trafikken. (Barwise & Kumar, 2020) konkluderer også med at dagens utslipp av partikler må reduseres for at en vegetasjonssperre skal ha en ytterligere effekt på dagens luftkvalitet på de mest forurensende stedene.

Som en oppsummerende avslutning kan vi si følgende (Smith, et al., 2018):

1. Plant tett for å gi større avstand mellom mennesker og forurensningskilden for å få bedre luftkvalitet
2. Hvis du planter tett hvor mennesker og forurensningskilden er, vil det føre til dårligere luftkvalitet
3. Fortetting av hulrom i grønne og grå urbane områder rører på luften og sprer forurensningen andre steder enn der mennesker oppholder seg.

#### 4.8 Sammenligning av en vegetasjonsbarriere med andre tiltak for reduksjon av luftforurensning og alternativ bruk av areal

Ved partikkelfangst kan en vegetasjonsbarriere redusere eksponeringen for partikler med opptil 50%. Ved å sammenligne dette med luftkvalitetskriteriene kan en slik vegetasjonsbarriere redusere PM,  $SO_2$  og  $NO_2$  fra en lav høy-verdi på  $160 \mu g/m^3$  til en moderat verdi på  $80 \mu g/m^3$ , og  $O_3$  fra en lav høy-verdi på  $160 \mu g/m^3$  til lav verdi på  $80 \mu g/m^3$ . Ved høyre luftforurensning enn  $200 \mu g/m^3$ , på den andre siden vil den ikke påvirke luftkvalitetskriteriene veldig mye.

En støyskjerm er et alternativ til en vegetasjonsbarriere. Som en estetisk og vital faktor kan trær spille bedre inn enn en høy støyskjerm, men dette kommer an på hvordan du bygger støyskjermen.

Hvis vi sammenligner hvor godt en vegetasjonsbarriere blokkerer for støy, vi den være nesten like god som en tradisjonell støyskjerm med 10dB. En tradisjonell støyskjerm i Norge demper støyen med 9-19dB. (Statens vegvesen, 2008) En ulempe med en vegetasjons barriere er at den krever mer plass enn en vanlig støyskjerm. Prisen på et tre og noen busker til planting langs veien koster fra 2000kr og oppover. (Seim trær og planter AS, 2021) Prisen varierer ut fra hvor stort tre man ønsker å plante. Sammenliknet med prisen på en støyskjerm som koster fra 1500kr per meter og oppover er en vegetasjonsbarriere dyrere i materialkostnad. Støyskjermen trenger også mindre vedlikehold enn en vegetasjonsbarriere så lenge det ikke gror klatreplanter på dem.

Krav til siktlinjer ødelegger også det fulle potensialet til en vegetasjonsbarriere i og med at de ikke kan være høyre enn 0,5m i en omkrets på 10-20m rundt en fotgjengerovergang. (Statens Vegvesen N100, 2019)

En fordel med vegetasjonsbarriere kontra en støyskjerm er at den har lettere for å redusere vind og turbulens slik at mindre partikler forflytter seg vekk fra området. Det bidrar til at luftkvaliteten andre steder blir mer redusert sammenlignet med en støyskjerm. (Barwise & Kumar, 2020)

Hvis vi går på miljødirektoratets sider, kan vi simulere hvor mye reduksjon i partikler de forskjellige tiltakene for reduksjon av luftforurensning kan ha i en kommune. (miljødirektoratet, 2018) For å redusere like mye av produksjonen av luftforurensende stoffer som ble sluppet ut i 2018 i Stavanger kommune sammenlignet med en vegetasjonsbarriere, må en av følgende punkter oppnås:

- Redusere vedfyring med 50%
- Gå over til 100% elektriske personbiler i bilparken
- Øke andelen elektriske varebiler og busser med 100% og ha 0% av kortreiste kjøretøy med piggdekk
- Trafikkvolumet fra lastebiler, varebiler og personbiler må redusert med 50%

## 5 Klimagassutslipp og trærs karbonbinding i næringsparker

I dette kapitlet ser vi på hvilken grad forskjellige trearter har evnen til å binde opp  $CO_2$  og hvordan vi kan regne denne karbonbindingen gjennom kronens livstilstand og gjennomsnittlige vekst.

Det vil også bli gått i dybden på kildene til det ikke-kvotepliktige klimagassutslippet, og hvilke tiltak som gjøres i fremtiden for å redusere dem i Norge.

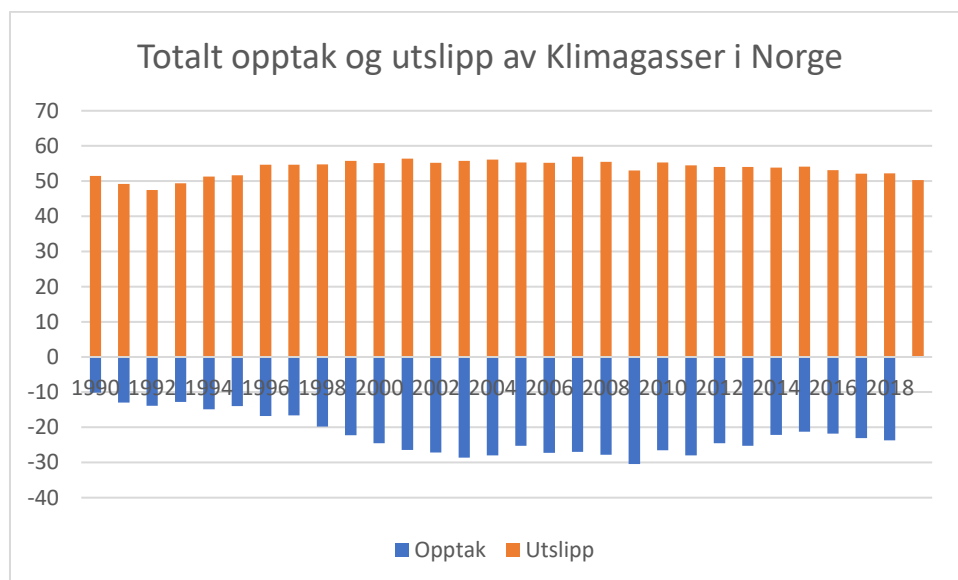
Målene til tiltakene for reduksjon av klimagassutslipp vil så bli sammenlignet med karbonbindingen til trær for å se hvilken påvirkning de vil ha på klimagassutslippet i dag, 2030 og 2050.

### 5.1 Status på Norsk klimapolitikk

Norge har satt seg 2 hovedmål i samspill med den internasjonale Parisavtalen. Målet er å senke klimagassutslippet med 50-55% innen 2030 og 90-95% innen 2050 sammenlignet med 1990 målingene. (Regjeringen 1, 2019) (Regjeringen 3, 2020)

Sammen med denne avtalen har Norge også en forpliktende klimaavtale med EU som en del av EØS avtalen med å redusere klimagassutslippene med minst 40% innen 2030 sammenlignet med 2005 målingene. (klimakur 2030, 2020)

Hittil har det totale klimagassutslippet blitt senket med 2,3%. Samtidig har opptaket av  $CO_2$  ekvivalenter tatt opp av skog og arealbruk økt de siste årene. I 2018 sto det totale opptaket for ca. 47,1% av det totale utslippet. (miljødirektoratet 6, 2020) (SSB: 08940, 2020)



Figur 67 (SSB: 08940, 2020) Illustrert av: (Duus Carlsen)

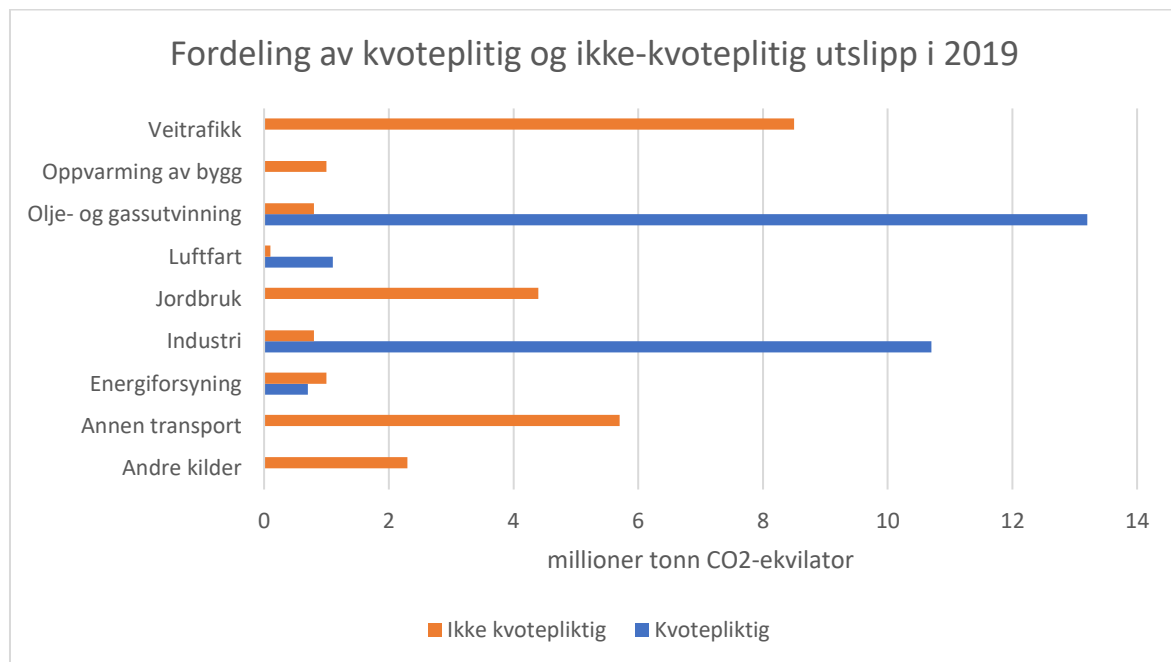


Over 80% av klimagassutslippene i dag har en avgift av staten eller er en del av EUs kvotesystem. Dette deler det Norske klimautslippet fra hver sektor i 2. Kvotepiktig, og ikke-kvotepiktig. Kvotepiktige sektor er olje og gassvirksomheten, industrien og luftfarten som utføres innenfor EØS området. Ikke-kvotepiktig sektor er ikke omfattet i EUs kvotesystem og omfatter hovedsakelig veitrafikk, jordbruk, avfall og avløp, bygg og anlegg, samt deler av industri- olje og gass og energiforsyningen. Sektorene som både er i kvotepiktig og ikke-kvotepiktig sektor har forskjellige virksomheter i sektoren som ikke inngår i EUs kvotesystem. I denne oppgaven er det satt søkelys på det ikke-kvotepiktige utslippet fordi denne sektoren påvirker fotavtrykket mest i Urbane områder og i næringsparker. (klimakur 2030, 2020) (miljødirektoratet 8, 2021)



Figur 68 (SSB: 08940, 2020). Illustrert av: (Duus Carlsen)

Regjeringen vil at Norge skal kutte egne utslipp betydelig på en effektiv måte. Hovedvirkemidlet i Norsk klimapolitikk er gjennom et grønt skattesifte og satsning på utvikling av grønn teknologi. Klimagassavgifter og omsettbare utslippskvoter blir innført på utslippskilder. Dette skal være et markedsbasert og kostnadseffektivt tiltak for at avgiften skal gå til utslipper. (Regjeringen 1, 2019)



Figur 69 (miljødirektoratet et.al 3, 2020). Illustrert av: (Duus Carlsen)

En viktig faktor som er verd å nevne er at klimagassutslipp fra transport av varer og fritidsreiser til utlandet ikke er tatt med i statistikken. Det sammen gjelder forbruket av eksportvarer i andre land. (miljødirektoratet 6, 2020)

## 5.2 Roller og styringsmål for klimapolitikken

I Norge er det regjeringen og stortinget som bestemmer klimapolitikken. Politikken som de har lagt fram er at forurensere skal betale og at klimamålene skal oppnås mest mulig effektivt.

Miljødirektoratet og SSB måler årlig klimagassutslippene og står for offentlig informasjon om klima og miljø i Norge for private, næringslivet og myndighetene. (Regjeringen 2, 2020)

Juridisk har Norge laget en klima-lov som utgjør rammene for norsk klimapolitikk. Denne skal fremme gjennomføringen av Norges klimamål som et ledd i omstillingen for å bli et lavutslippssamfunn i 2050. (Regjeringen 2, 2020)

For å redusere utslippet i Norge satser landet stort på klima og miljøvennlige transportløsninger. Det er blant annet trukket frem flere tiltak i Nasjonal transportplan og *klimakur 2030* som går i dybden på hvordan Norge kan nå målet. Byvekstsavtaler er en del av Nasjonal transportplan og skal blant annet sikre etablering av kollektiv, sykkel og gangvei i Norske byer gjennom å gi belønningsordninger. (klimakur 2030, 2020) (Regjeringen 2, 2020) (Regjeringen, 2017)

Offentlige støtteordninger for å fremme null og lavutslippsløsninger er også en stor satsning for å nå klimapolitikken i Norge. Enova, klimasats og programmer innen Norges forskningsråd og innovasjon Norge jobber med dette. (Regjeringen 2, 2020) (ENOVA, 2021) (Forskningsrådet, 2021)

Investeringselskapet Nysnø er også etablert for å investere i selskaper som skal bidra til å redusere klimagassutslipp på en lønnsom måte. Dette er for å få fart på teknologiutviklingen og danne et marked innen fornybare løsninger og klimavennlige virksomheter. (Regjeringen 2, 2020) (nysnø, 2021)

Kommunen har en samarbeidsrolle ovenfor staten og ansvar for at klimatilpasninger gjennomføres. Det betyr at kommunen har innsigelsesadgang til forslag og planer hvis de ikke er klimatilpasset. Siden kommunen også er en som står for utslipp må den også betale avgifter og holde seg under tildelte kvoter. (miljødirektoratet 10, 2019)

## 5.3 Kilder til klimagassutslipp i næringsparker og tiltak

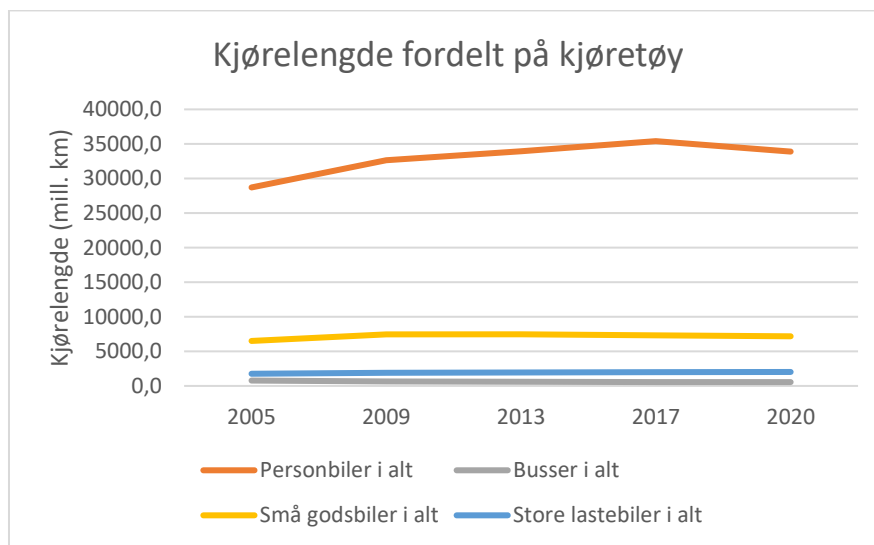
Granavolden-plattformen (2018) har som hovedmål å trygge Norge for fremtiden gjennom å skape et bærekraftig velferdssamfunn ved å ha en offensiv klimapolitikk, sosial bærekraft og trygghet. For denne oppgaven er det aktuell å gå i dybden på deler av klimapolitikken som omhandler veitrafikk og regulering av næringsparker. Vi kommer også til å se på utviklingen av reduksjon i klimagassutslippet til biler i Norge mot fremtiden, og hvilke andre reguleringstiltak som vil påvirke næringsparker sitt klimautslipp. Plattformen formidler målene i andre nasjonale planer som *Nasjonal transportplan 2022-2033* og *Klimakur 2030*. (Regjeringen 1, 2019) (Regjeringen, 2017) (klimakur 2030, 2020).

En ny nasjonal transportplan ble nylig lagt frem den 19.mars.2021. Tiltakene i denne oppgaven baserer seg på den gamle transportplanen, Meld. St. 33, 2019-2029.

*Klimakur 2030* er en utredning med helhetlig forslag til tiltak og virksomheter som kan gjøre at Norge når klimamålene sine for 2030. Rapporten omhandler hvordan man kan oppnå minst 50% reduksjon i det ikke-kvotepliktige utslippet i 2030 sammenlignet med 2005, og tiltak og virkemidler for økning av opptak og reduksjon av klimagassutslippet i skog og arealbrukssektoren. (klimakur 2030, 2020)

### 5.3.1 Klimagassutslippet fra veitrafikken

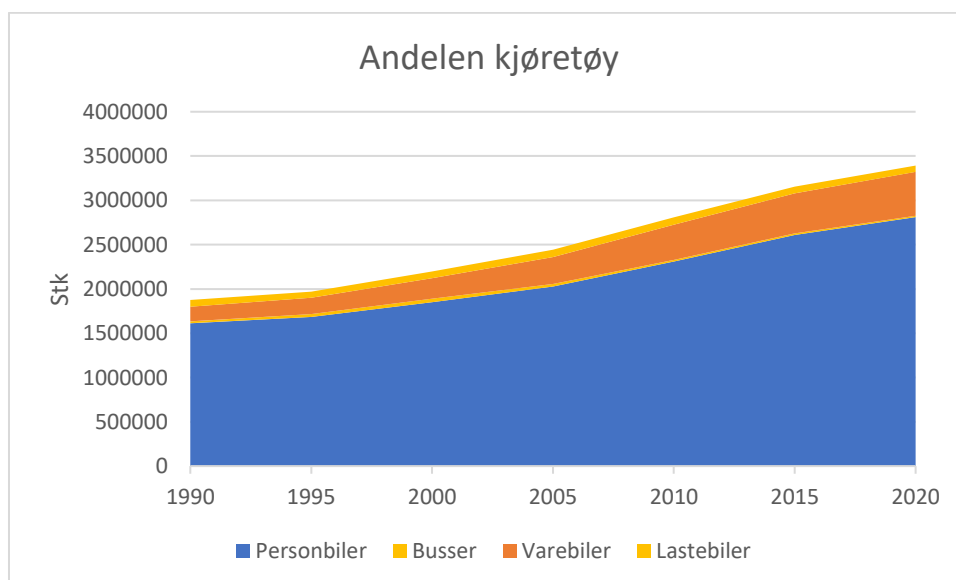
I veitrafikken i dag er det eksosen fra bilene som slipper ut klimagasser. Mengden klimagasserutslipp avhenger av kjørelengden vi totalt kjører med fossildrevne biler. Den totale kjørelengden er på vei ned, men i 2020 var den på 4,36 milliarder kilometer. Personbiler står for den største andelen av total kjørelengde fordi det er flest av dem på Norske veien, men busser og store lastebiler står for lengst gjennomsnittlig kjørelengde per bil. På grunn av strenge reguleringer og bedre forbrenningsteknologi har allikevel klimagassutslippet vært stabilt fra 7,5-8,5 millioner tonn  $CO_2$  ekvivalenter. Personbiler har siden 1990 stått for det største utslippet, men på grunn av en økende andel av nullutslippskjøretøy og teknologi som slipper ut mindre  $CO_2$  har også personbilen redusert utslippet mest av alle kildene. I dag har utslippet fra lastebiler og busser nesten doblet seg på 30 år.



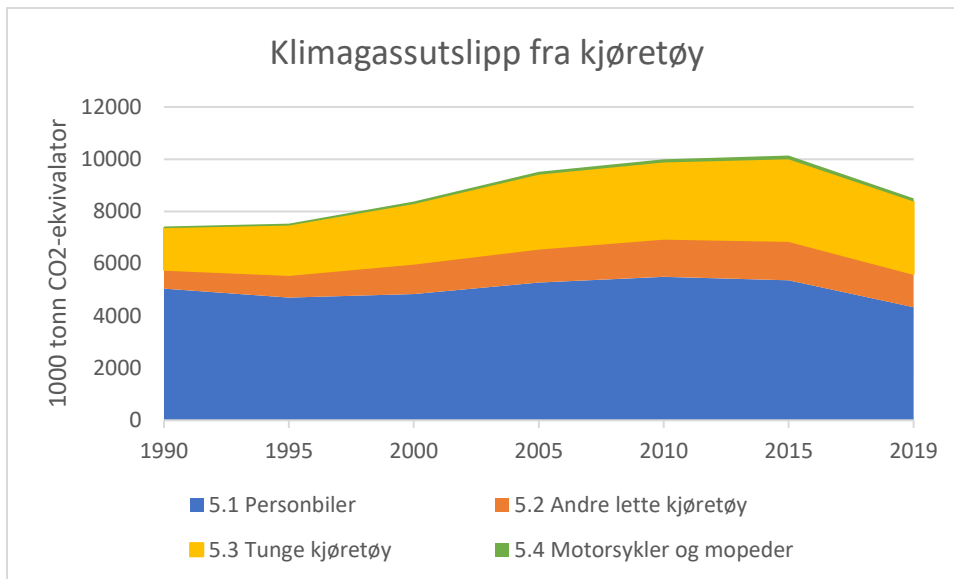
Kjøretøy	Gjennomsnittlig kjørelengde (km)
Kjøretøy i alt	11 953
Personbiler	11 152
Busser	32 562
Små godsbiler / varebiler	13 355
Store lastebiler	35 091

Tabell 16 Gjennomsnittlig kjørelengde per kjøretøy i 2019 (SSB 2, 2021)

Figur 70 Kjørelengden totalt har blitt redusert med 4,6% fra 2019 til 2020 (SSB: 12575, 2021) Illustrert av: (Duus Carlsen)



Figur 71 Vi ser en økende trend i antall kjøretøy (SSB: 07832, 2021). Illustrert av: (Duus Carlsen)

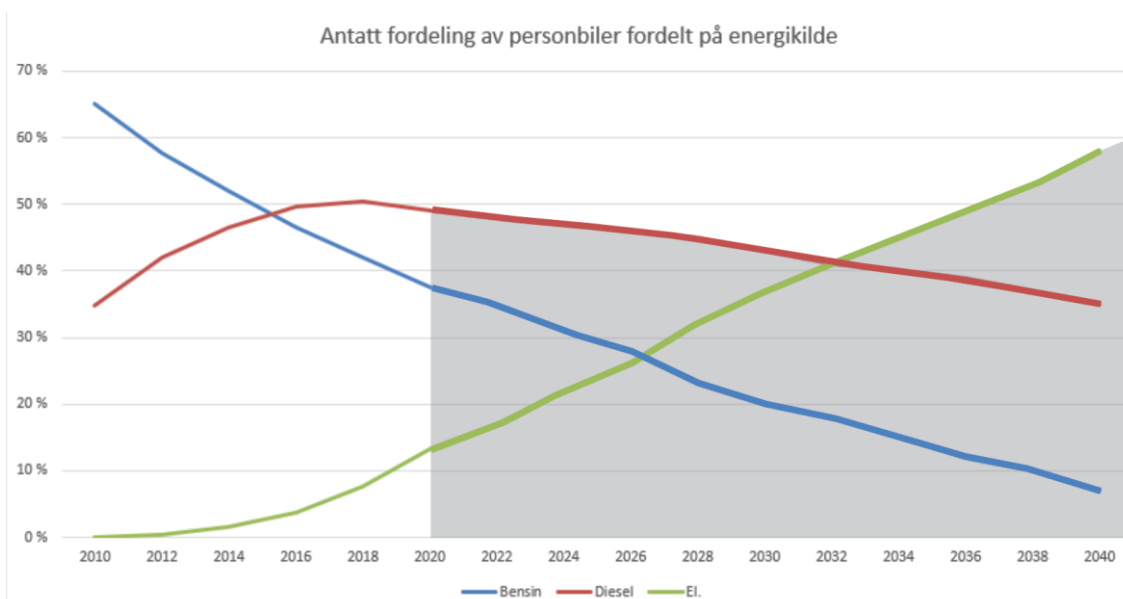


Figur 72 Klimagassutslippet totalt fra kjøretøy er blitt redusert til 1990 nivå. (SSB: 08940, 2020). Illustrert av: (Duus Carlsen)

### 5.3.2 Tiltak mot klimagassutslipp fra veitrafikk

Norge er i dag landet med flest elektriske kjøretøy per innbygger og dette tallet er beregnet å øke. Fremtidige tiltak som skal bli utført av regjeringen dreier seg om å redusere antall kjøretøy, begrense bruken av kjøretøy gjennom avgifter, og la det lønne seg å kjøpe nullutslippskjøretøy.

Ifølge Bloomberg internasjonale Finance tror de at markedsandelen til elektriske biler vil gå fra 2,7% til 58% innen 2040. Det tyder dermed på at internasjonalt vil elektriske personbiler overskride fossildrevne før 2040. (McKerracher, et al., 2020) (Riley, 2020) Miljødirektoratet tror også andelen elektriske personbiler vil gå fra 13,4% i 2020 til 40% i 2030 (Miljødirektoratet(film), 2020) (SSB 1, 2021). Hvis forventet levetid på en bil ikke er mer en 12-16 år kan vi anta at bilparken i Norge vil domineres av elektriske biler i 2050. (wikipedia (car longevity), 2020)



Figur 73 Grafen er basert på CNN og Bloomberg sine antagelser om fordeling av energikilden til kjøretøy satt sammen med statistikk av antall kjøretøy i Norge. Grafen er kun en visuell fremstilling, og ikke en reel modell. (McKerracher, et al., 2020) (Riley, 2020) (SSB: 01960, 2021). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Tiltakene regjeringen vil utføre for å redusere klimautslippene i veitrafikken er mange. Videre vil de bli oppsummert slik de er beskrevet, og hvilken effekt de har på å redusere utslippet.

Regjeringen vil blant annet øke  $CO_2$  avgiften årlig med 5% for alle sektorer som slipper ut klimagasser frem mot 2025, og eventuelt lengre for fossildrevne biler. Engangsavgiften for kjøp av nye kjøretøy blir også påvirket. Skattefordelene til el-bil avgiften vil fortsette frem til 2025. Det kan også bli påført et bilavgiftssystem etter 2025. (Regjeringen, 2017)

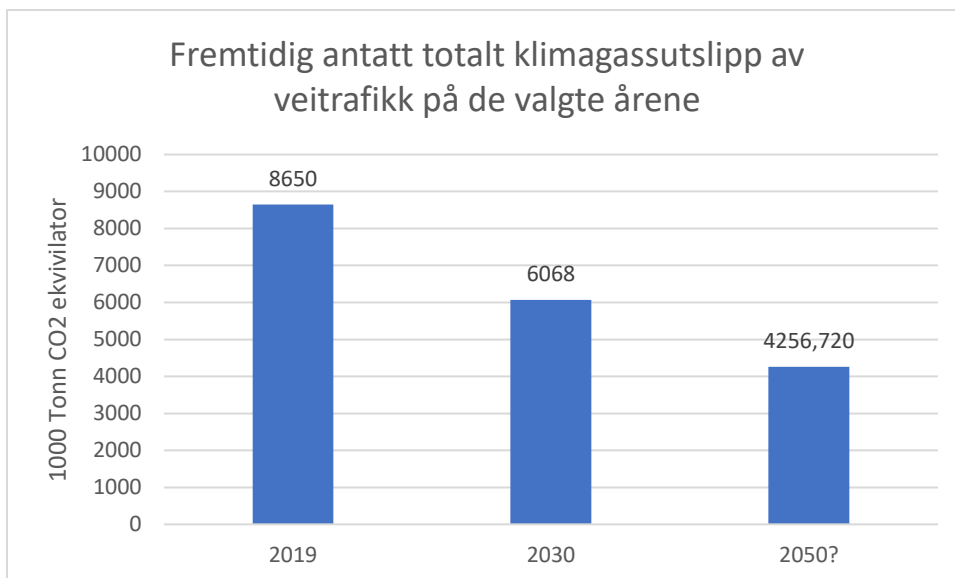
Regjeringen vil nå målet for fossilfri kollektivtransport innen 2025. Nye bybusser skal bruke biodrivstoff eller være nullutslippskjøretøy. Det er estimert at det vil koste mellom 500-1500kr per tonn  $CO_2$  ekvivalenter å innføre. Det totale utbytte for utslippsreduksjon vil være 1,084mill. tonn  $CO_2$ -ekvivalenter. Barrierer for å nå målet er at teknologien og infrastrukturen for slike busser ikke er god nok. Det er dermed mer sannsynlig at det blir innført som et mer langsiktig mål. (miljødirektoratet 5, 2021)

Sammen med en fossilfri kollektivtransport vil regjeringen også legge til rette for at flere kan velge sin hverdagsreise gjennom kollektive løsninger. Målet er at all vekst i persontrafikken i byene skal tas av kollektivtransport, sykkel og gange. Videre vil de at sykkelandelen skal være 20% i byene og at staten skal bidra 50% med store kollektivprosjekter som en langsiktig plan for reduksjon i klimagasser. Samlet er dette en del av bymiljøavtaler og et nullvekstmål for personbiltransport. Det er estimert at det kan spare 0,759 millioner tonn  $CO_2$ -ekvivalenter på dette. Barrieren for å nå målet er tiden og adferdsendringer, men som et lengre langsiktig mål mot 2050 er dette mer sannsynlig å få til. (Regjeringen, 2017) (Regjeringen 1, 2019) (miljødirektoratet 5, 2021)

Regjeringen vil at alle nye personbiler og lette varebiler innen 2025, samt alle nye tyngre varebiler og 50% av alle nye lastebiler innen 2030 skal være nullutslippskjøretøy. Det samlede potensialet i reduksjon av utslipp kan være ned mot 4,634 millioner tonn  $CO_2$ -ekvivalenter og koste mellom 500-1500 kr per tonn. Det er også planer om å satse på rask utbygging av ladeinfrastrukturen i landet ved å gi støtte til boliger og borettslag. Dette skal gi mulighet for å lade el-bilen flere steder. Andelen el-biler i trafikken er beregnet å øke i fremtiden på grunn av at store aktører som Volkswagen, Ford og Toyota er meldt seg inn i el-bil markedet. En barriere er kjørelengden og ladeteknologien, samt tilgangen på elektriske modeller innen varebiler og tyngre lastebiler. Trenden tyder på at teknologiutviklingen og utvalget i modeller vil bli bedre frem mot 2040. (Riley, 2020) (miljødirektoratet 5, 2021) (McKerracher, et al., 2020)

Regjeringen kommer ikke til å øke veibruksavgiften, men de vil øke prisene på  $CO_2$  avgiften på fossilt drivstoff. Regjeringen vil også følge en opptrappingsplan for bruken av biodrivstoff etter 2020. Målet er å nå 40% innblanding i 2030 avhengig av teknologiutviklingen. Dette vil koste over 1500kr/tonn  $CO_2$ -ekvivalent på grunn av liten tilgang til biodrivstoff og det vil føre til øket pumpepris. Dette skal være et virkemiddel for å få deg til å bruke bilen mindre. Det utregnede utbyttet av å gå over til 40% biodrivstoff ifølge miljødirektoratet vil redusere utslippet med 2,552mill. tonn  $CO_2$ -ekvivalenter. (miljødirektoratet 5, 2021) (klimakur 2030, 2020)

For fremtiden vil regjeringen prioritere innfartsparkeringer i byer til fossilfrie kjøretøy, og utføre et testprosjekt som reduserer tilgjengeligheten med fossildrevne biler i byer og tettbygde områder. Sammen med dette vil de prioritere bedre sikkerhet til myke trafikanter i byrom med dynamiske fartsgrenser og andre sikkerhetstiltak. De vil også legge til rette for motorsykel som et mer miljøvennlig og arealeffektivt transportalternativ i byer. (Regjeringen 1, 2019)



Figur 74 Fremtidig antatt totalt klimautslipp på de valgte årene hvis alle foreslåtte tiltak i klimakur 2030 for veitrafikken blir fulgt. 2019 er faktiske målinger, 2030 er antatt utslipp for 2030 utgjort av klimakur. 2050 er en hypotetisk vurdering på hvor utslippet vil ligge hvis utslippet synker like mye i prosent i perioden 2030-2050 som perioden 2019-2030. (miljødirektoratet et.al 3, 2020). Illustrert av: (Duus Carlsen)

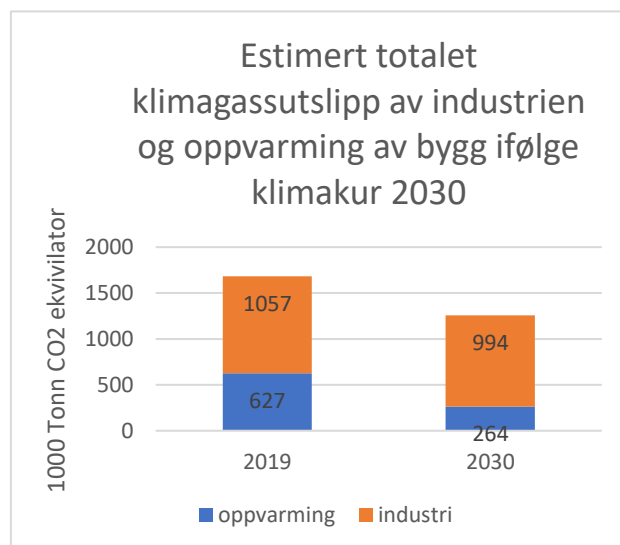
### 5.3.3 Tiltak mot klimagassutslipp fra næringsvirksomhet

Innenfor næringsutvikling vil regjeringen i dialog med næringslivet legge en næringspolitikk som legger til rette for lønnsom og grønn næringsutvikling. De vil da bruke prising av utslipp gjennom kvoter, avgifter og reguleringer som fremmer teknologisk utvikling. Virkemidlet skal være å skape et større marked for miljøvennlige produkter og tjenester. (Regjeringen 1, 2019)

Regjeringen vil også at fremtidige bygg- og anleggsplasser skal være fossilfrie innen 2025. Det skal gjøres ved å erstatte gassbruk til permanent oppvarming av bygg og utfase mineralolje og gass til bygg-varme på byggeplasser. Dette kan være mulig å spare 1 million tonn  $CO_2$ -ekvivalenter. Barrieren er at dette er kostbart i allerede etablerte bygg med slike varmeanlegg. (miljødirektoratet 5, 2021)

Regjeringen vil i fremtiden ta initiativ til en bransjeavtale om omlegging til fossilfri plast og øke utsorteringen av plastavfall og tekstiler til materialgjenvinning. Det kan føre til at det blir flere forskjellig avfallsdunker på næringsparker enn i dag. (Regjeringen 1, 2019)

Innen distriktspolitikken vil regjeringen utnytte naturressurser på en bærekraftig måte som en positiv ringvirkning for lokalsamfunnet. Regjeringen vil også at staten skal ta et større ansvar for klimatilpassing av egen eiendom og infrastruktur for å sette dem bedre i stand til å håndtere nye utfordringer som følge av klimaendringene. De vil også stimulere til oppgradering av eldre boliger og utvikle energikravene til bygg i tråd med klimaforliket. (Regjeringen 1, 2019)



Figur 75 Tallene er tatt fra Klimakur 2030 (miljødirektoratet 5, 2021). Illustrert av: (Duus Carlsen)



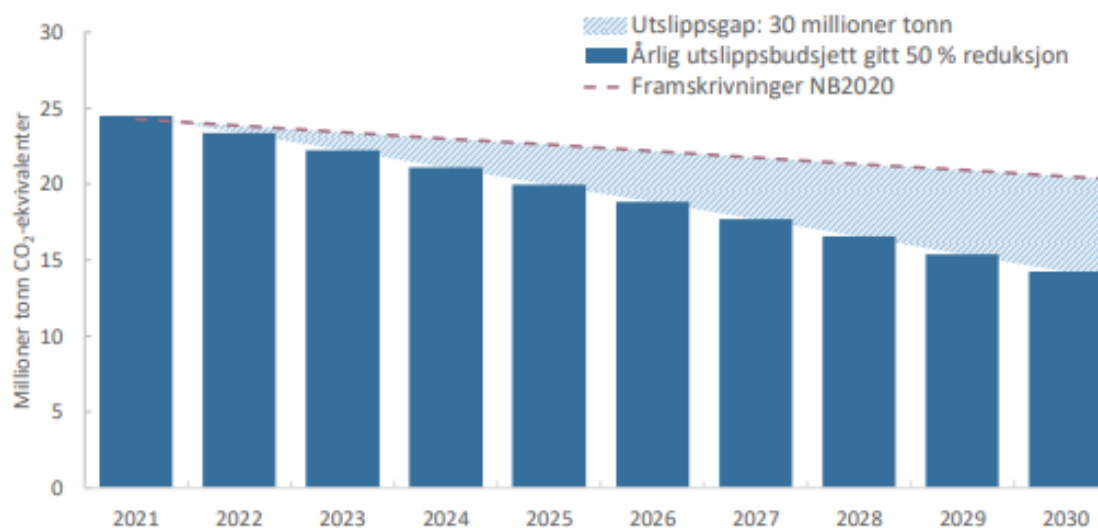
Innen bolig og stedsutvikling vil regjeringen innføre god arealplanlegging som et virkemiddel for å kunne nå de langsiktige klima og miljømålene. De vil også at kommunene skal ha mulighet til å stille krav til miljø og klimahensyn i planarbeidet. Regjeringen vil også fortsette å stille høye krav til universell utforming ved utbygging av boliger, infrastruktur og næringsområder. (Regjeringen 1, 2019)

Regjeringen mener det er viktig å ta vare på bymarker og grønne lunger som rekreasjonsområder for befolkningen. Tilstanden på Norsk økosystem er relativt god, men regjeringen vil allikevel jobbe med å bevare truede arter og naturtyper ved å legge vekt på naturforvaltning i arealplanleggingen. De vil også lage konsepter for helhetlig forvaltning i naturen. (Regjeringen 1, 2019)

De vil også bidra til å utvikle teknologi for fangst, transport og lagring av  $CO_2$ , og har ambisjon om å realisere en kostnadseffektiv løsning for fullskala  $CO_2$  håndteringsanlegg i Norge gitt at dette gir teknologiutvikling i internasjonalt perspektiv. Karbonfangst og lagringsanlegg (CCS) er tenkt å bli utplassert i forbrenningsanlegg i Trondheim, Bergen og Oslo. Disse er regnet med kan redusere klimagassutslippet med 1,8millioner  $CO_2$ -ekvivalenter. Barrierene for tiltaket er en mangelfull forretningsmodell.

#### 5.3.4 Samlende effekt av alle tiltak

Samlet har *klimakur 2030* og regjeringen 60 tiltak som kan føre til en utslippsreduksjon på til sammen 43,6millioner tonn  $CO_2$ -ekvivalenter. *Figur 76* viser *Klimakur 2030* sin beregning på hvordan utslippet vil bli redusert hvis tiltakene blir fulgt til rett tid.



Figur 76 Utslippsbudsjett som gir 50% reduksjon. Søylediagram hentet fra *klimakur 2030* (miljødirektoratet 5, 2021)

## 5.4 Karbonbinding til trær i næringsparker

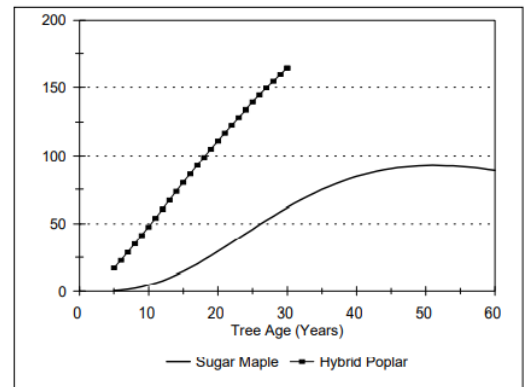
Karbonbindingen til trær tar for seg hvor mye  $CO_2$  trær kan ta opp fra luften og bakken hvert år. Opptaket over bakken til treet skjer gjennom bladene til treet og under bakken skjer opptaket gjennom røttene. Faktorene som påvirker treet evne til å ta opp karbondioksid fra år til år er alt ifra alderen på treet, artens Individuelle egenskaper, og de klimatiske forholdene til treet.

Alderen på treet spiller en viktig rolle. Voksne trær med gode levekår klarer å ta opp mer  $CO_2$ , enn unge trær. Selv om eldre trær slutter å vokse i høyden, slutter de ikke å produsere nye grener og blader. Stammen får også en tettere biomasse med årene samtidig som det har evne til å ta opp mer næring med årene. Derfor spiller alderen til treet inn som en viktig rolle på det totale karbonbindingsopptaket. (McPherson, Simpson, & USDA, 1999) (Stephanson et.al, 2014) (Roloff, 2016)

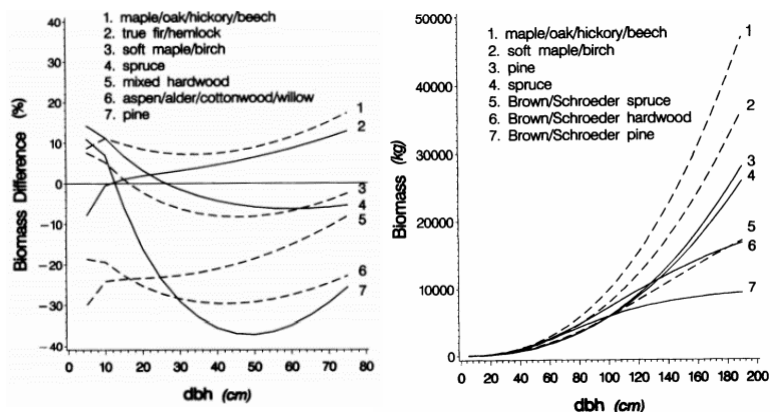
Karbonbindingen i trær er beregnet med en direkte funksjon av tilveksten på treet. Tørt tre inneholder ca. 50% karbon og desto høyere tetthet treet har ( $kg/m^3$ ), desto mer karbon har treet evne til å ta opp. *Se tabell 15* Noen arter er også hurtigvoksende, men kan også ha en kortere levetid.

Dette kan medføre til at trær med en lengre levetid kan totalt ta opp mer  $CO_2$  gjennom sin levetid enn hurtigvoksende trær som har kortere levetid. *Se figur 77*. Dermed er artens individuelle tørrdensitet med på å påvirke det totale opptaket av karbondioksid til arten. (Sjølie, 2021)

Som vist i *figur 78* er også de individuelle vokseegenskapene til treet forskjellig ut ifra art. Dette kan påvirke hvilken periode i levetiden treet tar opp mest karbondioksid. Stort sett har biomassen en eksponentiell vekts i forhold til diameter på stammen. (Jenkins, Chojnacky, Heath, & Birdsey, 2003) (Stephanson et.al, 2014)



Figur 77 Selv om noen arter vokser forttere enn andre, kan eldre trær med en senere vekst ta opp mer  $CO_2$  i løpet av sin levetid enn hurtigvoksende trær med en kort levetid. (McPherson, Simpson, & USDA, 1999)



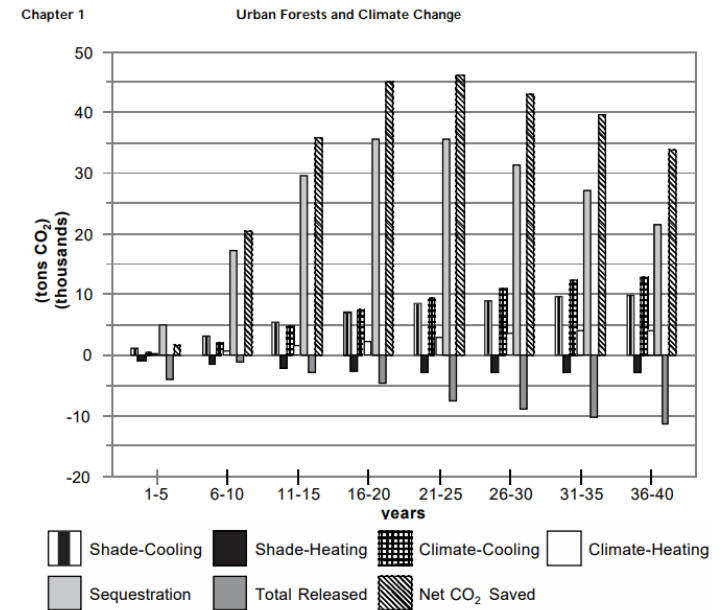
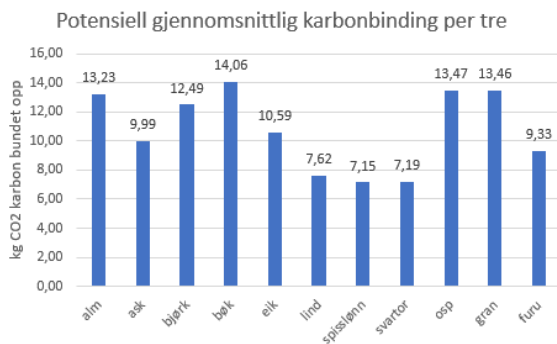
Figur 78 Vokseegenskaper til trær. Biomassen til treet varierer ut ifra veksten på stammen i brysthøyde ut ifra hvilken art treet er. Undersøkelsen er utført av (Jenkins, Chojnacky, Heath, & Birdsey, 2003)

Tilveksten på treet varierer fra år til år på grunn av de klimatiske forholdene og stress treet blir utsatt for. Siden tilveksten av biomasse og kroneareal er den viktigste bidragsyteren til karbonbinding i trærne er det viktig å sørge for gode levekår til trærne slik at den kan leve lenge, og produsere mye nye blader/barnåler og tar opp nok næringsstoffer fra jorden. Hos løvtrær er også karbonbindingen sesongbasert. De tar opp mye karbon når de har blader, men slipper ut  $CO_2$  når de ikke har tilgang på sollys. Arter som er grønne hele året kan ofte binde opp mindre  $CO_2$  i løpet av en sesong en løvtrær, men de har mulighet til å binde opp  $CO_2$  lengre i sesongen. (Smith, et al., 2018)

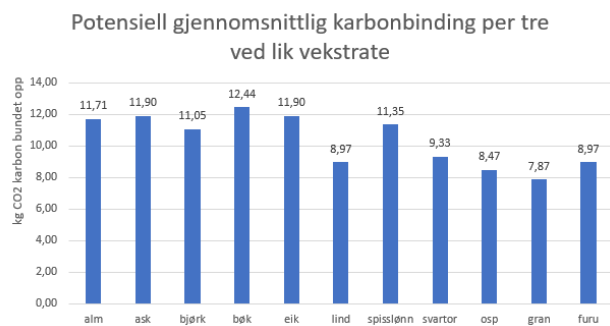
Tatt i betraktning at dødsraten hvert år er høy i næringsparker, så vil dette gå utover den totale karbonbindingen som oppnås hvert år. Hvis man skal ha en kontinuerlig bladvekst, og økning i tilvekst hvert år bør dødeligheten være under 4% ifølge en tysk undersøkelse. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011)

I dag har vi ikke noen nøyaktig metode for å regne den totale karbonbindingen til et tre før det er dødt. Det er fordi forholdstallet mellom massen til treet under bakken varierer fra 16-41% uavhengig av art. Hva som er med på å bestemme karbonbindingen under bakken er plassen røttene får, stresset den blir utsatt for og tilgangen den har på næring. Det er årsaken til at forholdstallet til røttene har variert i ulike undersøkelser. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011) (Russo, et al., 2014). Denne oppgaven tar derfor for seg utregning av karbonet over bakken basert på kronens størrelse og trærnes forventede vekst i biomasse.

Ved å bruke metodene nevnt i *kapittel 5.4.1* får vi det potensiale gjennomsnittlige karbonbindingene på de mest vanlige treartene i Norge og den gjennomsnittlige karbonbinding per kvadratmeter. Bøk, osp og gran kan ta opp dobbelt så mye karbon som lind, spisslønn og svartor hvis vi sammenligner dem med vekstratene som er funnet ved ulike undersøkelser i Tyskland, Norge og Finland. (Muukkonen, 2007), (Jenkins, Chojnacky, Heath, & Birdsey, 2003) og (Russo, et al., 2014)



Figur 79 Teoretisk tenkt om hvordan et tre kan ta opp CO<sub>2</sub> i løpet av sitt liv. Dette er laget som et scenario hvis ingen parametere for begrenset vekst er til stede. Figuren er laget i anledning med planting av 188 800 trær i «Sacramento Shade Program» (McPherson, Simpson, & USDA, 1999)



Figur 80 Potensielt gjennomsnittlig Karbonbinding per treart per år fra ulike arter basert på utregningene gjennom tørrdensitet. Tabell 15 er brukt. NB! Pisk vil ta opp vesentlig mindre, mens eldre fullvoksne trær vil binde opp vesentlig mer CO<sub>2</sub> enn vist i grafene. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011). Illustrert av: (Duus Carlsen)

	Karbon tatt opp $\left(\frac{kg C}{m^2}\right)$ per år	Gjennomsnitt av Karbonbinding $\left(\frac{kg Co_2}{m^2}\right)$ per år
Trær	3,14 – 14,1	0,78
Vegetasjon	3,85 – 5,58	0,41 – 0,62

Figur 81 Gjennomsnittlig karbonopptak og karbonbinding per kvadratmeter. (McGovern & Pasher, 2016) (Nowak, Greenfield, Hoehn, & Lapoint, 2013). Illustrert av: (Duus Carlsen)

### 5.4.1 Eksempel på utregning av fremtidig karbonbinding

Det er viktig å nevne at disse beregningene kan være feil, og det anbefales å utføre dem på egenhånd, og med lokale klimadata. All utregning og formler er hentet fra ulike forskningsartikler.

Utregning av karbonbinding til trær over bakken kan gjøres på to forskjellige måter. (McPherson & Peper, 2012) Den første er mer nøyaktig, og tar for seg karbonbindingen til hvert enkelt tre ved å utføre fysiske målinger av treets stammeomkrets i løpet av et år. Tilveksten til et tre varierer også ut ifra art og alder. I tabell 15 kan du se hvilken årlig gjennomsnittlig tilvekst som er målt på et utvalg av arter gjennom tidligere undersøkelser av karbonbinding Leipzig, Tyskland. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011) Det er også lagt til årlig tilvekst basert på årlig gjennomsnittlig tilvekst i Norske skoger fra 2015-2019 av gran, furu og løvtrær. Parametere for årlig tilvekst er også lagt til disse dataene. (Muukkonen, 2007) (Roloff, 2016) (Jenkins, Chojnacky, Heath, & Birdsey, 2003). (Russo, et al., 2014)

Formlene er hentet fra:

1. (Muukkonen, 2007)
2. (Russo, et al., 2014)
3. (Fransen, 2019)
4. (Nowak, Greenfield, Hoehn, & Lapoint, 2013)
5. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011)

$y$	Tre-høyde forutsetning i meter ut fra diameter på stammen
$y_0$ og $y_1$	Tre høyde forutsetning i meter ut fra diameter på stammen før og etter året
dbh	Diameter i brysthøyde 1,37m over bakken målt i centimeter
DH	Diameter på stammen 1 meter over bakken
$\beta$	Parametere fra (Muukkonen, 2007) og (Jenkins, Chojnacky, Heath, & Birdsey, 2003)
$H_i$	høydeinkrement
$H_2$	Høyden som treet har vokst
t	Tid på perioden som er målt
AGR	Vekstraten per år (cm/år)

Tabell 17 Tabell over variabler til utregning av vekstraten til et tre. (Russo, et al., 2014)

Navn på latin	Navn på norsk	Gj. vekstrate (cm per år)	tørddenistet ( $kg/m^3$ )
Ulmus glabra	alm	<1,33*	640
Fraxinus exelsior	ask	0,83-1,33*	650
Betula pendula	bjørk	<1,33*	604
Fagus sylvatica	bøk	<1,33*	680
Quercus robur	eik	0,70-1,33*	650
Prunus avium	kirsebærtre	0,52-1,33*	
Tilia cordata	lind	0,85-1,33*	490
Acer platanoides	spisslønn	0,48-1,33*	620
Alnus glutinosa	svartor	0,81-1,33*	510
Populus tremula	osp	<1,33*-1,59	463
Salix caprea	selje	0,81-1,33*	
Picea abies	gran	<1,71*	430
Pinus sylvestris	furu	<1,04*	490

Tabell 18 Gjennomsnittlig årlig tilvekst og tørrdensiteten.

\*basert på gjennomsnittlig årlig tilvekst i Norge mellom 2015-2019 der hvert forholdstall på volum er 74% og vanninnholdet i treet satt til 25% er trukket fra. Tilveksten i Norge er målt til høyere enn i resten av Europa. Den utregnede tilveksten er basert på den totale tilveksten i Norsk skog, og klima kan derfor være betydelig bedre enn i byene selv om vekstparametere for byer er lagt til i utregningen. (SSB: 06289, 2020) (Fransen, 2019) (Hysten, 2018) (McGovern & Pasher, 2016) (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011) (Næss & Lauvtrebruk, 2021)

Illustrert av (Duus Carlsen)

For å finne vekstraten må følgende formler benyttes i kronologisk rekkefølge:

$$y = \exp\left(\beta_0 + \beta_1 * \frac{dbh}{dbh + \beta_2}\right) \quad (1)$$

$$H_i = y_1 - y_0 \quad (2)$$

$$H_2 = (H_1 * n) + y_0 \quad (2)$$

$$AGR = \frac{(DH_1 * y_1 - DH_0 * y_0)}{t} \quad (2)$$

Etter vekstraten er funnet kan vi gå videre til hvordan vi beregner karbonbindingen til treet ut ifra hvor mye det har vokst.

Vekstraten per år (cm/år) multipliseres med tørrdensiteten ( $D_t$ )(kg/m<sup>3</sup>) og 0,01:

$$M_T = AGR * D_t * 0,01 \quad (3)$$

Deretter 50% pga. det er det mest vanlige karboninnholdet i trær. Vi ender da opp med karbonet treet har klart å ta opp:

$$C_{topp} = M_T * 50\% \quad (3)$$

Vi finner så forholdstallet mellom karbon og karbondioksid. Denne multipliseres da med karbonet treet er tatt opp for da å finne karbonbindingen på treet.

$$Rate_{\frac{CO_2}{C}} = \frac{44}{12} = 3,66 \quad (4)$$

$$Karbonbinding_{topp} = C_{topp} * Rate_{\frac{CO_2}{C}} \quad (3)$$

Videre kan man multiplisere antall trær man har sammen med dødsraten for så å finne det totale karbondioksidopptaket på et område i løpet av et år:

$$Total\ karbonbinding\ over\ bakken = Karbonbinding_{topp} * n_{trær} * q_{dødsrate} \quad (5)$$

Videre kan man bruke binomisk fordeling for å se sannsynligheten for mye karbonbinding vil ende opp med etter X antall år.

Fordel med denne utregningen er at den gir representative tall for karbonbindingen over bakken, men ikke nøyaktige tall. Den er også mindre tidkrevende fordi man ikke trenger å samle felldata, og kan gi en forventning på fremtidig vekst. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011)

Ulempen er at denne metoden ikke tar høyde for at karbonbindingen til trær kommer til å variere fra sesong til sesong. Hvis et tre dør, eller det er en annen dødelighetsrate på området blir ikke dataene som er regnet ut representative lengre. Det er også vanskelig å finne formler for forventet årlig vekst fordi dette må utføres på forhånd i det lokale området for å få riktige parametere. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011)

Den andre metoden vi kan bruke for å finne karbonbindingen til trær, er å beregne karbonbindingen per kvadratmeter trekrone. Dette er et nyttig verktøy ved kartlegging av karbonbindingen på etablerte områder gjennom flyfoto.

Metoden innebærer at man regner ut arealet på kronen til treet, og multipliserer den med kronens arealbaserte vekstrate. For da å finne bruttokarbonbinding, multipliseres svaret med 74% og forholdstallet med karbon 3,66. (McGovern & Pasher, 2016) (Nowak, Greenfield, Hoehn, & Lapoint, 2013)

$C_n$	Karbon fanget opp totalt beregnet på det totale
A	Areal på kronen
CRW	Kronens arealbaserte vekstrate
74%	Bruttokarbonbinding
3,66	forholdstallet mellom karbon karbondioksid

Tabell 19 Tabell over variabler for utregning av karbonopptak til et tre basert på kroneareal (McGovern & Pasher, 2016)

$$C_n = A * CRW * 74\% * 3,66$$

Hvis vi bruker dataene fra (McGovern & Pasher, 2016) der de beregner at CRW er 2,12 tonn karbon per hektar per år, får vi følgende data for karbon lagring til et tre hvert år:

$$C_n = 1 * \left(\frac{21200}{10000}\right) * 74\% * 3,66 = 5,741 \left(\frac{kg C}{m^2}\right) per \text{ år}$$

For å få et mer nøyaktig svar blir ofte disse dataene multiplisert med standard feil og avviket av hva et program estimerer er et tre for å raskt estimere karbonbinding på et stort område. Dette tar vi ikke med i våre beregninger i denne oppgaven.

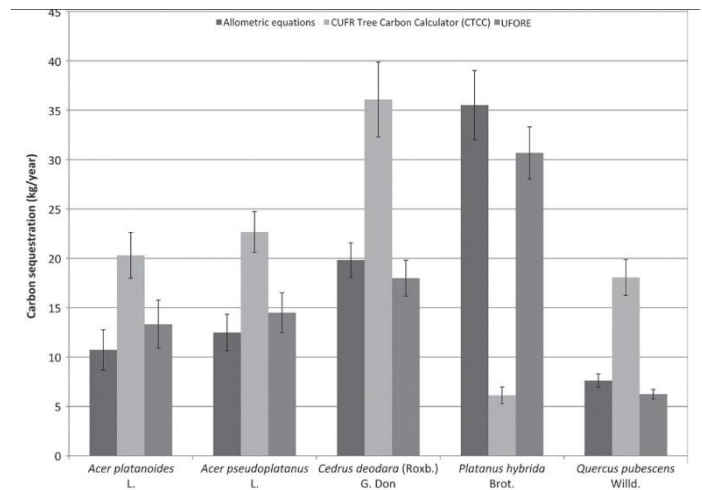
(Nowak, Greenfield, Hoehn, & Lapoint, 2013) fant ut at det gjennomsnittlige karbon opptaket fra byene i USA varierte med 3,14 til 14,1  $\left(\frac{kg C}{m^2}\right)$  per år ved bruk av denne metoden. I Seoul, Sør-Korea varierte karbon opptaket til busker og annen vegetasjon med 3,85 – 5,58  $\left(\frac{kg C}{m^2}\right)$  per år.

Videre i Europa fant de ut at hvert tre kun tok opp 6,82  $\left(\frac{kg C}{m^2}\right)$  per år i urbane byer med nærliggende bebyggelse og liten planteplass. I Spania ble det beregnet at hvert enkelt tre på en næringspark, tok opp 9,67  $\left(\frac{kg C}{m^2}\right)$  per år. (Nowak, Greenfield, Hoehn, & Lapoint, 2013)

Vi ser da at denne metoden for karbonbinding varierer stort i hvor mye hvert tre tar opp for hver kvadratmeter per år. Grunnen til dette er fordi de klimatiske forholdene og parameterne tatt for CRW varierer veldig fra område til område. Artene har også forskjellig karakteristisk utforming på kronen, noe som gjør at et tre kan ha et større bladareal enn hva som er beregnet fra flyfoto. I oppgavens periode ble det ikke funnet noen studie som baserer karbonbindingen per kvadratmeter for hver treart.



Det finnes også digitale programmer for utregning av karbonbinding. På grunn av at de er utviklet i USA er de en mindre nøyaktig måte å utregne karbonbindingen på ifølge en undersøkelse. (Russo, et al., 2014). *Tree Carbon Calculator*. (CTCC) og CUFR er et gratis programmer som kan lastes ned fra nett. Den er en rask måte å finne et estimat på karbonbindingen til et tre på, men ulempen med den er at den baserer seg på andre klimadata enn i Norge. (USDA, 2021). *Figur 84* viser hvilke verdier programmene gir på samme tre sammenlignet med utregning av karbonbinding gjennom den matematiske metoden. (Russo, et al., 2014)



*Figur 82* (Russo, et al., 2014)

### 5.5 Arkitektur og oppbygging av trekronen for best karbonbinding

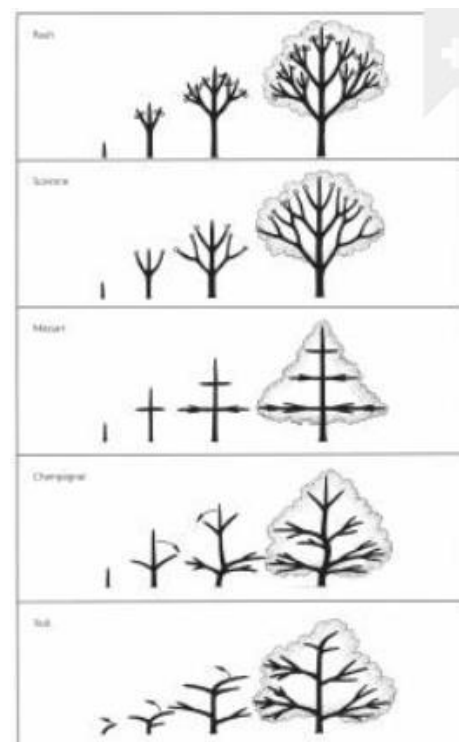
Strukturen på kronen er med på å bestemme bladarealet til treet. Desto større kronen er, desto flere blader kan treet få, og desto bedre er treet til å stoppe partikler og ta opp  $CO_2$  fra luften. Strukturen på kronen er ofte artsbasert, men kan formes til ønsket struktur på noen trær. (Pietzarka, 2016)

Ved forming av kronen fra det er et ungt tre (pisk) kan man forme de øverste skuddene slik at treet får den fasongen man ønsker når det blir voksent. Disse skuddene legger dermed grunnlaget for stammens karakteristiske trekk. Stammen kan være forgrenet, differensiert, eller ha en rytmisk vekst. Formen på skuddene fra stammen bør bestemmes ut fra hvor treet skal plantes. *Se figur 83*. Det er mulig å oppnå de fleste av de arkitektoniske formene på treet, men det beste er å la treet få bestemme sin egen form slik at det selv tilpasser seg de klimatiske forholdene. Når treet er ferdig utvokst, kan man forandre kronens gjennomtrengelighet og raten mellom stammen og kronens høyde. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016) (Roloff, 2016)

Gjentagelsesveksten til grenene øker med alderen, og avtar når det begynner å dø. De vokser ofte med sovende knopper, ny usiktete knopper eller reorienterer seg fra horisontale til vertikale grener.

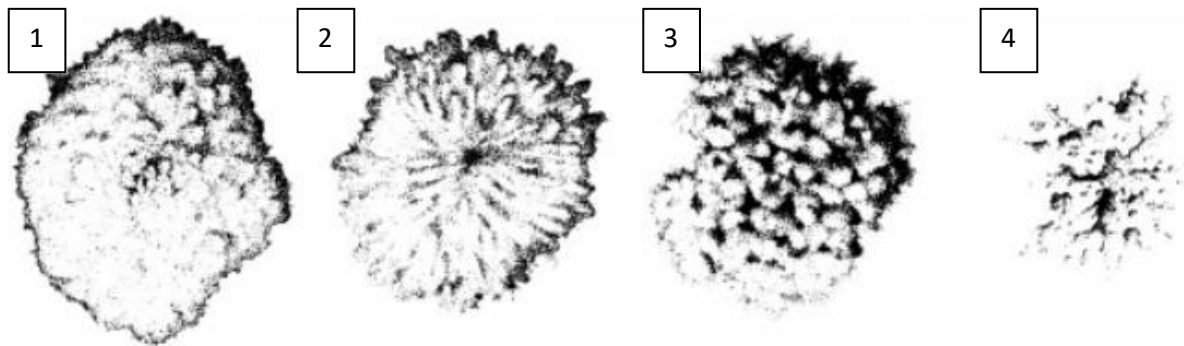
Det er mulig å se kronens tilstand gjennom flyfoto. *Se figur 84*. Livssyklusen til gjentagelsesveksten kan identifiseres i 4 stadier: (Roloff, 2016)

- 1. Utforskningsstadiet der skuddene vokser raskt
- 2. Degenereringsstadiet der skuddene vokser moderat
- 3. Stagneringsstadiet der skuddene har minimal vekst
- 4. Gjentagelsesstadiet der skuddene nesten ikke vokser i det hele tatt



*Figur 83* Bildene viser hvordan man kan få skuddene på stammen til å vokse slik at man får en ønsket arkitektoniske kroneform fra stammen. (2016)

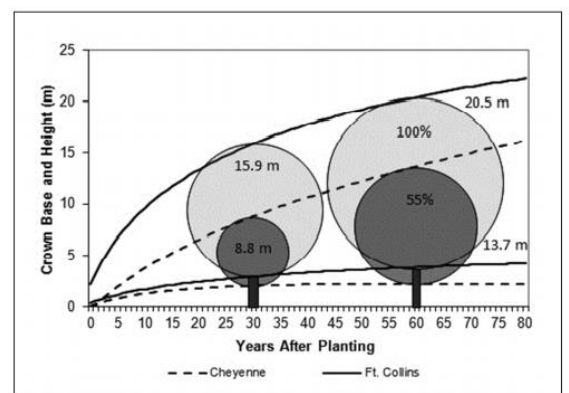
Hvis et tre når nivå 3,5 er det anbefalt å bytte treet. Det vil bidra til mindre karbonbinding desto høyre nivå på gjentakelsesvekst det har.



Figur 84 De 4 livsstadiene til et tre sett fra flyfoto. Nettokarbonbinding på de ulike nivåene er som følger: nivå 1=1, nivå 2=0,75, nivå 3=0,42 og nivå 4=0,15 prosent av original karbonbinding. (2016) (McPherson & Peper, 2012)

Hvis treet får negative klimatiske endringer eller skader kan gjentakelsesveksten bli traumatisk. Da vil kronen få en stagnerende vekst der det dannes lite bladareal. Kronen til treet kan også tilpasse seg plutselige miljøforandringer på en positiv måte ved å produsere en større krone. Dette er vanlig hvis et tre får større plass rundt seg, enn det hadde. Det vanligste er at trær har både en tilpassende og traumatisk vekst gjennom livssyklusen sin. (Roloff, 2016)

Løvtrær slutter ofte å produsere lange loddrette skudd når det har nådd sin maksimale høyde, og går deretter over til å produsere flere korte skudd for å spare energi. Balansen mellom lange og korte skudd styres etter energien den har tilgjengelig fra jorden og solen. Løvtrær konkurrerer alltid om sollys og luftrommet for ikke å bli utkonkurrert av andre høyere trær. Det er derfor viktig å tenke langsiktig på hvor bredd kronen vil bli over tid. (Roloff, 2016)



Figur 85 en undersøkelse på kroneveksten på samme tre mellom byene Cheyenne og Ft. Collins tyder på at kronen til trær i områder med mye vind og dårligere værforhold blir 55% av størrelsen til trær i bedre vind og værforhold. Det samme gjelder i områder hvor jorden holder dårligere på vann. (McPherson & Peper, Urban Tree Growth Modeling, 2012)

Ved mye vind bør kronen av og til være lavere enn vanlig. Det gir mindre vindlaster på treet slik at det er mindre fare for at det velter, men det kan redusere bladarealet og karbonbindingen. Mye vind og slagregn fører også til at trær ikke vokser like raskt som i mindre vindutsatte områder. *Se figur 85.* (Pietzarka, 2016) (McPherson & Peper, Urban Tree Growth Modeling, 2012)

### 5.5.1 Kutting av trær

Hvis trær ikke kuttes og vedlikeholdes riktig vil dette påvirke kroneveksten. Kutting av grener gir sår, og hvis det begynner å råtne i såret kan man ikke reparere disse skadene, men man kan forhindre at det skjer ytterligere skader. Noen arter klarer lett å reparere sår mens andre er mer sårbare. *Se tabell 18.* (Pietzarka, 2016)

Kronevedlikehold er fjerning av døde, syke eller skadete greiner. Dette kan gjøres når som helst på året fordi det ikke skader treet. Beskjæring er også en form for vedlikehold som bør gjøres tidlig på uønskede grener. Beskjæringen av trær gjøres til ønsket størrelse er nådd. Det gir treet lengre levetid. (Pietzarka, 2016)

Kronereduksjon er kutting av grener mellom 5-10cm i diameter som har risiko for å falle. Man kan unngå å måtte redusere kronen ved å sikre en ønsket form på kronen når treet enda er ungt. Hvis en reduksjon av kronen må utføres på grunn av feil utvekst kan dette gjøres i vokseperioden mellom mai og september. Hvis reduksjonen utsettes til slutten av sesongen kan sol ødelegge barken på treet og frost kan ødelegge åpne vev. Det bør også unngås kronereduksjon hvis treet er stresset. (Pietzarka, 2016)

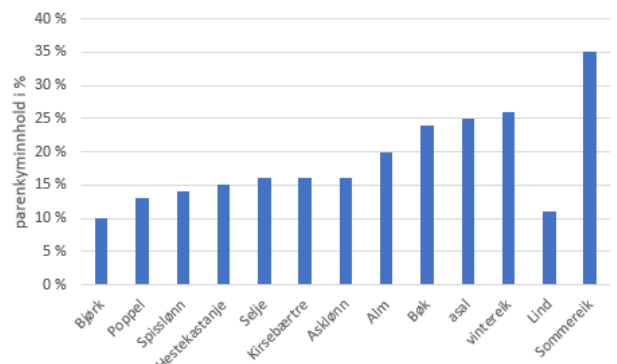
Hvis treet inneholder mer parenkym enn 20% har den en God evne til å helbrede sår. Se figur 88. På disse artene er lettere å trimme kronen fordi de gir en rask gjentakende vekst.

Hvis man er uheldig og kutter treet feil, eller at såret blir infisert, kan det begynne å gro sopp i såret. Hvis denne soppen får tatt seg inn i vevet kan dette føre til redusert vedproduksjon eller vannopptak. I verste fall fører dette til tidlig død. Derfor er det viktig å skaffe seg kunnskap på hvordan man kutter ulike typer trær. (Pietzarka, 2016)

Det som påvirker treet's reaksjon etter kutting er kuttetystemet, intensiteten av kuttingen og datoen det kuttes på. Derfor er den beste løsningen å lage en vedlikeholdsplan og planlegge en ønsket fasong på treet i forkant for å sørge for at man utfører kuttingen riktig. På denne måten unngår man uønskede hendelser og en tidlig død av treet på grunn av feil eller for mye kutting. (Pietzarka, 2016)

Svake helbredere av sår etter kutting	Effektive helbredere av sår etter kutting
Hestekastanje ( <i>Aesculus</i> )	Furu ( <i>Pinus</i> )
Villeple ( <i>Malus</i> )	Valnøtt ( <i>Juglans</i> )
Lønnetre ( <i>Acer patanoides, negundo, saccharinum</i> )	Lønnetre ( <i>Acer rubum, saccharum, campestre</i> )
Bjørk ( <i>Betula</i> )	Eik ( <i>Quercus</i> )
Poppel ( <i>Populus</i> )	Lind ( <i>Tilla</i> )
Kirsebærtre ( <i>Prunus</i> )	Kastanje ( <i>Castanea</i> )
Selje ( <i>salix</i> )	Alm ( <i>Ulmus</i> )
Ask ( <i>Fraxinus</i> )	Bøk ( <i>Fagus</i> )
Tuja ( <i>Thuja</i> )	Agnbøk ( <i>Carpinus</i> )
Hemlokk furu ( <i>Tsuga</i> )	Barlind ( <i>Taxus</i> )

Tabell 20 Liste over noen utvalgte trær som effektivt helbreder sår etter kutting. (Pietzarka, 2016)



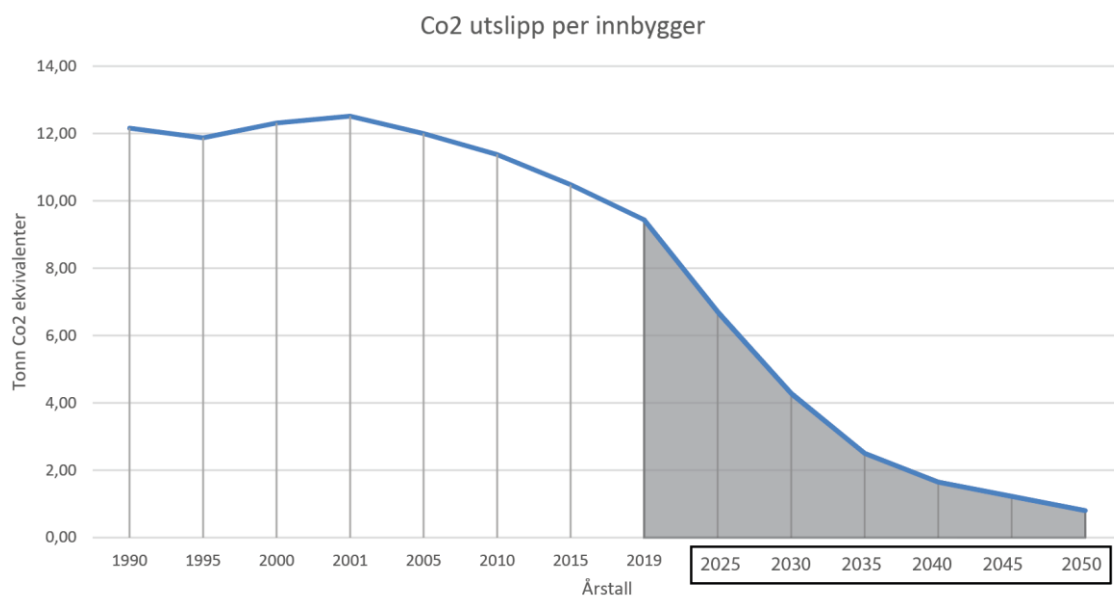
Figur 86 Parkym-innhold til trær i prosent. (Pietzarka, 2016). Hentet fra (Roloff, et al., 2016). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

## 5.6 Sammenlikning av karbonbinding til trær mot reduksjon i klimagassutslipp og alternativ bruk av areal

Til sammenlikning av hvor godt trær kan ta opp  $CO_2$  i luften bruker vi funnene fra *kapittel 5.4*. De høyeste målingene for karbonbinding til et tre lå på 14,06 kg  $CO_2$  i gjennomsnitt per tre. Hvis vi tar gjennomsnittet av karbonbindingen av alle treartene får vi at et tre i en næringspark vil ta opp rundt 10,5 kg  $CO_2$ . For hver kvadratmeter krone bruker vi at et tre kan ta opp 0,78 kg  $CO_2$ -ekvivalenter som et gjennomsnitt.

Hvis vi deler det totale utslippet på befolkningen som er på rundt 5,4 millioner ser vi at hver innbygger i Norge slipper ut ca. 9,44 tonn  $CO_2$ -ekvivalenter i 2019. Dette er en nedgang med 3,1 tonn siden 1990 og en befolkningsvekst på 1,09 millioner på 30 år. (SSB: 08940, 2020) (SSB: 07459, 2021)

I Norge vil det bo rundt 6 millioner i 2030 og i 2050 rundt 6,4 millioner. (SSB, 2016) Samtidig vil også regjeringen senke det totale utslippet av klimagasser til 2,57 millioner tonn  $CO_2$ -ekvivalenter for 2030 og 0,51 millioner tonn  $CO_2$ -ekvivalenter. Hvis Norge får til denne trenden vil  $CO_2$ -ekvivalent utslippet per innbygger i Norge ligge på 9,44 tonn  $CO_2$  per innbygger i 2019, 4,29 tonn  $CO_2$  per innbygger i 2030 og 800 kg  $CO_2$  i 2050. *se figur 87*.



Figur 87 Forventet befolkningsantallet delt på målet av totalt klimagassutslipp fra 1990 til 2050. (SSB: 07459, 2021) (SSB: 08940, 2020) (Regjeringen 1, 2019) (SSB, 2016). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

For å dekke klimagassutslipp for en person trengs 899 stk. by-trær, eller 12,1 dekar med tretoppkroner sammenlignet med utslippet i 2019. Sammenlignet med 2030 vil det være bruk for 409 by-trær eller 5,5 dekar med tretoppkroner. I 2050 vil vi trenge kun 77 trær og 1031 kvadratmeter med tretoppkroner.

Trær bidrar dermed i dag lite til å begrense dagens utslipp per person, men kan ha en større rolle i fremtiden ved å binde til seg  $CO_2$  fra luften.

Gjennomsnittlig kjørelengde for en personbil var 11 953 km i 2019. En personbil er estimert til å slippe ut 123 g  $CO_2$  per kilometer. Det gjør at en personbil slipper ut rundt ca. 1470 kg i året. (miljødirektoratet 9, 2020) Det vil da føre til at vi må plante 140 trær, eller 1885 kvadratmeter med treetoppkroner for å dekke over det årlige utslippet til et fossildrevent kjøretøy.

I 2030 er det antatt at andelen elbiler vil øke med 40%, så hvis vi beregner at den totale kjørelengden for personbiler er den samme vil antall kilometer med en fossildreven bli redusert. Det vil da trenge 56 trær, eller 754 kvadratmeter med trær for å dekke over en fossildreven personbil i 2030.

Et tak med solcellepanel som produserer over 4000 kWh/år reduserer klimagassutslippet fra energiproduksjon med 0,128 kg  $CO_2$ -ekvivalenter per kilowatttime på verdensbasis. (Lindahl & Kristiansen, 2017)

Et solcellepanel i Stavanger er beregnet å produsere 120kWh/m<sup>2</sup> per år i gode forhold. Det tilsvarer en reduksjon i alternativ energioppsamling på 15,36 kg  $CO_2$ -ekvivalenter per kvadratmeter i året på verdensbasis. (Joudavi & Rahimi, 2020) Det betyr at en solcelle vil være nesten 20 ganger bedre til å redusere  $CO_2$  ekvivalenter i atmosfæren, sammenlignet med hva et tre klarer å binde til seg.

Norsk elektrisitetsmix er på rundt 47g  $CO_2$  per kWh ifølge (Lindahl & Kristiansen, 2017). Det betyr at et tre på en næringspark tar opp den samme mengden  $CO_2$ -ekvivalenter som det slippes ut av å produsere 16,6 kWh i løpet av et år. 16,6 kWh tilsvarer 37,8 dager med strøm til et kjøleskap som bruker 160kWh.

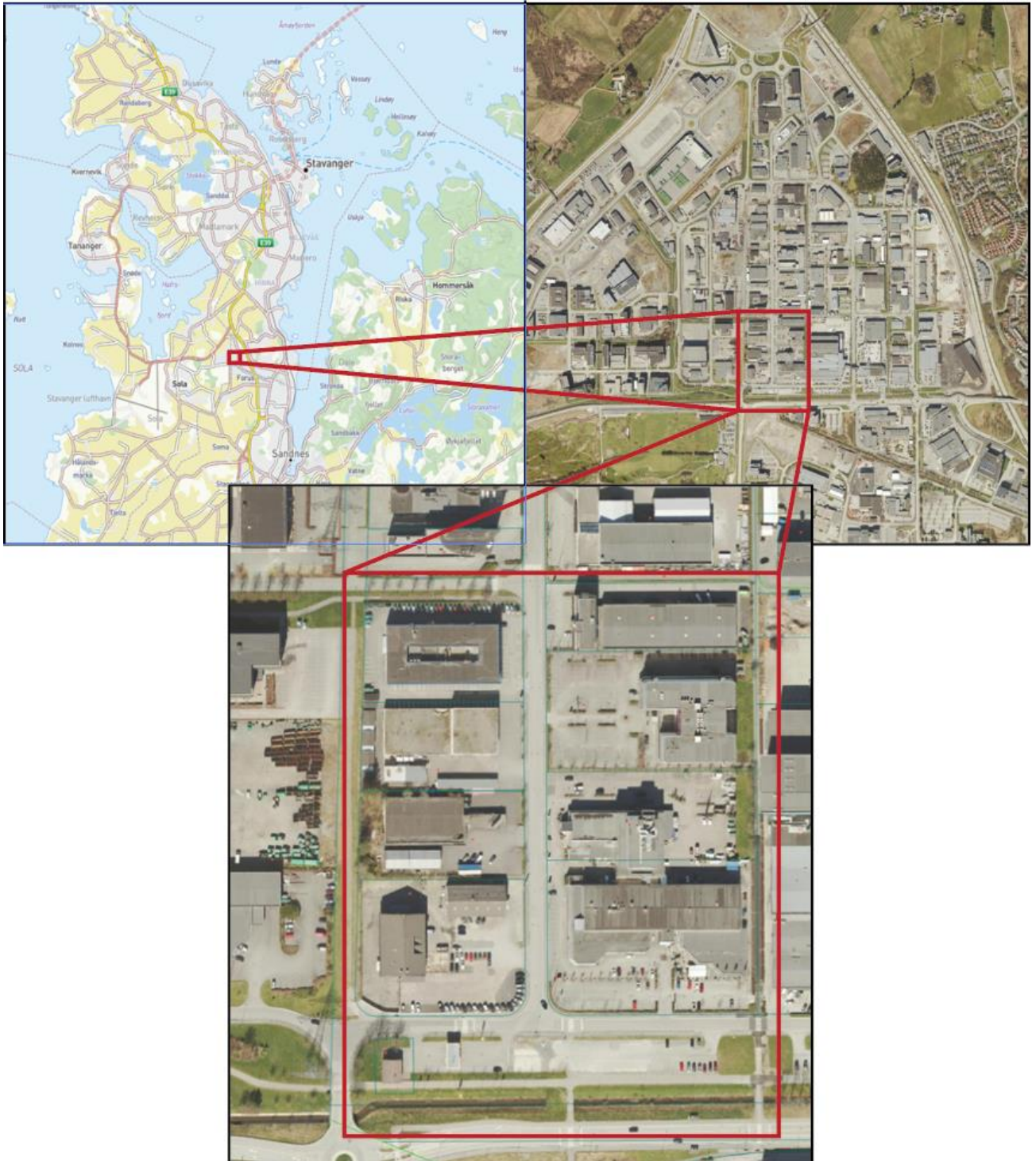
Hvis vi for eksempel forandrer adferden vår og reduserer eget matsvinn kan vi spare 1,524 millioner tonn  $CO_2$ -ekvivalenter frem mot 2030 i Norge ifølge miljødirektoratet. Dette er et tiltak man selv kan spare penger på. (miljødirektoratet 5, 2021). Til sammenlikning må Norge plante over 145 millioner trær for å være i nærheten av karbonbindingen som kreves.

I klimaregnskapet til SSB og miljødirektoratet er ikke utalandske flyreiser tatt med. En flyreise til og fra Oslo-Barcelona slipper ut ca. 2,5 millioner kg  $CO_2$ -ekvivalenter. For å dekke over flyreisen din trenge det å plantes opptil 238 095 by-trær for å ta opp utslippet av hele reisen. Ved å fly mindre reduserer du dermed ditt personlige klimagassforbruk mer effektivt enn å plante ett tre i en næringspark. (miljødirektoratet 5, 2021)



## 6 Eksempelområde. Beregninger av partikkelfangst og karbonbinding på et fysisk område

Eksempelområdet er tatt med som en oppsummerende del av hvordan partikkelfangst og karbonbinding kan beregnes på et fysisk område. Området som er valgt er tatt fra Forus vest i Stavanger kommune. Adresse Traktorveien 3. Området er 250mX320m og utgjør 8 hektar.



Figur 88 Oversiktskart av eksempelområde (Kartverket, 2021). Illustrasjon: (Duus Carlsen)



## 6.1 Gjeldende planer, bestemmelser og forskrifter

Gjeldende planer og forskrifter er oppført i følgende veiledere, bestemmelser og planbeskrivelser:

- KPA 2019-2034 Bestemmelser og retningslinjer
- KPL-1103 planbeskrivelse og plankart
- Interkommunal kommuneplan for Forus 2019-2040
- Vegnorm for Sør-Rogaland (Rogaland Fylkeskommune, 2020)
- N100 Veg og gateutforming (Statens Vegvesen N100, 2019)
- N200 Vegbygging (Statens Vegvesen N200, 2018)
- V271 Vegetasjon langs veg og gatemiljø (Statens Vegvesen V271, 2016)
- Gatennorm for Stavanger (Stavanger Kommune, 2021)

### 6.1.1 Kommuneplan KPL-1103, KPA 2019-2034 og IKDP Forus

Oppført i kommuneplan KPL-1103 er arealformålet på området næringsvirksomhet og kjøpesenter. Vest for området er det markert en sikringszone for en høyspentledning som vi ikke beregner er med på området i disse beregningene for å ha muligheten til å plassere ut flere trær. (Norkart AS, 2021)

Parkeringskrav til kjøretøy på Forus er bestemt i bestemmelsene at skal følge en egen parkeringsnorm i egen plan. Denne planen er fortsatt til tillegghøring per vår 2021. (Stavanger kommune 3, 2021). I denne høringen er det vedlagt at planområdet skal ha maks 0,9 bilplasser per 100kvm BRA, og minimum 0,5 sykkelparkeringer per 100kvm BRA. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2021)

5% av bilparkeringene skal være tilrettelagt bevegelsehemmede, minst 10% skal ha lademulighet, og minst 50% skal være tilrettelagt for ladning i fremtiden. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2021)

Sykkelparkeringene skal være under tak, og ha mulighet for å kunne bli låst og ladet. Minst 5% skal være gjesteparkeringer nær innganger og minst 5% skal tilrettelegges større sykler. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2021)

Rundt elven på den sørlige delen av området kan det ikke bygges bygninger for at det skal ta vare på flomkapasiteten. Se H320. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2021)



Figur 89 Plankart over planområdet hentet fra kommuneplaner PBL 2008. H2 – reguleringsplan over Tvedt senteret, KJ2-reguleringsplaner for Koppholmen. H320 – Flomfare, H810\_1 - krav om felles planlegging. Fargekoder: lilla – Næringsbebyggelse, hvite og gule striper – kombinert bebyggelse og anleggsformål, grønn – grønstruktur, brun – kollektivnett. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2011)

I H 810\_1 kommer en ny felles detaljreguleringsplan mellom flere grunneiere som torg, vannkanaler, og en urban akse med sykkel og gangsti. Dette vil ikke bli tatt med i dette eksempelområdet siden denne detaljreguleringen ikke er ferdigstilt. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2021)

## 6.2 Eksisterende forhold

På næringsparken i dag er det for det store grå åpne parkeringsplasser og lagringsplasser til avfall. Næringsparken har alt fra store lager- og kontorbygg, til butikklokaler og bilforhandlere. Kontorbyggene på området varierer mellom 2 til 5 etasjer, og er høyere enn butikklokalene som ligger mellom 1 til 3 etasjer. Rundt lokalene er det også mangel på oppmerking av parkeringsplasser, og større områder blir også brukt til alternative lagringsplasser av avfall ifølge flyfoto fra Norgeskart 2021. (Kartverket, 2021)

Infrastrukturen på området er mest tilrettelagt for biler, men det er også flere gang og sykkelstier langs veiene. Mellom parkeringsplassene og lokalene strekker det seg en bilvei med fotgjengerfelt. Øst i området er det også en sykkelvei som går fra Traktorveien i sør til Fabrikkveien i Nord. Nærmeste kollektive busstopp ligger litt over 300m øst for området.

Området er nesten helt flatt, og varierer kun med 0,5m fra høyeste og laveste punkt. Siden området er åpent er det sårbart for at vind kan transportere partikler over lengre avstander, men det har også gode muligheter for bruk av solceller på tak.

### 6.2.1 Areal tilgjengelig

Arealet er målt opp via flyfoto i AutoCAD. Her er arealfordelingen gitt for å være følgende:

- **Området totalt = 320mX150m =48 000m<sup>2</sup> (100%)**
- **Alle bygninger = 14886m<sup>2</sup> (31%)**
- **Infrastruktur = 8889m<sup>2</sup> (18,5%)**
  - o Inkludert Bilveier, gang- og sykkelstier
- **Parkering = 12200m<sup>2</sup> (25,4%)**
- **Annet**
  - o **Grønne areal = 4121m<sup>2</sup> (8,6%)**
  - o **Lagerplasser, eller ingen bruk = 7904m<sup>2</sup> (16,5%)**

Områder vi er sikre på at vi kan plante trær og busker på utgjør arealet fra parkering og annet. Det betyr at vi har 24225m<sup>2</sup> (50,5%) til rådighet til grønnsstruktur.

Siden vi ikke er sikre på om at takene kan holde vekten til trær kan dette arealet alternativt bli brukt til grønne tak, eller solceller. For solceller på tak beregner vi at 80% av bygningsarealet kan bli benyttet minus noen tekniske installasjoner på noen av takene. Dette fører til at vi har et areal på 11130m<sup>2</sup> (23,1%) til rådighet.

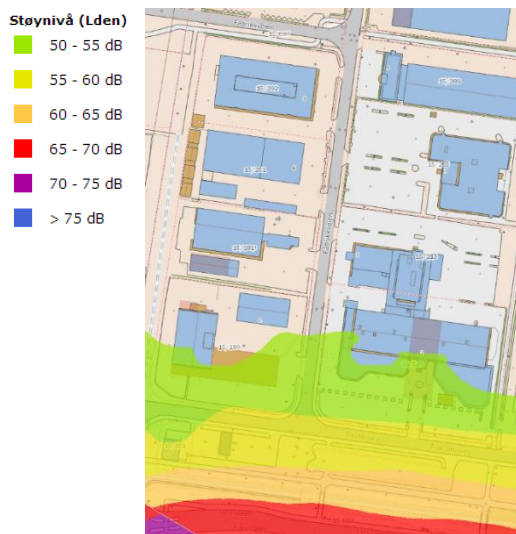
### 6.2.2 Støy

Området har generelt liten støy. Det meste av støyet kommer fra lokalveien Forusbeen sør for området. *Se figur 90* (miljøstatus, 2021)

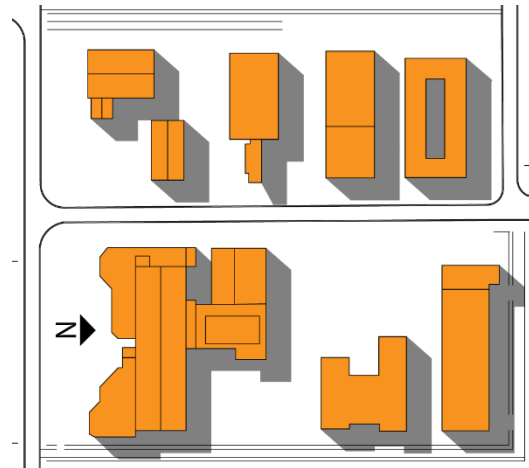
### 6.2.3 Solforhold

Bygningene er mellom 1 til 5 etasjer. Avstanden mellom byggene er så store at det ikke legger skygge på fasaden til nabobygget. På grunn av den geografiske posisjonen er solforholdene dårlige på våren og høsten. Det gjør at det er lite gunstig å plassere grønne vegger og trær på de nordvendte fasadene.

Ingen tak på området blir skyggelagt av terreng eller andre bygninger. Ifølge en masterstudie utført av (Joudavi & Rahimi, 2020) kan vi da bruke årlig kWh per kvm for Stavanger til å være 120kWh per kvm.



Figur 90 Støynivå (miljøstatus, 2021)



Figur 91 Visualisering av kveldssol på området. bildet er kun ment som en illustrering av hvordan skyggen legger seg. Illustrert av (Duus Carlsen)

### 6.2.4 Grunnforhold

Området består primært av elv og breavsetninger. Denne typen løs masse stammer fra avsatt materiale fra istiden, og er en blanding av organisk masse, sand, steiner og blokk. Dette skyldes at isen i tidligere tid har flyttet på masser fra flere steder. (Klakegg, 2017)

Ifølge undersøkelser av NGU har elve- og breavsetninger stor porøsitet og permeabilitet. Det betyr at jorden har en god evne til å transportere vann. Det kan da egne seg å velge planter som kan raskt ta opp vann, og lagre på vann over lengere tid. (Norges Geologiske undersøkelser, 2021)

Fyllmassene stammer fra en gammel flyplass og består av knuste steinmasser. I dag er meste av denne massen blitt bygget oppå av nyere bebyggelse og infrastruktur. (Norge i Bilder, 2021) (Norges Geologiske undersøkelser, 2021)

- Løsmasser
- Elve og breavsetning
  - Fyllmasse
  - Torv og myr



Figur 92 (Norges Geologiske undersøkelser, 2021)

Enkelte steder er det også torv og myr i grunnen. Dette er oksygenfattig jordmasser. (Norges Geologiske undersøkelser, 2021)

#### 6.2.5 Historisk bruk

Ifølge historiske flyfoto har området blitt brukt til jordbruk siden før 1937. I andre verdenskrig ble det bygget en flyplass over vestsiden av området. Det har ført til noen ødeleggelser og forurensning av jordforholdene. Etter 1993 viser flyfotoene at det meste av bebyggelsen vi kjenner til i dag er bygget. Det tyder på at området har blitt forurenset av veitrafikk i over 30 år. (Norge i Bilder, 2021)



Figur 93 Flyfoto fra 1937 og 1993 (Norge i Bilder, 2021)

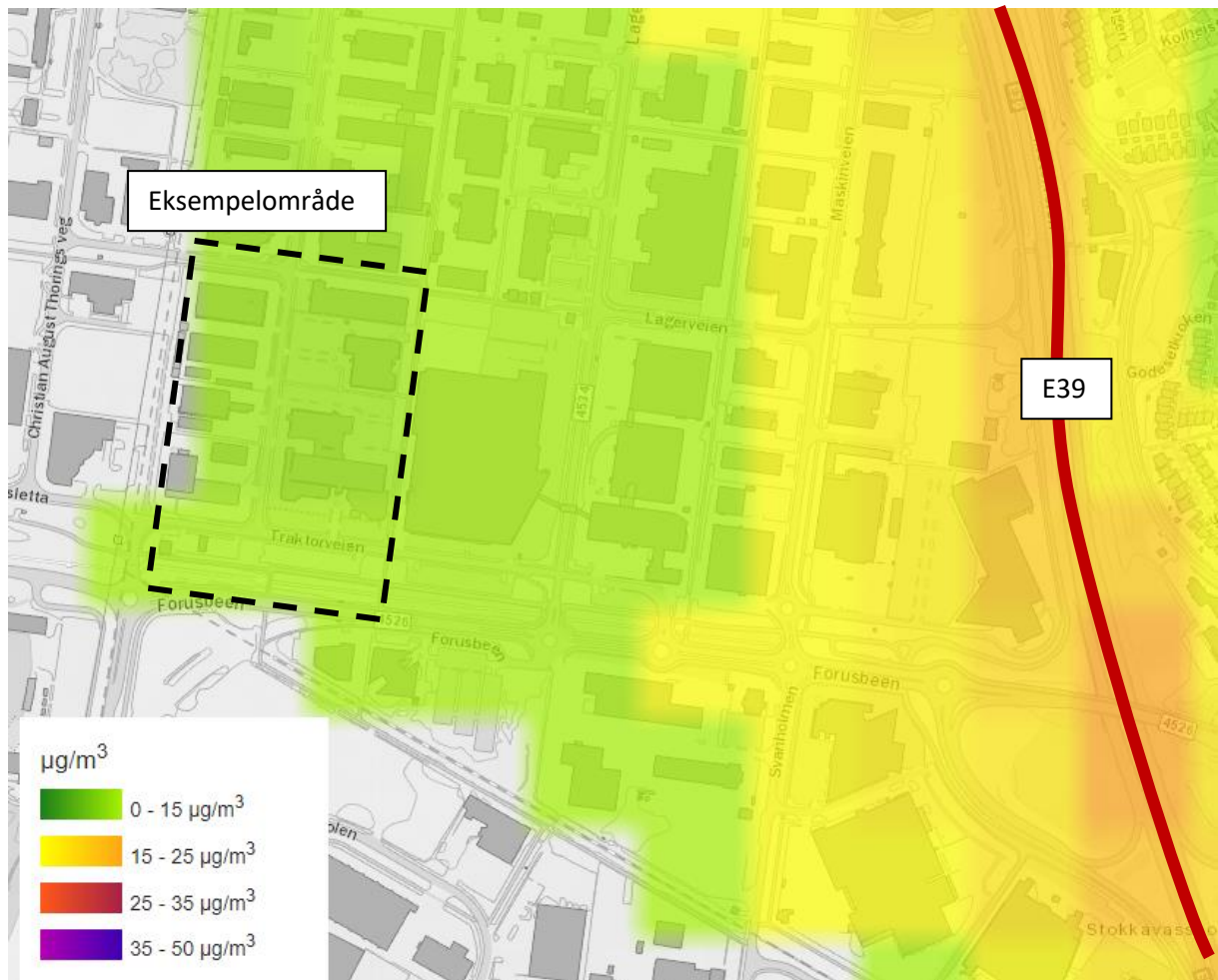
#### 6.2.6 Lokal luftforurensning og klimagassutslipp

Den lokale luftforurensningen kommer primært fra veitrafikken og langtransporterte partikler fra nærliggende industri og boligbebyggelse.

Det er ingen statistikk over hvor mange som bruker de lokale veiene, men veien inn til området har en ÅDT fra 5900 til 12 500. Over en kilometer slipper denne veitrafikken fra 755,2 til 1 600kg  $CO_2$ -ekvivalenter hver dag. (Statens vegvesen 2, 2021). Til sammenlikning har E39 en ÅDT på 56300. Det vil si et daglig utslipp på 72 306,4kg. (miljødirektoratet 10, 2019)

Luftkvaliteten ifølge miljødirektoratet ligger mellom  $0-25\mu g/m^3$  gjennomsnittlig hele året. Dette tallet vil nok være mye høyere på travle dager. De metrologiske forholdene vil også påvirke luftkvaliteten siden den er i nærheten av E39. (miljødirektoratet. et.al 9, 2021)





Figur 94 Kart over årsmiddelutslippet av luftforurensende gasser i og rundt området i perioden 2016-2019. (miljødirektoratet. et.al 9, 2021). Redigert av (Duus Carlsen)

### 6.2.7 Lokalt arts mangfold

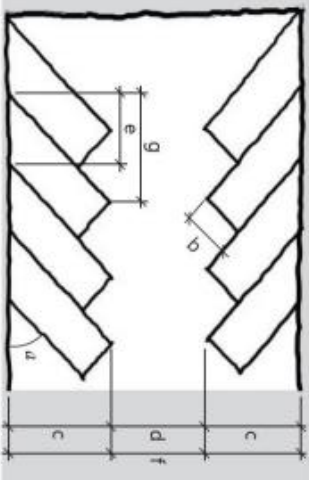
På området er alle trær blitt plantet av mennesker. Dette er trær som Or, Asal, Barlind, Rogn og Lønn. Ved elvekanten og noen Deler av arealet som ikke blir benyttet på området vokser det gran, bjørk og noen fremmedartet planter. Dette er generelt planter som tåler jordforhold med dårlig infiltrasjonsevne.

Området har i dag et lite arts mangfold med trær, og flere av trærne viser tegn til stress. Årsaken til dette kan være mange, men de er mest sannsynlig forårsaket av saltsprut eller komprimert jord og liten plass til å spre røtter.

## 6.3 Dimensjonering av eksempelområdet

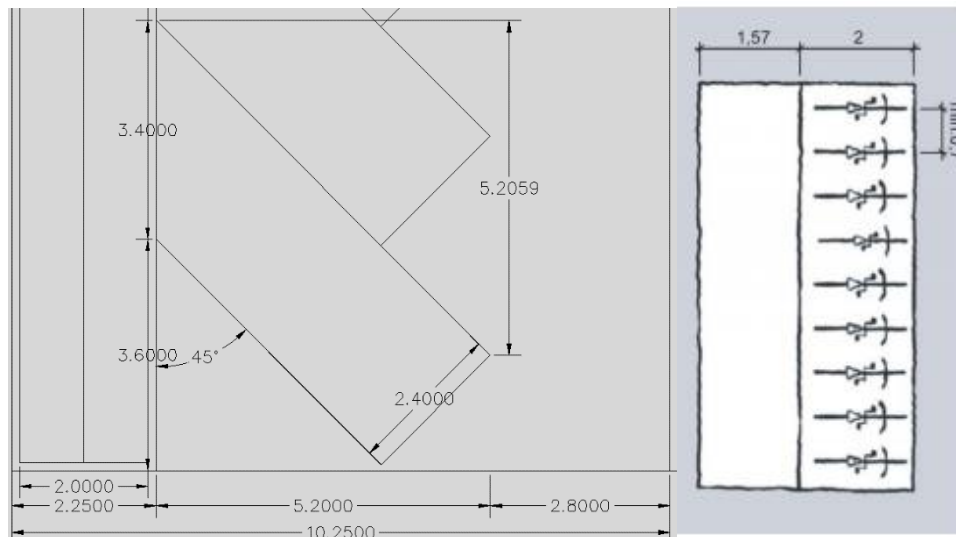
### 6.3.1 Dimensjonering av parkeringer og beplantning

I N100 (2019) og Bestemmelsene for Stavanger 2019-2034 stilles det krav til hvordan målene på parkeringsplassene skal dimensjoneres. I denne oppgaven tar vi forbehold i at de vanlige bilparkeringene og sykkelparkeringene dimensjoneres slik som på figur 95 og 96. Handicapp parkeringer er satt til å være minimum 4,5X5m, og plass til laste-sykler 1,2X2,7m. (Stavanger Kommune 1, 2019) (Statens Vegvesen N100, 2019)



$\alpha$ [°]	b [m]	c [m]	d [m]	e [m]	f [m]	g [m]	Areal pr. plass når 10 plasser anlegges [m <sup>2</sup> ]	Areal pr. plass når 100 plasser anlegges [m <sup>2</sup> ]
45	2,30 "	5,2	2,8	3,2	13,2	5,2	27,9	21,9
60	2,30 "	5,5	4,0	2,7	15,0	3,2	24,7	20,4
90	2,30 "	5,0	7,0	2,3	17,0	2,3	19,5	19,5
45	2,40	5,2	2,8	3,4	13,2	5,2	29,4	23,2
60	2,40	5,5	3,8	2,8	14,0	3,2	25,3	21,1
90	2,40	5,0	6,5	2,4	16,5	2,4	19,8	19,8
45	2,50	5,3	2,8	3,5	13,4	5,3	30,6	24,3
60	2,50	5,6	3,5	2,9	14,7	3,2	25,8	21,6
90	2,50	5,0	6,0	2,5	16,0	2,5	20,0	20,0

Figur 95 Dimensjoner hentet fra N100 (Statens vegvesen, 2019)



Figur 96 Illustrasjon av hvordan 45 graders parkering er dimensjonert og 90 grader sykkelparkering. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

BRA er regnet til å være 30183kvm gjennom gateoversikt i google maps (2021).

Parkeringene med mulighet for landing er tenkt å være like store som vanlige fossilbilparkeringer. Vanlige ladere i dag er små, og kan plasseres på en pøle. Derfor er det tenkt at parkeringen ikke trenger større plass.

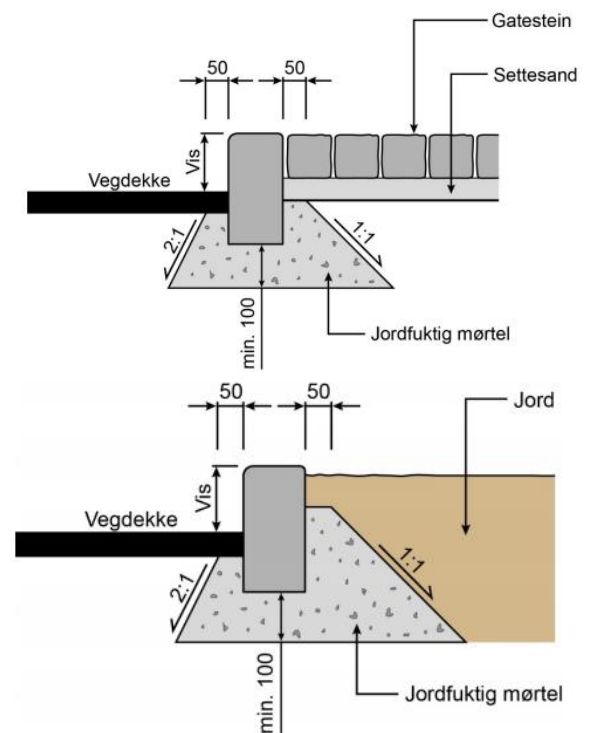


	Andel	Parkeringsfaktor per 100m <sup>2</sup> BRA	Minimum antall parkering	Maksimum antall parkering
<b>Total bilparkering</b>	<b>100%</b>	<b>0,3-0,9</b>	<b>91</b>	<b>272</b>
Fossilbil Parkering	45%	--=--	40	122
Elektriskbil Parkering med lader	50%	--=--	46	136
Tilrettelagt personbilparkering	5%	--=--	5	14
<b>Total sykkelparkering</b>	<b>100%</b>	<b>0,5</b>	<b>151</b>	
Sykkelparkering	95%	--=--	143	
Stor sykkelparkering	5%	--=--	8	

Tabell 21 Tabell over antall parkeringsplasser beregnet ut ifra bestemmelser fra Stavanger kommune og IKDP Forus. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2021) (Stavanger kommune 3, 2021)

I N200 og vegnormen for Sør-Rogaland kreves mål til kantstein langs kjørebanelen. Se figur 99. Disse er brukt på vegetasjonsbarrieren langs veiene. Selve kantsteinen har en fas på 20mm, og er 125mm bred og 250mm høy. Fra topp av asfalt og topp kantstein er det 130mm. På parkeringsplasser kan det legges kantsteiner 20mm over toppen av asfalten. Kantsteinen kan også være heller. (Statens Vegvesen N200, 2018) (Rogaland Fylkeskommune, 2020)

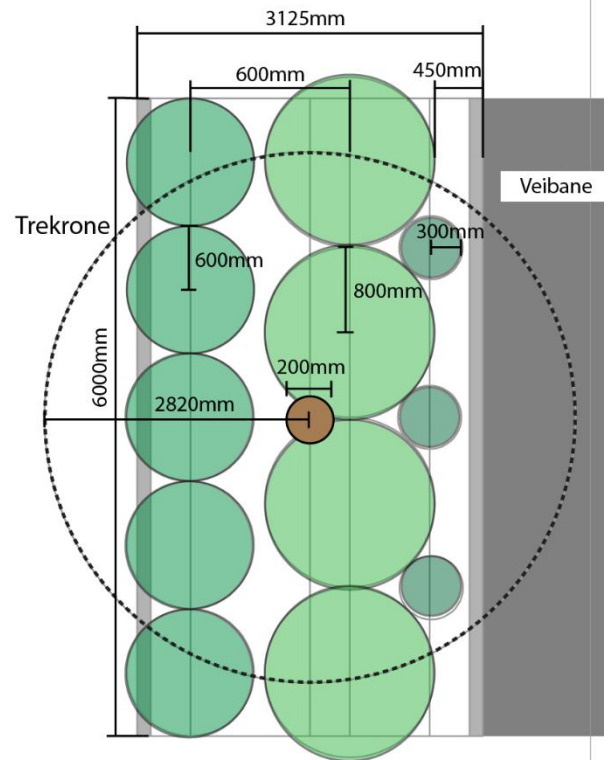
I N200 kreves det også at busker får minst 40cm vekstjord. For trær har Stavanger kommune satt krav på vekstjord på minimum 60cm. I denne oppgaven har det blitt brukt sammenhengende bed med en bredde på mellom 2 til 3m for å sikre plass til busker og tilførsel av oksygen til jorden. Dybden på vekstjorden er minst 1m, hvor av de nederste 40cm består av undergrunns jord. Dette sørger for et rot volum over 16m<sup>3</sup> per tre. Et rotvennelag-forsterkningslag er plassert vekk fra vegbanen for å sikre at trærne brer røttene sine vekk mot veibanen. I Stavanger er det også et krav om at gatetrær har vanning og luftrør. Se figur 99 og 100. (Stavanger Kommune, 2021) (Statens Vegvesen N200, 2018)



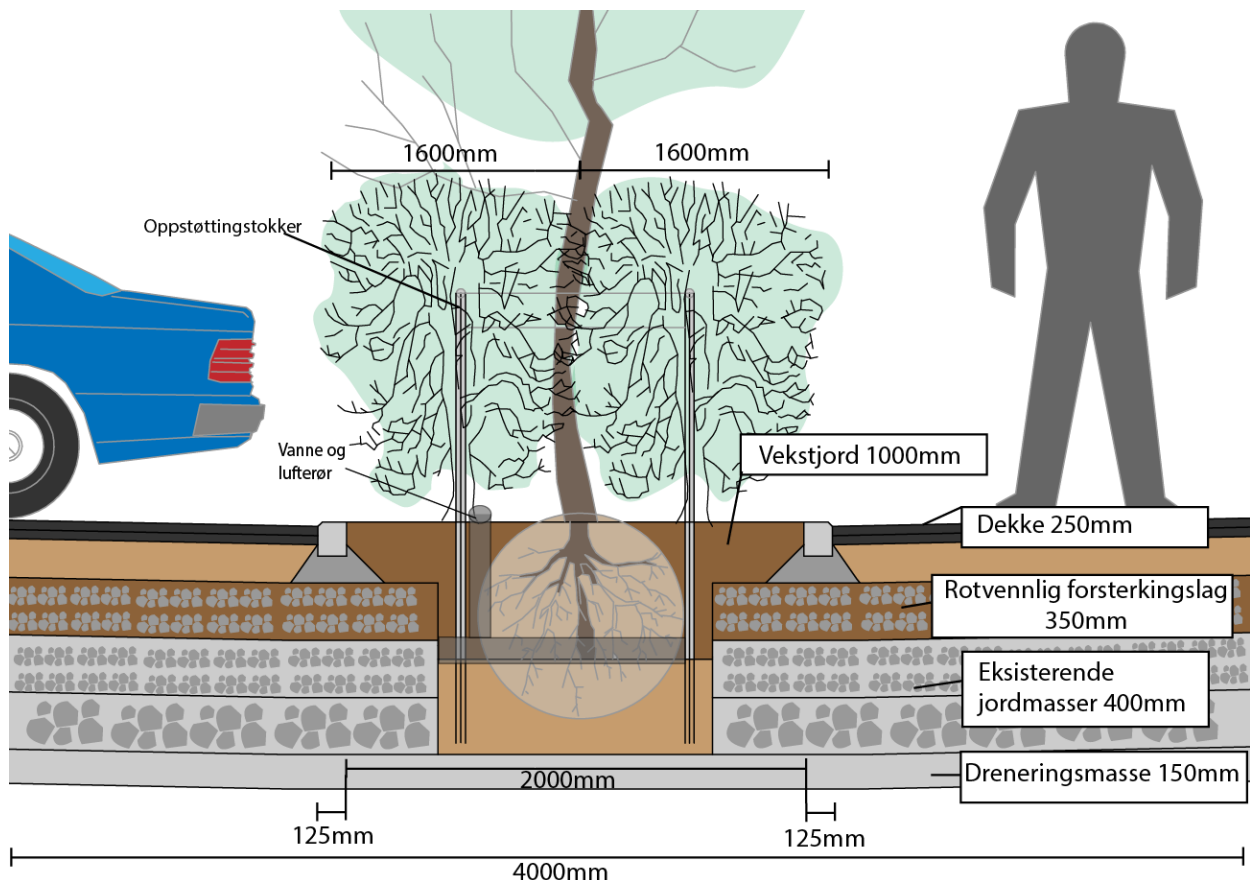
Figur 97 Dimensjoner på kantstein i henhold til N200 (Statens vegvesen)

Vegnormen fra Sør-Rogaland krever at trær er plantet minst 0,75m fra veien, og ikke har noen grener hengende over kjørebane eller fortau. Stammen må også være minst 3 meter høy langs fortau og 4,7m langs kjørebaner hvis det skal henge grener og kvister over overflaten. V271 spesifiserer at planteavstanden mellom plantene må være 20-30 cm for busker, 80-100 cm for store busker med sterk vekst og 600-1000cm mellom trær. Disse avstandene er gitt for å sikre at plantene kan nå sin naturlige vekst. Se figur 98. (Statens Vegvesen V271, 2016)

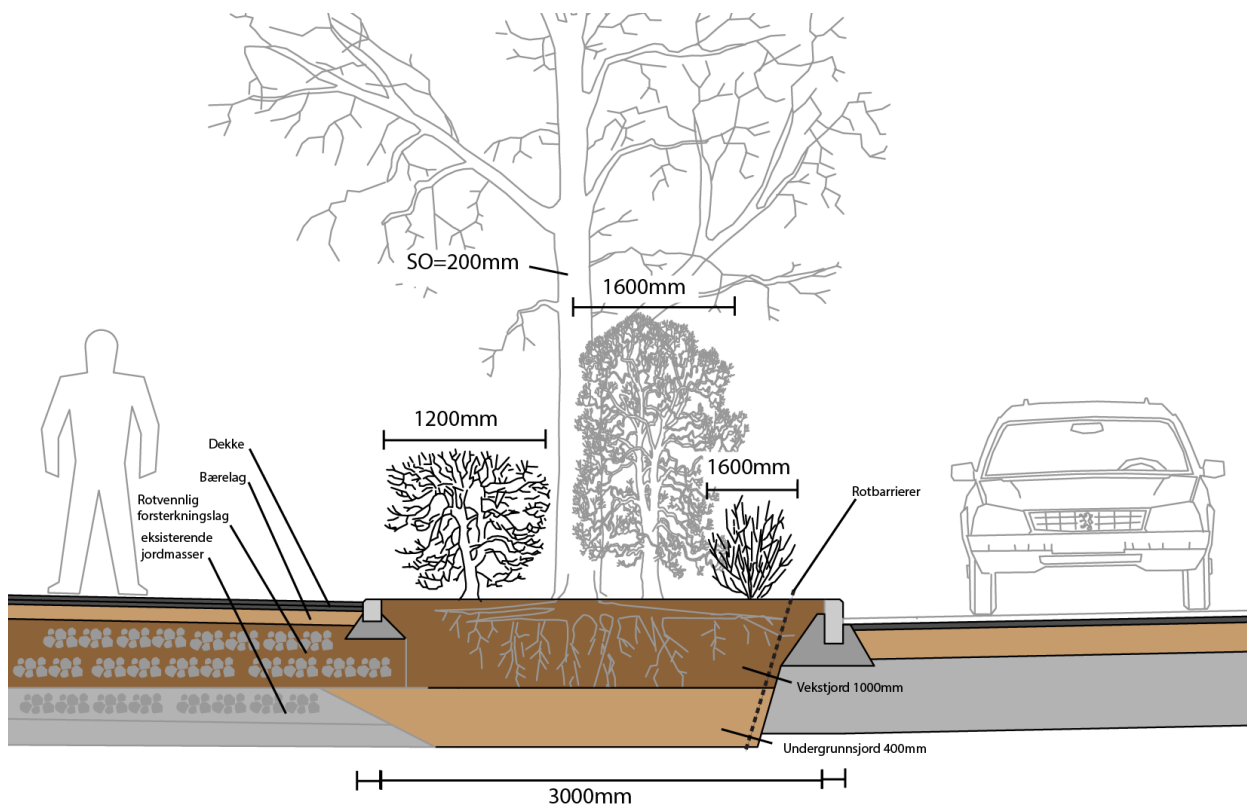
Gatetrær er fulgt etter NS 4400:2108 i Stavanger, og må ha en SO på 18-20cm. Dette gjør at trær blir dyrere å plante, men at trærne har en lavere dødelighetsrate når de plantes. Ved denne størrelsen er det tenkt at kronen skal vokse seg til 25m<sup>2</sup>. Buskene er beregnet å vokse seg opp til 3m i høyden i vegetasjonssperren, og ha en radius fra 60 til 80cm. Rundt utkjøringer, og fortausoverganger er hekkene 50cm høye for å ta hensyn til frisikt. Se figur 100 for utforming av vegetasjonsbarrierer og figur 101 for hvordan beplantning er dimensjonert på parkeringsplasser. (Roloff, et al., 2016) (Stavanger Kommune, 2021).



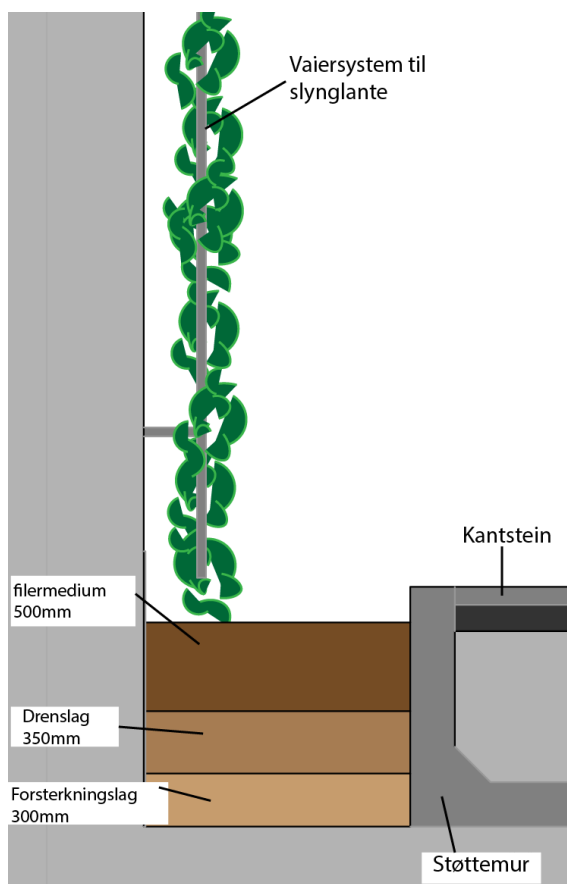
Figur 98 Dimensjoner av planteavstander i vegetasjonsbarrieren. Treet er 1,5m fra veien. Illustrasjon (Duus Carlsen)



Figur 99 Dimensjonerende oppbygging av bed på parkeringsplassene. Illustrasjon (Duus Carlsen)



Figur 100 Dimensjonerende oppbygning av vegetasjonsbarrieren. Barrieren er minst 6m høy og skal ikke ha grener som lener seg over kjørebanelen. Illustrasjon (Duus Carlsen)



Figur 101 Dimensjonerende oppbygning av grønne vegger. (Undheim, 2018) Illustrasjon (Duus Carlsen)

## 6.4 Valg av vegetasjon

*Grønnveilederen for Vestlandet* og *iTree* ble brukt i prosessen for valg av vegetasjon. (Statens vegvesen G, 2019) (USDA et.al, 2021).

De eksisterende trærne vil bli bevart, og beholder sin originale plassering så langt det har latt seg gjøre. Fremmedartete planter vil også bli fjernet.

Eksisterende bed vil bli gjort større, og få flere trær for å sikre bedre jordforhold. For å få å oppnå et artsmangfold på 10% er det valgt ut 10 arter av både trær og busker (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016):

Trær	Busker	Klatreplanter
Vanlig bjørk	Rododendron	Eføy
Sommereik	Gul og Sølvpil	Rådhusvillvin
Spisslønn	Tujaen	Klatrefiken
Svartor	Barlind	Klatrehortensia
Gran	Laurbærhegg	
Furu	Einer	
Alm	Kristtorn	
Osp	Hagtorn	
Bøk	Hassel	
Ask	Kornell	

Tabell 22 Tabell over arter som er valgt på området Illustrert av (Duus Carlsen)

I vegetasjonsbarrieren er det spesielt viktig at trærne tåler saltsprut, komprimert jord og kan danne en tett krone slik at den kan holde luftforurensningen ute fra fortauet og parkeringsplassene. Derfor vil trearter som osp, spisslønn, or og alm benyttes, og busker som Barlind, gulpil, sølvpil selje og einer være best i vegetasjonsbarrieren. (Beckett, Freer-Smith, & Taylor, 2001) (Barwise & Kumar, 2020)

På parkeringsplassene kan de resterende artene plasseres ut. Artene som eik, bjørk og or vil ha en del utslipp av pollen og VOC. Derfor vil disse artene bli plantet som kvinnelige planter, og bli spredt ut på området slik at andre arter beskytter dem. Det kan igjen bidra til at artene produserer mindre pollen. (Beckett, Freer-Smith, & Taylor, 2001)

Det er også viktig å ta i bruk forskjellige strategier for partikkelfangst i områder der byggehøyde og avstand mellom bygg varierer. Derfor er noen fasader dekket med klatreplanter. På oversiktskartet er plasseringen av grønne vegger markert som brune bokser. Disse boksene er plassert slik at plantene får den tilstrekkelige mengden sol som de trenger. (Undheim, 2018)

## 6.5 Utrengninger av Karbonbinding og forbedring av luftkvalitet på eksempelområdet

### 6.5.1 Karbonbindingen på området

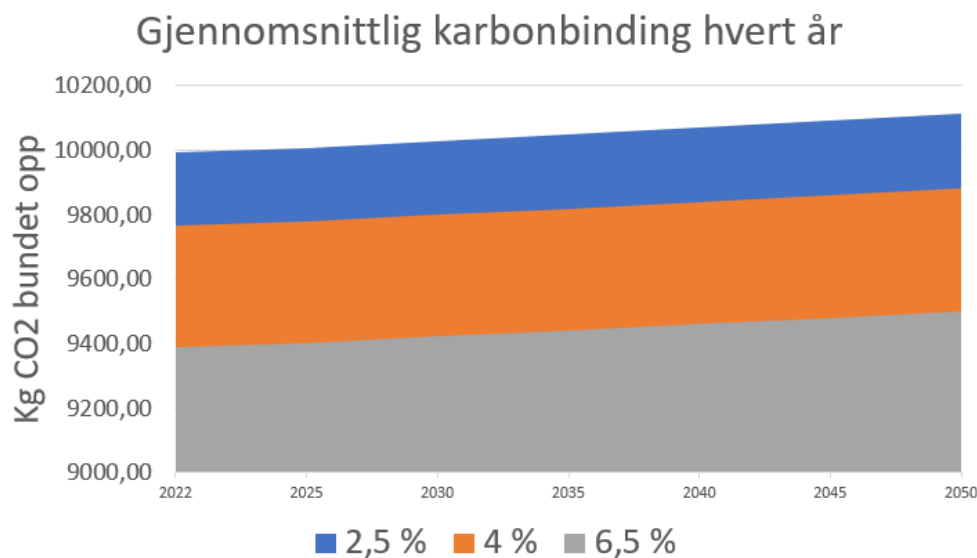
Til sammen på området var det mulig å plassere ut 518. For målingen av karbon er en trekrone på gjennomsnittlig 25kvm brukt. For å få en simulert økning i karbonbinding over tid er vekstraten til de ulike trærne lagt til kronearealet hvert år. 52 trær av hver art er tatt med for å oppnå en fordeling av karbonfangst ut ifra treart.

Hver kvm-trekrone blir så multiplisert med 0,78, som er karbonbindingen per kvadratmeter for urbane områder. Den totale karbonbindingen blir så trukket fra dødeligheten på 2,5%, 4% og 6,5%.

se figur 88. Vi antar at alle døde trær blir erstattet hvert år, og at livstilstanden deres er uforandret fra 2021 til 2050. Dette er fordi at variasjonen på livstilstand på treet er tatt med beregningene andre har utført av karbonbinding per kvm-trekrone.

Forventet levetid ved 2,5% er ca. 40 år, ved 4% er levetiden ca. 25år, og ved 6,5% er levetiden 15,4år.

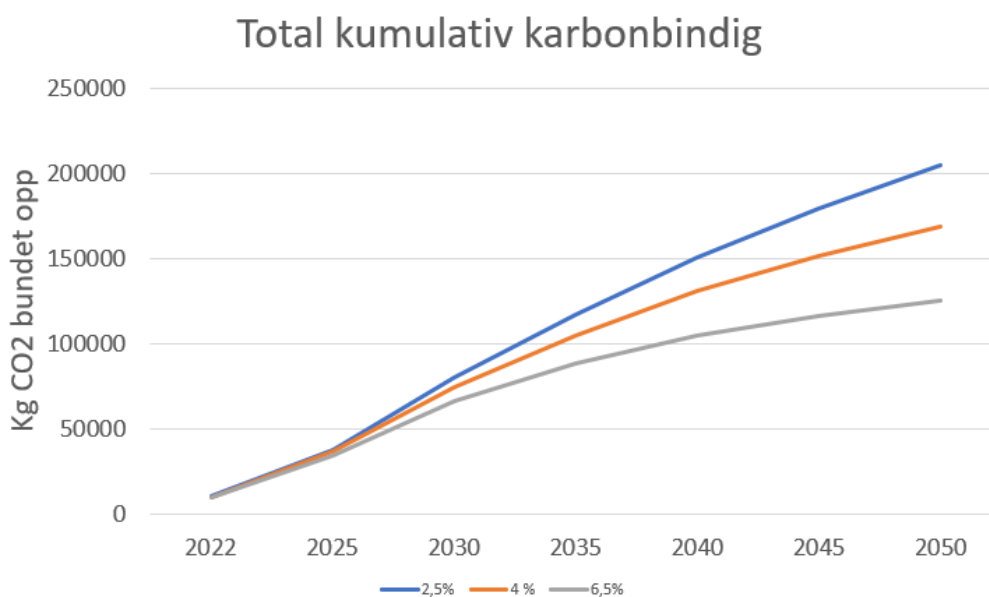
Økningen i karbonbinding fra 2021 til 2050 ligger på mellom 119 til 111 kg ut ifra hvilken dødsrate det har. Ved en dødelighet på 2,5% klarer trærne på området å ta opp ca. 610kg mer karbon hvert år i gjennomsnitt.



Figur 102 Gjennomsnittlig karbonbinding hvert år ut ifra dødsrate. (Duus Carlsen)

Hvis vi sammenligner dette med det daglige utslippet fra veitrafikken på 1600kg, vil trærne bidra til å nulle ut ca. 6-17,9 dager med kjøring på området.

Hvis vi fordeler det på gjennomsnittlig utslipp fra en personbil hvert år i Norge utgjør dette et opptak tilsvarende utslippet til ca. 6-7 biler.



Figur 103 Den kumulative karbonbindingen ut ifra de ulike dødelighetsratene. (Duus Carlsen)

Samlet total karbonbinding er som vist i figur 89 vesentlig mindre ved høy dødelighet. Denne forskjellen utgjør 80256,6 kg  $CO_2$  totalt gjennom 29 år.

### 6.5.2 Partikkelfangsten og luftkvalitetsforbedringen på området

Kravene til siktlinjer, og områdets utforming gjør at Vegetasjonsbarrierer ikke kan oppnå sitt fulle potensial fordi barrieren ikke er like sammenhengende. Ved færre innkjørslar og mulighet for å ha høyre vegetasjon i kryss og fotgjengeroverganger ville utformingen vært mer effektiv. Til sammen mister vi 1320 kvm med vegetasjon rundt alle avkjøringer, T-kryss og fotgjengeroverganger. Ved en mer omfattende endring på området kan vi oppnå en bedre blokkering av partikler. Dette blir ikke utført i denne oppgaven, men er nevnt som en fremtidig mulighet for forbedring av partikkelfangst.

Hvis vi beregner at dagens utforming gjør det mulig å stoppe 20% av partiklene vil dagens gjennomsnittlige eksponering av partikler gå fra mellom  $25\mu g/m^3$  til  $20\mu g/m^3$ . I fremtiden vil denne eksponeringen bli betydelig mindre hvis vi går over til over 50% nullutslippskjøretøy etter 2040. Det vil føre til en reduksjon i PM og NOx på rundt 25%. Da kan partikler i luften gå ned til  $15\mu g/m^3$ . (miljødirektoratet, 2018)

Den totale lengden på bilveier på området er målt opp til å være ca. 850m. Langs disse er det plassert en vegetasjonsbarriere. Til sammen vil samlet areal på vegetasjonsbarrieren være ca.  $5136m^2$ . Det bidrar til at den totalt kan fange opp 36,93 kg partikkelstøv fra veibanen, og redusere fotgjengernes eksponering for 7,386 kg partikkelstøv langs veibanen. Konstanten for støv som er brukt ligger på 7,19g per kvadratmeter.

Ut ifra SSB sin statistikk kan vi si at en personbil slipper ut rundt 112,8 gram PM 2,5 og PM 10 hvert år. Med denne vegetasjonsbarrieren klarer den da å stoppe partikler fra 327,4 biler i året. (SSB: 08942, 2020)

### 6.5.3 Beregning av energifangst fra solceller

Som nevnt tidligere beregner vi at vi kan benytte oss av 11130 kvm av takarealet til å plassere solcellepanel. Dette gir en årlig kWh på 1335600 kWh.

Dette er nok til å lade 4,8 - 12 millioner km til elektriske kjøretøy hvert år, hvis kjøretøyet bruker mellom 1-2,5 kWh per mil og utnytter opp mot 90% av strømmen. (Fjordkraft, 2021)

Karbonutslippsreduksjonen dette vil gi sammenlignet med norsk energimiks er 62 773,2 kg  $CO_2$  ekvivalenter hvert år. (Lindahl & Kristiansen, 2017).



## 6.6 Oversiktskart av konsept



Figur 104 Oversiktskart over konsept. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

## 7 Konklusjon og refleksjon

I problemstillingen vår var vi ute etter å finne ut hvordan trær kan være med på å påvirke klimagassutslippene og luftkvaliteten i Norske næringsparker. Sammen med denne problemstillingen stilte vi oss hvordan vi kan etablere trær og få dem til å leve lengst mulig slik at karbonbindingen og partikkelfangsten kan vare lengst mulig.

Trær er en god langtidsinvestering som en forbedring av luftkvalitet langs veier i næringsparker, men ikke fult så gode til å binde opp  $CO_2$  på grunn av dårlige klimatiske leveforhold i næringsparker og et høyt utslipp av partikler og klimagasser. Derfor er etablering for gode levekår viktig for at langtidsinvesteringen skal fungere best mulig. Gode leveforhold kommer ikke bare i form av mindre kostnader forbundet med vedlikehold og reetablering, men også i bedre muligheter for karbonbinding gjennom veksten til trærne.

Leveforholdene blir redusert i næringsparker ved at veitrafikken og økt aktivitet påfører skader på trær, saltsprut, og forurensning av jorden slik at jorden blir komprimert. Trafikkulykker, vind og hærverk er også en stor bidragsyter som fører til sår og skader. Som en løsning mot at disse skadene ikke skal oppstå, har flere kommuner og Statens vegvesen laget forvaltningsplaner og veiledere som sørger for god etablering og valg av riktige arter ut ifra hvilke miljøpåvirkninger de blir utsatt for. Slike forvaltningsplaner bidrar dermed til et mer bærekraftig grøntområde som tåler miljøpåvirkninger slik at trærne kan leve lengre.

For å finne hva slags vegetasjon som passer best på en næringspark bør vi stille oss selv følgende spørsmål:

- Vil arten trives i områdets forhold?
- Vil de økofysiske og morfologiske forholdene tilfredsstillende sammenhengen med den urbane konteksten?
- Har arten egenskaper vi ønsker?
- Vil artene ha egenskaper som er fordelaktig for reduksjon av luftforurensning?

Om arten trives avhenger av de klimatiske forholdene, og hvor treet er plassert. Sjansen for at treet vil overleve vil også være større desto større treet er. Derfor er det lurt at trær langs veier er større enn 16cm i stammediameter, har mulighet til å spre røttene sine i store bed, og blir godt vedlikeholdt slik at skadedyr ikke begynner å bo i de uorganiske materialet rundt treet.

Med de morfologiske og økofysiske forholdene kan det hende at man kommer i en konflikt der man må redusere konens størrelse, eller plassere treet et annet sted enn der det er best egnet for partikkelfangst. Disse endringene vil redusere evnen til å binde opp  $CO_2$ , og stoppe partikler, men vil sørge for at treet overlever de klimatiske og miljømessige påvirkningene. En løsning kan være å skjerme trearter med gode egenskaper til karbonbinding og partikkelfangst med andre trearter som tåler de miljømessige og klimatiske forholdene langs veier som disse artene ikke tolerer. På denne måten kan dermed ulike arter spille på lag med hverandre. (McPherson & Peper, 2012)

Noen trearter har også egenskaper vi ikke ønsker i en næringspark. Disse egenskapene kan gi negative helseeffekter på mennesker og ødelegge infrastruktur. Frukttrær og giftige treslag bør derfor ikke velges fordi de kan gjøre fortau glatte, eller forgifte mennesker gjennom giftige blader. Hurtigvoksende arter, og trær med dårlig tilgang på vann kan også bidra til skader på veier, og kantstein som ikke er ønskelig. Løsningen som går igjen flere undersøkelser, er at man bør unngå disse artene der det er høy menneskelig aktivitet. Det er også blitt innført at trær ved parkeringsplasser, bilveier og områder der mennesker ferdes tett inntil stammen på trær skal ha vann- og luftrør for både å sikre at treet får næringen den trenger, og ikke strekker røttene opp mot dekke rundt bedet. En effekt av dette er at vi får en mer bærekraftig og langvarig utforming av grønnstrukturen vår på næringsparken.

Noen arter kan også virke negativt på luftkvaliteten. Artene som Eik, Bjørk, Or, Hassel og Selje gir alligerende pollen til mennesker som fører til irritasjon av luftveier til mennesker i sesongen de blomster. Andre arter kan også slippe ut store mengder VOC som kan danne bakkenært Ozon hvis temperaturene overstiger 20 grader. Det har tidligere ikke vært noe problem i norske byer og næringsparker, men kan bli det med tanke på den globale oppvarmingen. Artene som Osp, Eik og Selje er også arter som slipper ut mye VOC. For å forhindre at slike negative utslipp skjer i store mengder bør man velge lokalt voksende arter som slipper ut lite VOC, og kvinneplanter ved nyetablering. Det aller beste hjelpemidlet er et stort arts mangfold for da å sikre at vegetasjonen er mer motstandsdyktig mot sykdommer og pest. (Barwise & Kumar, 2020) (Traverso, 2020)

Et stort arts mangfold bidrar også til et økt biologisk mangfold med flere andre dyrearter, insekter og bakterier som lever av ulike trearter. Dette vil bidra til et mer bærekraftig økosystem som er sterkere mot sykdommer og skader som kan redusere levetiden. For å oppnå et sunt biologisk mangfold er det anbefalt å velge 10% av samme art, 20% av samme slekt, og 30% av samme familie. (Smith, et al., 2018)

Disse etableringspunktene svarer på forskningsspørsmålet om hvordan vi kan plante trær på grå overflater slik at de kan leve lengst mulig slik at de kan binde opp mest mulig  $CO_2$  og fange opp flest partikler gjennom sin levetid.

Men hvordan bidrar egentlig trær til å redusere luftforurensningen? For å svare på dette spørsmålet må vi rette fokuset mot det andre forskningsspørsmålet vårt. Hvordan kan vi sørge for at trær tar opp mest mulig svevestøv og  $NO_x$  gasser for å bedre luftkvaliteten?

I en næringspark er det langtransporterte partikler og veitrafikken som bidrar til dårligere luftkvalitet. Fossile kjøretøy og vedfyring produserer  $NO_x$  og svevestøv som bidrar til luftforurensning, og helseplager på oss mennesker. Norge er en av de landene i Europa med best luftkvalitet, men har allikevel hendelser der mennesker får forkortet levetid på grunn av luftforurensning. Derfor vil det fortsatt være aktuelt i dag og i fremtiden å lage strategier for reduksjon av luftforurensningen i det lokale nærmiljøet for å bedre innbyggernes helse.

Siden luftforurensende stoffer trenger vind for å forflytte seg er de metrologiske forholdene en stor bidragsyter til konsentrasjonen av luftforurensning vi blir utsatt for lokalt. Derfor kan næringsparker fungere som et filter for langtransporterte partikler for å forhindre at partiklene sprer seg fra forurensningskilder mot boligområder slik at mennesker blir mindre eksponert for luftforurensning der de oppholder seg mest.

Bygninger og vegetasjon kan både spille på lag, og virke motvirkende for denne typen spredning. Det viktigste er at man planter tett opp mot forurensningskilden for å gi større avstand mellom mennesker og forurensningskilden slik at vinden ikke kan transportere partiklene over lengre avstander.

Ved trangere rom der høyden på bygningene i forhold til overflaten har et forholdstall større en 2, bør man gå for en mer åpnere løsning der grønne vegger samler partiklene. Dette er for å få tilgang på ren luft og unngå en oppsamling av partikler under tretopper. Hvis man ikke får tilgang på ren luft ovenfra vil luften under vegetasjonen være dårligere fordi menneskene blir utsatt for de samme partiklene flere ganger siden de ikke slipper ut.

Ved mer åpne plasser som parkeringer er det viktig å hindre vindtunneler, og at luften fra trafikkerte veier får spredd seg. Dette oppnås med varierende vegetasjonshøyder og en tett høy vegetasjonsbarriere mot de trafikkerte veier.

Ved bruk av vegetasjonsbarrierer er det viktig at bladarealtettheten er mellom  $3-4 \frac{m^2}{m^3}$ . En tettere vegetasjonssperre vil føre til en forsterkning av vind, og flere partikler vil gå over barrieren. Ved en tynnere bladarealtetthet vil man ende opp med en barriere som slipper gjennom flere partikler. Vegetasjonsbarrierer bør økes i høyden desto lengre den er unna forurensningskilden, men den anbefales å være så nærme som mulig kilden slik at den stopper flere partikler.

Det er også noen trearter som fungerer bedre til å fange, og stoppe partikler enn andre planter. Disse har hår, eller voks på bladene/barnålene sine som enkelt kan feste fast små partikler. Mindre bader med komplekse former og barnåler har også vist seg å filtrere luften bedre enn andre arter. Arter man bør velge er furu, gran, bjørk, barlind, hyll, ask og lønn. Bartrær er spesielt gode fordi de er grønne hele året. De er også vant med å leve i boreal klimaet i Norge. En konsekvens som man må se opp for med bartrær er at de er sårbare mot salt, og kan slippe ut noe VOC og pollen til tider. En løsning for dette problemet vil være å beskytte dem mot den største eksponeringen mot salt.

En vegetasjonsbarriere klarer å stoppe mellom 10-50% ifølge forskning, men på grunn av at vårt utslipp i dag av luftforurensende stoffer er stort, vil dette ikke ha en betydelig effekt i de mest luftforurensende områdene. I fremtiden på den andre siden når bilparken blir mer elektrisk, og færre fyrer med ved i hjemmene vil vegetasjonsbarrierer ha en stor rolle for bedring av lokal luftforurensning. Kjøretøy vil fortsatt produsere svevestøv fra veibanen og friksjon fra deler på bilen, og det vil fortsatt være aktuelt å ferdes på fortau langs veier. Dessuten har trær også flere andre verdi gjennom sitt estetisk utsende, og fysiske og psykiske egenskaper. Disse verdiene kan også være med på å øke verdi og trivsel på næringsparker i fremtiden. (Barwise & Kumar, 2020) (Abhijih, et al., 2017)

Klimagasser bidrar til en økning i drivhuseffekten, som igjen bidrar til en varmere overflate på jorden. En varmere overflate på jorden fører til klimaendringer. Disse klimaendringene kan så føre til ekstremvær som kan ødelegge infrastruktur og leveforholdene til menneskene på jorden. Internasjonalt, i EU og i Norge er det blitt satt et stort søkelys på reduksjon av disse gassene for å reversere klimaendringene og reparere klima.

Trær er en plante som lever av å ta opp  $CO_2$  fra bakken og i luften. Hvor godt arten vokser, og tar opp  $CO_2$  påvirkes av leveforholdene, artens fysiske egenskaper og alder. Gjennom forskning har det blitt vist at eldre trær med store trekroner klarer å binde til seg mest  $CO_2$  fra luften og fra bakken siden den har flere blader og celler som bidrar til fotosyntesen. Arter med en høy tørrdensitet har også muligheten til å binde til seg mer karbon i biomassen enn andre arter. (Stephanson et.al, 2014) (Roman, Battles, & McBride, 2016)

I skoger kan trær få tilgang på den næringen de trenger og spre røttene uten spesielle begrensinger, mens i byene er dette nevnt som et problem. Sammen med vind har dette en betydelig effekt på veksten til løvtrær i byer. Det gjør at trær vokser betydelig senere, og binder til seg mye mindre  $CO_2$  enn hva de har potensiale til. Dette er den viktigste årsaken til at karbonbindingen er ned i 0,73-0,78 kg per kvm per år.

Til sammenlikning med for eksempel solcellepanel, vil et tre ta opp en 20 del av hva et solcellepanel kan redusere  $CO_2$  utslippet for produksjon av energi på verdensbasis. Det sier oss også at dagens utslipp må kraftig reduseres for at karbonbindingen til trær skal ha en rolle på klimagassregnskapet i fremtiden.

Den norske regjeringen sin klimapolitikk spiller også inn som en viktig brikke i fremtidig reduksjon av klimagasser. Hvis vi skulle plantet trær tilsvarende en nordmanns utslipp i dag ville vi trengt 12 100kvm med tretopper, men kun 5500kvm i 2030, og 1031 kvm i 2050. Reduksjon i klimagasser vil også føre til bedre levekår i næringsparkene til trærne siden mindre fossile og forurensende stoffer vil påvirke miljøet.

Ved å øke andelen nullutslippskjøretøy vil også klimagassutslippet i næringsparker bli mindre. Ved reduksjon av kjøretøy vil også behovet for parkering reduseres. Det kan også frigjøre areal for alternativ bruk som for eksempel tømmerhogst, jordbruk eller solcellefarm.

Hvis vi går tilbake til vår hovedproblemstilling kan vi dermed si at trær i dag har noe positiv effekt på luftforurensningen, men en liten effekt på klimagassutslippet i dag. I fremtiden på den andre siden vil trær ha en større rolle som partikkelfangere og karbonbindere hvis utslippet blir redusert i henhold til målene regjeringen har satt. For at trær skal hjelpe til med våre klimagassutslipp på næringsparker i fremtiden, må vi derfor forandre vår egen livstil, og måten vi transporterer oss til næringsparkene.

Klimagassutslippet har i dag også en sammenheng med partikkelutslippet siden de kommer fra samme kilde i en næringspark, nemlig eksosen. Hvis vi i fremtiden får en større andel nullutslippskjøretøy vil da også luftkvaliteten bli bedre på næringsparkene, fordi mengden partikler vil utsettes for reduseres. Selv om vi skulle gått mot null klimagassutslipp, vil vi fortsatt ha produksjon av luftforurensende stoffer fra slitasje fra vegbanen og andre kilder. Derfor vil trær og

vegetasjonsbarrierer som plantes i dag ha en positiv påvirkning og viktig rolle for bedre luftkvalitet i næringsparker både i dag og i fremtiden.

Konklusjonen er derfor som følger: Trær vil påvirke positivt luftkvaliteten, men påvirke minimalt klimagassutslippet i Norske næringsparker i dag. Hvis den norske regjeringen sine mål oppnås for 2030 og 2050 vil karbonbindingen til trærne ha en positiv påvirkning på klimagassutslippet i fremtiden, og spille en viktig rolle for bedre luftkvalitet.

## 8 Referanser

### 8.1 Litteraturliste

- Abhijih, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., Broderick, B., Sabatino, S. D., Pulvirenti, B., (2017), Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review, *Atmospheric Environment*, volume 162, s. 71-86, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014>
- Gro Hysten, (2018), Tilvekst og skogavvirkning, nibio, <https://www.skogbruk.nibio.no/tilvekst-og-skogavvirkning>
- Arbor Day Foundation, (01,2021), *Tree Facts*, Hentet fra Arbor Day Foundation:, <https://www.arborday.org/trees/treefacts/>
- Arbor Day Foundation 1, (04,2021), *Trees Tame Stormwater*, Hentet fra Arbor Day Foundation:, <https://www.arborday.org/trees/stormwater.cfm>
- Artsdatabanken. (2019, 11 18). *Hva er en fremmed art?* Hentet fra artsdatabanken.no: [https://www.artsdatabanken.no/Pages/239656/Hva\\_er\\_en\\_fremmed\\_art\\_](https://www.artsdatabanken.no/Pages/239656/Hva_er_en_fremmed_art_)
- Artsdatabanken 1. (2019, 12 02). *Risikovurdering av tre*. Hentet fra artsdatabanken.no: [https://artsdatabanken.no/Pages/241508/Risikovurdering\\_av\\_tre](https://artsdatabanken.no/Pages/241508/Risikovurdering_av_tre)
- Artsdatabanken 2. (2020, 03 09). *Fremmedartslista 2018*. Hentet fra artsdatabanken.no: <https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018>
- Artsdatabanken 3. (2020, 02 20). *Norsk rødliste for arter 2015*. Hentet fra artsdatabanken 2020: <https://artsdatabanken.no/Rodliste>
- Artsdatabanken 4. (2021, 04 13). *Kunnskapsbank for naturmangfold*. Hentet fra artsdatabanken.no: <https://www.artsdatabanken.no/>
- Aune, E. I. (2019, 04 30). *vanlig furu*. Hentet fra snl.no: [https://snl.no/vanlig\\_furu](https://snl.no/vanlig_furu)
- Aune, E. I. (2020, 11 30). *Gran*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/gran>
- Barwise, Y., & Kumar, P. (2020), Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: a practical review for appropriate plant species selection, *npj Climate and Atmospheric Science* 3, article nr: 12, <https://doi.org/10.1038/s41612-020-0115-3>
- Beckett, P. K., Freer-Smith, P. H., & Taylor, G. (2001). Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. *Wiley online library; Global Change Biology, Volume 6, Issue 8*, s.995-1003, <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00376.x>
- Byggforskserien. (2003, Høst). 316.211 *Bevaring av vegetasjon i bygge- og anleggsområder*. Hentet fra byggforsk.no: [https://www.byggforsk.no/dokument/70/bevaring\\_av\\_vegetasjon\\_i\\_bygge\\_og\\_anleggsomraader](https://www.byggforsk.no/dokument/70/bevaring_av_vegetasjon_i_bygge_og_anleggsomraader)
- Byggforskserien. (2003, høst). 513.710 *Sikring av eksisterende vegetasjon på byggeplasser*. Hentet fra byggforsk: [https://www.byggforsk.no/dokument/245/sikring\\_av\\_eksisterende\\_vegetasjon\\_paa\\_byggeplasser](https://www.byggforsk.no/dokument/245/sikring_av_eksisterende_vegetasjon_paa_byggeplasser)

- Cappelendamm. (2021, 03 26). *Teori til feltarbeid i skog*. Hentet fra bios.cappelendamm.no: [https://bios.cappelendamm.no/elevreal/tekst.html?tid=2338127&sec\\_tid=1886348](https://bios.cappelendamm.no/elevreal/tekst.html?tid=2338127&sec_tid=1886348)
- CNBC, (22.07.2019), Bill Gates-Backed Carbon Capture Plant Does The Work Of 40 Million Trees, youtube, [https://www.youtube.com/watch?v=XHX9pmQ6m\\_s](https://www.youtube.com/watch?v=XHX9pmQ6m_s)
- Riley, C. (2020, 03 25). *The great electric car race is just beginning*. Hentet fra CNN Business: <https://edition.cnn.com/interactive/2019/08/business/electric-cars-audi-volkswagen-tesla/>
- Duus Carlsen, S. (2021), *Illustrasjoner til Bacheloroppgave*, Stavanger.
- Elmes, A., Rogan, J., Roman, L. A., Williams, C. A., Ratick, S. J., Nowak, D. J., & Martin, D. G. (2018). Predictors of mortality for juvenile trees in a residential urban-to-rural cohort in Worcester, MA. *Urban Forestry and Urban Greening*, volume 30, S. 138-151, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.01.024>.
- ENOVA. (2021, 04 18). *ENOVA hjemmeside*. Hentet fra enova.no: [https://www.enova.no/?gclid=Cj0KCQjwse-DBhC7ARIsAI8YcWKNuFxfKFAp8Fxn-gmAFqLgHWrzX32Q50Ihe-aldJJo7OmYD4CpDgAaAo1PEALw\\_wcB](https://www.enova.no/?gclid=Cj0KCQjwse-DBhC7ARIsAI8YcWKNuFxfKFAp8Fxn-gmAFqLgHWrzX32Q50Ihe-aldJJo7OmYD4CpDgAaAo1PEALw_wcB)
- European Commission. (2011). *measures to reduce the urban pollen count*. Hentet fra ec.eurpoa.eu: [https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/255na5\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/255na5_en.pdf)
- FHI. (2017, 12 04). *Svevestøv*. Hentet fra fhi.no: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/svevestov/>
- FHI. (2018, 02 13). *Luftkvalitet, helseeffekter og regelverk*. Hentet fra fhi.no: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/sammendrag-og-bakgrunnsinformasjon/hva-mener-vi-med-luftkvalitetskriterier/?term=&h=1>
- FHI. (2021, 04 13). *Håndbok for uteluft - klimakvalitetskriterer*. Hentet fra fhi.no: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/>
- Fjordkraft. (2021, 05 09). *Strømforbruk for elbil*. Hentet fra fjordkraft.no: <https://www.fjordkraft.no/strom/stromforbruk/elbil/>
- Forskningsrådet. (2021, 04 18). *Forskningsrådet hjemmeside*. Hentet fra forskningsradet.no: <https://www.forskningsradet.no/>
- Frafjord, K., Olerud, K., & Ericsson Ryste, M. (2020, 12 03). *Rødliste*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/r%C3%B8dliste>
- Fransen, B. (2019, 08 95). *How to calculate CO2 sequestration*. Hentet fra ecomatcher.com: <https://www.ecomatcher.com/how-to-calculate-co2-sequestration/>
- Gillner, S., Hofmann, M., Tharang, A., & Vogt, J. (2016). CHAPTER 15: Criteria for species selection: Development for a database for urban trees. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 294-311). Dresden University of Technology: John Wiley and Sons ltd.
- Grindeland, J. M. (2020, 06 12). *hassel*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/hassel>
- Grindeland, J. M. (2020, 11 16). *or*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/or>
- Grindeland, J. M. (2021, 03 16). *bjørk*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/bj%C3%B8rk>
- Grindeland, J. M. (2021, 03 03). *selje*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/selje>
- Grindeland, J. M. (2020, 03 13). *Osp*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/osp>
- Klingenbeg, M., & Djørup, C. (2019, 07 18). EU-kommisær: Ikke lov å forby diesel- og bensinbiler, *teknisk ukeblad og ING:DK*, <https://www.tu.no/artikler/eu-kommisaer-ikke-lov-a-forby-diesel-og-bensinbiler/470003>
- Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion, *Atmospheric Environment*, volume 105. S130-137, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.052>
- Jenkins, J. C., Chojnacky, D. C., Heath, S. L., & Birdsey, R. A., (2003, 02), National-Scale Biomass Estimators for United States Tree Species, *Forest Science*, Vol. 49, No. 1, USDA, S.12-35., [https://www.fs.fed.us/ne/newtown\\_square/publications/other\\_publishers/OCR/ne\\_2003jenkins01.pdf](https://www.fs.fed.us/ne/newtown_square/publications/other_publishers/OCR/ne_2003jenkins01.pdf).
- Joudavi, A., & Rahimi, M. (2020, 06 15). *Solar Energy Potential in Urban Environments, Case of Stavanger*. Universitetet i Stavanger, Rogaland, Norge, <https://uis.brage.unit.no/uis-xmlui/handle/11250/2681187>.



- Klakegg, O. (2017, 07 19). *Beskrivelse av avsetningstypene*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart/avsetningstyper/beskrivelse-av-avsetningstypene>
- Klimakur 2030, (2020, 04 30), miljødirektoratet et.al. sammendrag av Klimakur 2030, [https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625\\_sammendrag.pdf](https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625_sammendrag.pdf)
- Kniestel, B. (2016). CHAPTER 13: Dust and noise reduction. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 271-279). Teknische universitet i Dresden, Tyskland: John Wiley and Sons Ltd.
- Korn, S. (2016). CHAPTER 4: Urban tree roots: problems and peculiarities. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 75-88). Dresden University of Technology: John Wiley and Sons Ltd.
- Korn 2, S. (2016). CHAPTER 5: Drought stress: Adaptation strategies. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 89-102). Dresden University of Technology: John Wiley and Sons Ltd.
- Krabel, D. (2016). CHAPTER 3: Fundamentals of tree biology for urban trees. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 50-74). Dresden University of Technology: John Wiley and Sons Ltd.
- Lindahl, H., & Kristiansen, T. E. (2017, 05 11). *Ikke nok sol til solceller i Norge?* Hentet fra fremtiden.no: <https://www.framtiden.no/myteknusing/ikke-nok-sol-til-solceller-i-norge.html>
- Lofthus, Ø. (2018, 06 01). *Iønn (treslekt)*. Hentet fra snl.no: [https://snl.no/l%C3%B8nn\\_-\\_treslekt](https://snl.no/l%C3%B8nn_-_treslekt)
- Forskriftens kortittel. (År). *Forskriftens fullstendige tittel* (dato-kode). Nettstedets navn. URL
- Forurensningsforskriften*, (2020, 04 15). *Forskrift om begrensning av forurensning*, LOVDATA, [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL\\_3#KAPITTEL\\_3](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3)
- Maher, B. A., Ahmed, I. A., Karloukovski, V., & Clarke, R. (2013, 11 11), Impact of Roadside Tree Lines on Indoor Concentrations of Traffic-Derived Particulate Matter. *Environmental Science and Technology*, volume 47, Issue 23, <https://doi.org/10.1021/es404363m>
- Mamen, J. (2020, 11 16). *global oppvarming*. Hentet fra snl.no: [https://snl.no/global\\_oppvarming](https://snl.no/global_oppvarming)
- Mamen, J. (2021, 03 19). *klima i Norge*. Hentet fra snl.no: [https://snl.no/klima\\_i\\_Norge](https://snl.no/klima_i_Norge)
- Mamen, J., & Benestad, R. (2021, 02 03). *drivhuseffekten*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/drivhuseffekten>
- McGovern, M., & Pasher, J. (2016, 12 1). Canadian urban tree canopy cover and carbon sequestration status and change 1990–2012. *Urban Forestry and Urban Greening volume 20*, S.227-232, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.002>
- McPherson, G. E., & Peper, P. J. (2012, 09). Urban Tree Growth Modeling. *Arboriculture & Urban Forestry* 35. 2012. 38(5), S: 172-180. [https://www.fs.fed.us/psw/publications/mcpherson/psw\\_2012\\_mcpherson001.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/mcpherson/psw_2012_mcpherson001.pdf)
- McPherson, G. E., Simpson, J. R., & USDA. (1999, 01). Carbon Dioxide Reduction: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters. *General Technical Report, U.S. Department of Agriculture*, <https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-171>
- McPherson, G. E., Simpson, J. R., Xiao, Q., & Wu, C. (2008, 01). Los Angeles 1-Million Tree canopy cover assessment, *General Technical Report, U.S. Department of Agriculture*, <https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-207>
- Meyer, M. (2016). CHAPTER 14: Invasive species, indigenous vs. alien dendroflora. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 280-293). University of Dresden: John Wiley and Sons Ltd.
- Miljødirektoratet(film). (2020, 04 17). *Klimakur 2030: En presentasjon for kommunene*. Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=GSRaaSdqqzw>
- miljødirektoratet. (2018). *Tiltakskalkulator for luftkvalitet*. Hentet fra miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/tiltakskalkulator-for-luftkvalitet/?kommune=1103&ar=2018>
- miljødirektoratet 1. (2018). *Virkinger av 1,5C global oppvarming*. Hentet fra miljødirektoratet.no: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1117/m1117.pdf>
- miljødirektoratet 2. (2021, 04 08). *Konsekvenser av globale klimaendringer*. Hentet fra miljøstatus.miljodirektoratet.no: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/konsekvenser-av-globale-klimaendringer/>

- miljødirektoratet 3. (2021, 01 18). *Klimaendringer i Norge*. Hentet fra miljøstatus.miljødirektoratet: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimaendringer-i-norge/>
- miljødirektoratet 4. (2020, 10 02). *Klimagasser*. Hentet fra miljøstatus.miljødirektoratet.no: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/Tema/Klima/Klimagasser/>
- miljødirektoratet 5. (2021, 03 20). *Tiltak for å redusere ikke-kvotepliktige klimautslipp*. Hentet fra miljødirektoratet.no: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimatiltak/klimatiltak-for-ikke-kvotepliktige-utslipp-mot-2030/?sector=-10>
- miljødirektoratet 6. (2020, 11 09). *Norske utslipp og opptak av klimagasser*. Hentet fra miljøstatus.miljødirektoratet.no: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/>
- miljødirektoratet 7. (2020, 05 25). *Åpen brenning og brenning av avfall i småovner*. Hentet fra miljødirektoratet.no: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/forurensning/lokal-luftkvalitet/brenning-av-avfall/>
- miljødirektoratet 8. (2021, 03 26). *Spørsmål og svar: Hvordan kan man skille mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor?* Hentet fra miljødirketoratet.no: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/sporsmal-og-svar/>
- miljødirektoratet 9. (2020, 10 13). *Tabeller for omregning fra energivare til kWh*. Hentet fra miljødirektoratet: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabeller-for-omregning-fra-energivarer-til-kwh/>
- miljødirketoratet 10. (2019, 10 07). *Ansvar for klimatilpasning*. Hentet fra miljødirektoratet.no: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/klimatilpasning/veiledning-til-statlige-planretningslinjer-for-klimatilpasning/ansvar-for-klimatilpasning/>
- miljødirektoratet et.al. (2020, 11 23). *Lokal luftforurensning*. Hentet fra miljøstatus.miljødirektoratet.no: [https://miljostatus.miljødirektoratet.no/tema/forurensning/lokal-luftforurensning/](https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/lokal-luftforurensning/)
- miljødirektoratet et.al 1. (2021, 03 25). *Kilder til lokal luftforurensning*. Hentet fra luftkvalitet.miljødirektoratet.no samarbeid med miljødirektoratet; Folkehelseinstituttet; vegvesen, statens; institutt, meteorologisk; helsedirektoratet: [https://luftkvalitet.miljødirektoratet.no/artikkel/artikler/kilder-til-luftforurensning/](https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/artikkel/artikler/kilder-til-luftforurensning/)
- miljødirektoratet et.al 2. (2020, 09 07). *Veitrafikk og luftforurensning*. Hentet fra miljøstatus.miljødirektoratet.no: [https://miljostatus.miljødirektoratet.no/tema/forurensning/lokal-luftforurensning/veitrafikk-og-luftforurensning/](https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/lokal-luftforurensning/veitrafikk-og-luftforurensning/)
- miljødirektoratet et.al 3. (2020, 11 20). *Kvotepliktige og ikke-kvotepliktige klimagassutslipp*. Hentet fra miljøstatus.miljødirektoratet.no: [https://miljostatus.miljødirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-og-kvoteplikt/](https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-og-kvoteplikt/)
- miljødirektoratet et.al 4. (2021, 03 26). *Helseråd og forurensningsklasser*. Hentet fra luftkvalitet.miljødirektoratet.no: [https://luftkvalitet.miljødirektoratet.no/artikkel/artikler/varslingsklasser/](https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/artikkel/artikler/varslingsklasser/)
- miljødirektoratet et.al 5. (2021, 04 18). *Tiltak for bedre lokal luftkvalitet*. Hentet fra luftkvalitet.miljødirektoratet.no: [https://luftkvalitet.miljødirektoratet.no/artikkel/artikler/hva-kan-jeg-gjore/](https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/artikkel/artikler/hva-kan-jeg-gjore/)
- miljødirektoratet et.al 6. (2019, 06 21). *Luftforurensning fra Europa og resten av verden*. Hentet fra miljøstatus.miljødirektoratet: [https://miljostatus.miljødirektoratet.no/tema/forurensning/lokal-luftforurensning/luftforurensning-fra-europa-og-resten-av-verden/](https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/lokal-luftforurensning/luftforurensning-fra-europa-og-resten-av-verden/)
- miljødirektoratet et.al 7. (2020, 10 19). *Vedfyring og luftforurensning*. Hentet fra miljøstatus.miljødirektoratet.no: [https://miljostatus.miljødirektoratet.no/tema/forurensning/lokal-luftforurensning/vedfyring-og-luftforurensning/](https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/lokal-luftforurensning/vedfyring-og-luftforurensning/)
- miljødirektoratet et.al 8. (2021, 04 8). *Regelverk - hvem har ansvar?* Hentet fra luftkvalitet.miljødirektoratet.no: [https://luftkvalitet.miljødirektoratet.no/artikkel/artikler/regelverk/](https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/artikkel/artikler/regelverk/)
- miljødirektoratet. et.al 9. (2021, 04 07). *Årsmiddel for Stavanger, Rogaland*. Hentet fra miljødirektoratet.no: [https://www.miljødirektoratet.no/luftkvalitet-fagbruker?kommune=1103&underside=aarsmiddel](https://www.miljodirektoratet.no/luftkvalitet-fagbruker?kommune=1103&underside=aarsmiddel)
- Muukkonen, P. (2007). Generalized allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe, *European journal of Forest Research* 126, S157-166, Vantaa, Finland: Finnish Forest Research Institute. <https://doi.org/10.1007/s10342-007-0168-4>

- nibio. (2021, 03 25). *Treslag i Norge*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge>
- nibio(alm). (2017, 09 11). *alm*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/alm>
- nibio(ask). (2017, 09 05). *Ask*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/ask>
- nibio(bøk). (2017, 09 21). *Bøk*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/b%C3%B8k>
- nibio(furu). (2017, 09 05). *Furu*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/furu>
- nibio(gran). (2017, 08 21). *Gran*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/gran#>
- nibio(hassel). (2017, 08 18). *hassel*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/hassel>
- nibio(lind). (2017, 09 13). *Lind*. Hentet fra nibio: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/lind>
- nibio(or). (2017, 09 12). *Or*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/or>
- nibio(osp). (2017, 08 21). *Osp*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/osp>
- nibio(rogn). (2017, 08 29). *Rogn og asal (sorbus)*. Hentet fra nibio.no: [https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/rogn-og-asal-\(sorbus\)](https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/rogn-og-asal-(sorbus))
- nibio(selje). (2017, 09 13). *Selje*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/selje>
- nibio(spisslønn). (2017, 08 29). *spisslønn*. Hentet fra nibio.no: <https://www.nibio.no/tema/skog/skoggenetiske-ressurser/treslag-i-norge/%C3%B8nn>
- Norkart AS. (2021, 04 25). *Traktorveien, Stavanger kommune, kommuneplaner*. Hentet fra kommunekart.com: <https://kommunekart.com/>
- Norsk Standard. (2018, 01). *Planteskolevarer Krav til kvalitet, slotering, bunting og merking. NS 4400:2018*. Norge: Standard Norge, ICS:65.020.20.
- Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E., & Lapoint, E. (2013, 03 10). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution* 178. S.229-236, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>
- Nowak, D. J., Kuroda, M., & Crane, D. E. (2004). Tree mortality rates and tree population projections in Baltimore. Maryland, USA. *Urban forestry and urban greening volume 2, side 139-147*, <https://doi.org/10.1078/1618-8667-00030>.
- nysnø. (2021, 03 26). *nysnø hjemmeside*. Hentet fra nysnoinvest.no: <https://www.nysnoinvest.no/no/dette-er-nysno/>
- Næss, B., & Lauvtrebruk, F. N. (2021, 03 26). *FYSISKE EGENSKAPER*. Hentet fra Foreningen Norske lauvtrebruk: <http://www.lauvtrebruk.no/pages/25>
- NAAF. (2021, 03 11). *Fakta om pollenallergi*. Hentet fra Norges astma og allergiforbund: <https://www.naaf.no/fokusomrader/allergi-og-overfølsomhet/pollenallergi/fakta-om-pollenallergi/?epieditmode=true>
- NAAF 1. (2021, 04 14). *pollenvarsel*. Hentet fra Astma- og allergiforbundet: <https://www.naaf.no/pollenvarsel/>
- Oslo kommune. (2016, 01). *BYENS TRÆR*. Hentet fra oslo.kommune.no: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13154699->

1474620521/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Byens%20tr%C3%A6r.pdf

Pedersen, B. (2019, 05 08). *Ozon*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/ozon>

Pedersen, P. A. (2019, 03 07). *Veisalt og planter - en krevende kombinasjon?* Ås, Viken, Norge: Institutt for landskapsarkitektur LANDSAM, NMBU, [https://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjansChl\\_3vAhVEmYsKHc49DmsQFjACegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.miljoogteknikk.no%2Fgetfile.php%2F4412920.896.kujbkzptkjsmlt%2F11.30%2BS](https://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjansChl_3vAhVEmYsKHc49DmsQFjACegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.miljoogteknikk.no%2Fgetfile.php%2F4412920.896.kujbkzptkjsmlt%2F11.30%2BS). Hentet fra [https://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjansChl\\_3vAhVEmYsKHc49DmsQFjACegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.miljoogteknikk.no%2Fgetfile.php%2F4412920.896.kujbkzptkjsmlt%2F11.30%2BSalt%2Bog%2BvegetasjonMilj%25C3%25B8ogTeknikk.pdf&](https://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjansChl_3vAhVEmYsKHc49DmsQFjACegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.miljoogteknikk.no%2Fgetfile.php%2F4412920.896.kujbkzptkjsmlt%2F11.30%2BSalt%2Bog%2BvegetasjonMilj%25C3%25B8ogTeknikk.pdf&)

Pietzarka, U. (2016). CHAPTER 11: Tree pruning: Methods and parameters. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 238-260). Dresden: John Wiley and Sons Ltd.

Plantasjen. (2021, 02 20). *busker*. Hentet fra plantasjen.no: <https://www.plantasjen.no/busker/>

Plantasjen. (2021, 04 17). *Vintergrønne planter*. Hentet fra plantasjen.no: <https://www.plantasjen.no/vintergronne-planter/>

Ratikainen, I. I. (2019, 06 04). *Biologisk mangfold*. Hentet fra snl: [https://snl.no/biologisk\\_mangfold](https://snl.no/biologisk_mangfold)

Ratikainen, I. I. (2020, 08 27). *Økosystem*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/%C3%B8kosystem>

Regjeringen. (2017, 04 05). *Nasjonal transportplan 2018–2029, Meld. St. 33 (2016–2017)*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/?ch=1>

Regjeringen 1. (2019, 01 17). *Granavolden plattformen*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/contentassets/7b0b7f0fcf0f4d93bb6705838248749b/plattform.pdf>

Regjeringen 2. (2020, 11 11). *Den lokale luftkvaliteten i Norge*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/forurensning/innsiktsartikler-forurensning/lokal-luftkvalitet/id2344384/>

Regjeringen 3. (2020, 11 11). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>

Regjeringen 4. (2020, 11 17). *Ny strategi for småbyer*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-strategi-for-smabyer/id2786067/>

Regjeringen 5. (2021, 04 13). *Bærekraftmålene*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/fns-barekraftsmal/id2590133/>

Regjeringen 6. (2020, 10 28). *NOU 2020:12 Næringslivets betydning for levende og bærekraftige lokalsamfunn*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2020-12/id2776843/?ch=3>

Ren, Y., Qu, Z., Du, Y., Xu, R., Ma, D., Yang, G., . . . Chang, J. (2017, 11). Air quality and health effects of biogenic volatile organic compounds emissions from urban green spaces and the mitigation strategies. *Environmental Pollution volume 230*, S:849-861, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.06.049>

Roloff, A. (2016). CHAPTER 7: Vitality assessment, tree architecture. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 140-157). Dresden University of Technology: John Wiley and Sons Ltd.

Roloff 1, A. (2016). CHAPTER 8: language of trees, tree diagnostics. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 158-177). Dresden: John Wiley and Sons Ltd.

Roloff, A., Auch, E., Biernath, M., Gillner, S., Hofmann, M., Kehr, R., . . . Vogt, J. (2016, 02 16). For the sustainable Development of Green Cities. *URBAN TREE MANAGMENT*. Dresden University of Technology, Tharandt, Tyskland: John Wiley and Sons Ltd, EBOOK ISBN: 9781118954577, Objekt-ID: 71537061800002201.

Rogaland Fylkeskommune. (2020). *Vegnorm for sør Rogaland*. Stavanger : Rogaland Fylkeskommune, <https://www.stavanger.kommune.no/siteassets/vei-og-trafikk/vegnorm-for-sor-rogaland/vegnorm-versjon-nr-3-10-november-2020-nr-2.pdf>.

- Roman, L. A., Battles, J. J., & McBride, J. R. (2016, 03). Urban Tree Mortality: a primer on Demographic Approaches, *General Technical Report, United States Department of Agriculture Northern Research Station*, <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-158>
- Russo, A., Escobedo, F. J., Timilsina, N., Schmitt, A. O., Varela, S., & Zerbe, S. (2014, 01 13). Assessing urban tree carbon storage and sequestration in Bolzano, Italy. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* volume 10, S.54-70, <https://doi.org/10.1080/21513732.2013.873822>
- Rust, S. (2016). CHAPTER 9: inventory, risk assesment and managment. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 178-210). Dresden: John Wiley and Sons Ltd.
- Rust, S. (2016). CHAPTER 10: Tree preservation, maintnance and repair. I A. Roloff, *URBAN TREE MANAGMENT* (ss. 211-237). Göttingen: John Wiley and Sons Ltd. .
- Sandnes, Sola og Stavanger kommune. (2011, 03 11). *Plankart ikdp forus* . Hentet fra ikdpforum.com: [https://ikdpforumdotcom.files.wordpress.com/2021/05/plankart-ikdp-forus-med-temakart\\_11.03.2021.pdf](https://ikdpforumdotcom.files.wordpress.com/2021/05/plankart-ikdp-forus-med-temakart_11.03.2021.pdf)
- Sandnes, Sola og Stavanger kommune. (2021, 03 11). *Interkommunal kommunedelplan for Forus 2019-2040. Bestemmelser og retningslinjer*. Hentet fra ikdpforum.com: <https://ikdpforumdotcom.files.wordpress.com/2021/04/2-bestemmelser-revidert-11.03.2021.pdf>
- Seim trær og planter AS. (2021, 04 26). Prislister for trær. (S. D. Carlsen, Intervjuer)
- Shin, W. S. (2006, 04 18). The influence of forest view through a window on job satisfaction and job stress. *Scandinavian Journal of Forest Research, Volume 22*, S.248-253. <https://doi.org/10.1080/02827580701262733>
- Sjølie, H. K. (2021, 03 26). Hjelp til bacheloroppgave karbonbinding i trær. (S. D. Carlsen, Intervjuer)
- Solfjeld, I., & Solfjeld, E. (03,2012, 03). *Etablering av trær*. Statens vegvesen og Oslo kommune Bymiljøetaten, [https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport\\_Etablering%20av%20trer\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport_Etablering%20av%20trer_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Smith, J. C., Barbrook, J., Mackenzie, R., Doick, K., Griffiths, A., Salisbury, A., & Sir William, W. (2018). *The Right Tree in the Right Place for a Resilient Future*. England: Dafra, Forestry Commission, [https://www.forestresearch.gov.uk/documents/5318/7111\\_FC\\_Urban\\_Tree\\_Manual\\_V15.pdf](https://www.forestresearch.gov.uk/documents/5318/7111_FC_Urban_Tree_Manual_V15.pdf).
- SSB. (2016, 06 21). *Nasjonale befolkningsframskrivinger, 2016-2100*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram/aar/2016-06-21>
- SSB 1. (2021, 03 25). *bilparken*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/bilparken>
- SSB 2. (2021, 03 23). *kjørelengder*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/klreg>
- SSB: 06289. (2020, 08 28). *06289: Stående kubikkmasse under bark, og årlig tilvekst under bark, etter treslag (1 000 m<sup>3</sup>) 1933 - 2019*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/06289/>
- SSB: 08940. (2020, 04 04). *08940: Klimagasser, etter utslippkilde, energiprodukt og komponent 1990 - 2019*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/08940/>
- SSB: 08941. (2020, 11 04). *08941: Forsurende gasser, ozonforløpere m.fl., etter kilde (aktivitet), energiprodukt, komponent, statistikkvariabel og år*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/08941>
- SSB: 08942. (2020, 11 04). *08942: Svevestøv, organiske miljøgifter, etter kilde (aktivitet), energiprodukt, komponent, statistikkvariabel og år*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/08942/>
- SSB: 01960. (2021, 03 25). *01960: Registrerte kjøretøy, etter statistikkvariabel og år*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/01960/>
- SSB: 07459. (2021, 02 23). *07459: Alders- og kjønnsfordeling i kommuner, fylker og hele landets befolkning (K) 1986 - 2021*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/07459/>
- SSB: 07832. (2021, 03 25). *07832: Merker og kjøretøygrupper (K) 2008 - 2020*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/07832>

- SSB: 12575. (2021, 03 23). *12575: Kjørelegder, etter kjøretøytype og alder 2005 - 2020*. Hentet fra ssb.no: <https://www.ssb.no/statbank/table/12575/>
- Statens vegvesen 1. (2008, 12). *Støyskjermer*. Hentet fra vegvesen.no: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/99460/binary/157658](https://www.vegvesen.no/_attachment/99460/binary/157658)
- Statens Vegvesen V271. (2016). *V271 Vegetasjon i veg og gatemiljø*. Statens Vegvesen. [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61462/binary/1154726](https://www.vegvesen.no/_attachment/61462/binary/1154726)
- Statens Vegvesen N200. (2018). *N200*. Statens Vegvesen. [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/188382/binary/980128?fast\\_title=Tidligere+utgave%3A+Håndbok+N200+Vegbygging+2014+%2821+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/188382/binary/980128?fast_title=Tidligere+utgave%3A+Håndbok+N200+Vegbygging+2014+%2821+MB%29.pdf)
- Statens vegvesen G. (2019, 12). *Grønnveileder for vestlandet*. Statens vegvesen [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/377774/binary/1355481?fast\\_title=Gr%C3%B8ntveileder+for+Vestlandet+%288+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/377774/binary/1355481?fast_title=Gr%C3%B8ntveileder+for+Vestlandet+%288+MB%29.pdf)
- Statens Vegvesen N100. (2019). *N100*. Statens Vegvesen. <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/om-handbokene/vegnormalene/n100>
- Statens vegvesen 2. (2021, 05 07). *VEGKART, trafikkmengde*. Hentet fra vegkart.atlas.vegvesen.no: [https://vegart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@-34628,6565982,14/hva:~\(id~540\)\)/valgt:323126470:540](https://vegart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@-34628,6565982,14/hva:~(id~540))/valgt:323126470:540)
- Stavanger Kommune. (2021, 03 19). *Gatenorm for Stavanger*. Hentet fra Stavanger.kommune.no: <https://www.stavanger.kommune.no/vei-og-trafikk/veinorm-for-stavanger/#15992>
- Stavanger Kommune 1. (2019, 12 9). *Bestemmelser og retningslinjer*. Hentet fra stavanger.kommune.no: <https://www.stavanger.kommune.no/siteassets/samfunnsutvikling/planer/kommuneplan/arealdel-stavanger-2020/kpa-2019-2034-bestemmelser-og-retningslinjer.pdf>
- Stavanger kommune 2. (2020, 03 04). *Forvaltning for bytrær*. Hentet fra stavanger.kommune.no: <https://www.stavanger.kommune.no/samfunnsutvikling/planer/strategier/forvaltningsplan-for-bytrar/#10992>
- Stavanger kommune 3. (2021, 05 03). *Tilleggshøring for IKDP Forus*. Hentet fra stavanger.kommune.no: <https://www.stavanger.kommune.no/samfunnsutvikling/planer/kommunedelplaner/ikdp-forus/#plankart-og-andre-dokumenter>
- Stephanson et.al, N. L. (2014, 01 15). Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size, *NATURE*, vol 507, <https://doi.org/10.1038/nature12914>
- Strohbach, M. W., Arnold, E., & Hasse, D. (2011, 02 12). The carbon footprint of urban green space—A life cycle approach. Leipzig, Tyskland: *Landscape and urban planning volume 104*, S 220-229, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.013>
- Sunding, P. (2020, 10 04). *Ask*. Hentet fra snl.no: [https://snl.no/ask\\_-\\_planteslekt](https://snl.no/ask_-_planteslekt)
- Sunding, P. (2020, 10 03). *bøk*. Hentet fra snl: <https://snl.no/b%C3%B8k>
- Sunding, P. (2020, 10 04). *lind*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/lind>
- Sunding, P., & Solheim, R. (2019, 07 24). *edelløvskog*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/edell%C3%B8vskog>
- Sunding, P., Magne Grindeland, J., & Foslie, M. (2021, 02 19). *Eik*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/eik>
- TED-Ed (Regissør). (24.04.2020). *What happens if you cut down all of a city's trees? - Stefan Al*, Youtube, <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=zarlI9bx6FI> [Film].
- TED-ed (Regissør). (27.10.2020). *What if there were 1 trillion more trees? - Jean-François Bastin*, Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=3hxE7Af98AI> [Film].
- Traverso, V. (2020, 05 05). The best trees to reduce air pollution. *BBC Future planet*, <https://www.bbc.com/future/article/20200504-which-trees-reduce-air-pollution-best>



- Trondheim kommune. (2017, 10 26). 5. *BYTRÆR*. Hentet fra sites.google.com:  
<https://sites.google.com/trondheim.kommune.no/pfg/vedlegg-gr%C3%B8nne-omr%C3%A5detyper/5-bytr%C3%A6r>
- Troy, A., Grove, M., & O'Neil-Dunne, J. (2012, 06 15). The relationship between tree canopy and crime rates across an urban–rural gradient in the greater Baltimore region, *Landscape and Urban Planning* volume 106, S: 262-270,  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.010>
- U.S. Department Of Energy. (2021, 04 15). *Landscaping for Energy-Efficient Homes*. Hentet fra energy.gov:  
<https://www.energy.gov/energysaver/design/landscaping-energy-efficient-homes>
- Uggerud, E. (2018, 11 26). *terpener*. Hentet fra snl.no: [https://snl.no/terpener\\_-\\_kjemi](https://snl.no/terpener_-_kjemi)
- Uggerud, E. (2020, 02 20). *Flyktige organiske forbindelser*. Hentet fra snl.no: [https://snl.no/flyktige\\_organiske\\_forbindelser](https://snl.no/flyktige_organiske_forbindelser)
- Undheim, A. (2018, 06 15). *Naturbaserte overvannstiltak sitt potensiale til å fremme en bærekraftig byutvikling*. Universitet i Stavanger, Rogaland, Norge: <http://hdl.handle.net/11250/2565807>, <https://uis.brage.unit.no/uis-xmlui/handle/11250/2565807>.
- USDA. (2021, 02 15). *CUFR Tree Carbon Calculator*. Hentet fra fs.usda.gov: <https://www.fs.usda.gov/ccrc/tool/cufr-tree-carbon-calculator-ctcc>
- USDA et.al. (2021, 03 26). *Welcome to i-Tree Species!* Hentet fra itreetools.org: <https://species.itreetools.org/>
- Varkold, N. H. (2014, 08 12). *Etablering av trær i bymiljø*. Norges miljø-og biovitenskapelige universitet (NMBU), Viken, Norge: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/217043>, <http://hdl.handle.net/11250/217043>.
- Vik, U. (2019, 12 13). *rogn*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/rogn>
- Vik, U. (2020, 01 02). *alm*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/alm>
- Wang, H., Maher, B. A., Ahmed, I. A., & Davison, B. (2019, 05 16). Efficient Removal of Ultrafine Particles from Diesel Exhaust by Selected Tree Species: Implications for Roadside Planting for Improving the Quality of Urban Air. *Environmental Science and Technology*, volume 53, Issue 12, <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06629>
- wikipedia (CCS). (2021, 04 19). *Carbon capture and storage*. Hentet fra wikipedia.org:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_capture\\_and\\_storage](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_capture_and_storage)
- wikipedia (almslekta). (2021, 01 27). *Almslekta*. Hentet fra wikipedia.org: <https://no.wikipedia.org/wiki/Almslekta>
- wikipedia (lønneslekten). (2021, 02 09). *Lønneslekten*. Hentet fra wikipedia.org:  
<https://no.wikipedia.org/wiki/L%C3%B8nneslekten>
- wikipedia. (2017, 07 30). *Gøteborgprotokollen*. Hentet fra wikipedia.org:  
<https://no.wikipedia.org/wiki/G%C3%B8teborgprotokollen>
- wikipedia (bjørk). (2021, 03 15). *Vanlig bjørk*. Hentet fra wikipedia.org: [https://no.wikipedia.org/wiki/Vanlig\\_bj%C3%B8rk](https://no.wikipedia.org/wiki/Vanlig_bj%C3%B8rk)
- wikipedia (ask). (2020, 9 15). *Ask*. Hentet fra wikipedia.org: <https://no.wikipedia.org/wiki/Ask>
- wikipedia (poppelslekten) (2019, 07 28) *Poppelslekten*, <https://no.wikipedia.org/wiki/Poppelslekten>
- wikipedia (bøkslekten). (2020, 11 25). *Bøkslekten*. Hentet fra wikipedia.org:  
<https://no.wikipedia.org/wiki/B%C3%B8kslekten>
- wikipedia (orslekten). (2020, 11 21). *Orslekten*. Hentet fra wikipedia.org: <https://no.wikipedia.org/wiki/Oreslekten>
- wikipedia (hasselslekten), (2019, 05 01), *hasselslekten*, Hentet fra Wikibeida.org:  
<https://no.wikipedia.org/wiki/Hasselslekten>
- wikipedia.(asalslekten) (2020, 12 26). *Asalslekten*. Hentet fra wikipedia.org: <https://no.wikipedia.org/wiki/Asalslekten>
- wikipedia (gran). (2020, 12 15). *Gran*. Hentet fra wikipedia.org: <https://no.wikipedia.org/wiki/Gran>
- wikipedia (furuslekten). (2021, 09 11). *furuslekten*. Hentet fra wikipedia.org: <https://no.wikipedia.org/wiki/Furuslekten>
- wikipedia (car longevity). (2020, 04 01). *Car longevity*. Hentet fra wikipedia.org: [https://en.wikipedia.org/wiki/Car\\_longevity](https://en.wikipedia.org/wiki/Car_longevity)

Aarnes, H. (2016, 12 01). *Tre (plante)*. Hentet fra snl.no: [https://snl.no/tre\\_-\\_plante](https://snl.no/tre_-_plante)

Aarnes, H. (2020, 12 07). *nitrogensyklus*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/nitrogensyklus>

Aarnes, H. (2021, 01 25). *Store Norske Leksikon*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/fotosyntese>

## 8.2 Figur-liste

### 1 Introduksjon

**Figur 1:** Oversikt over oppbygningen til oppgaven. Illustrasjon av Simen Duus Carlsen (2021) \_\_\_\_\_ S.8

### 2 Teori

**Figur 2:** Illustrasjon av fotosyntesens kretsløp. Illustrasjon av Simen Duus Carlsen.

Egenfremstilling basert på: Enciclopedia Catalana/KF-arkiv, (2021), *Fotosyntese*, <https://snl.no/fotosyntese>. \_\_\_\_\_ S.10

**Figur 3** Hentet fra: (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), *08940: Klimagasser, etter utslippskilde, energiprodukt og komponent 1990-2019*.  
<https://www.ssb.no/statbank/table/08940>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.11

**Figur 4** Hentet fra: (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), *08940: Klimagasser, etter utslippskilde, energiprodukt og komponent 1990-2019*.  
<https://www.ssb.no/statbank/table/08940>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.11

**Figur 5** Hentet fra: (Mamen & Benestad, drivhuseffekten, 2021)

Hentet fra: Store norske leksikon av CICERO og naturfagsenteret, (2021) *Drivhuseffekten*,

<https://snl.no/drivhuseffekten> \_\_\_\_\_ S.12

**Figur 6** Grafen viser økningen i den globale middeltemperaturen. siden førindustrialisert tid har den økt med mer enn 1 grad. Hentet fra: (Mamen, global oppvarming, 2020)

Hentet fra: Store norske leksikon av Rasmus Benestad, Meteorologisk institutt, (2020) *Middeltemperatur*,

[https://snl.no/global\\_oppvarming](https://snl.no/global_oppvarming) \_\_\_\_\_ S.12

**Figur 7:** Hentet fra: (EPA, 2021)

Hentet fra: United States Environmental Protection Agency, (2021), *Particulate Matter (PM) Pollution*

<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>, \_\_\_\_\_ S.13

**Figur 8** Kildene viser totalt utslipp av luftforurensende stoffer i 2019. Vi ser at CO er desidert høyest, men denne kilden har blitt kraftig redusert de siste årene takket være bedre forbrenningsteknologi. Hentet fra: (miljødirektoratet et. al, 2021) (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), *08941: Forsurende gasser, ozonforløpere m.fl., etter kilde (aktivitet), energiprodukt, komponent, statistikkvariabel og år*, <https://www.ssb.no/statbank/table/08941>

Laget av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.14

**Figur 9:** Illustrasjon fra FHI som viser hvilke påvirkninger metaller har på kroppen. Hvilke deler av kroppen stoffene påvirker, varierer fra typen luftforurensning. Hentet fra: (FHI et.al, 2018)

Hentet fra: Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet., (2018, 02 13), Slik kan metaller påvirke kroppen vår,

<https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/metaller---luftkvalitetskriterier/?term=&h=1> \_\_\_\_\_ S.15

**Figur 10** Symbolet på de forskjellige bærekraftmålene Hentet fra: (United Nations, 2021)

Hentet fra: United Nations. (2021, 01 08). *FNs bærekraftsmål*, <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> \_\_\_\_\_ S.15

### 3 Etablering og forventet levetid av trær i næringsparker

**Figur 11** Samspillet mellom røttene og kronen, samt deres biprodukter. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrert av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.16

**Figur 12:** A: Tykkrotsystem, B: Hjerterotsystem, C: Grunnrotsystem. Hentet fra:(ResearchGate, 2021)

Hentet fra: researchgate.net av Camille B. Lefrancois. (2017). *Fig: 6.22 The major root systems of trees*,

[https://www.researchgate.net/figure/At-the-end-of-their-lives-trees-naturally-enter-the-mortality-spiral-but-stress-hastens\\_fig17\\_320475204](https://www.researchgate.net/figure/At-the-end-of-their-lives-trees-naturally-enter-the-mortality-spiral-but-stress-hastens_fig17_320475204) \_\_\_\_\_ S.17

**Figur 13** Oppbygningen av en stamme. (Aarnes, Tre (plante), 2016) Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.17

**Figur 14** Navnene på de forskjellige delene på bladet. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.18

**Figur 15** Første tegnet på at et tre er stresset kan man se gjennom bladene til treet som her. Bildet viser et stresset lønnetre med brune flekker. Hentet fra: (Toronto Tree Removal, 2021)

Hentet fra: Toronto Tree Removal, (2021), *Tree stress symptoms and signs you should know*, [https://www.google.no/search?q=stressed+tree&tbm=isch&ved=2ahUKEwjZss\\_igvvvAhWFwCoKHXjoBnkQ2-cCegQIABAA&oq=stressed+tree&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzIECAAQEzIICAAQCBAeEBNQxUxY51Fg-FVoAHAAeACAAUOIAYMCKgEBNJgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=rXN1YJmoBYWBqWH](https://www.google.no/search?q=stressed+tree&tbm=isch&ved=2ahUKEwjZss_igvvvAhWFwCoKHXjoBnkQ2-cCegQIABAA&oq=stressed+tree&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECAAQEzIICAAQCBAeEBNQxUxY51Fg-FVoAHAAeACAAUOIAYMCKgEBNJgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=rXN1YJmoBYWBqWH) \_\_\_\_\_ S.19

**Figur 16** Hvis stress holder på i lengre tid, går dette kraftig ut over treet's krone. Dette kan reverseres i tidlig stadier, men for sen behandling fører til død. Hentet fra: (Korn, 2016) (Camille B. Lefrancois, 2017). Redigert av: (Duus Carlsen)

Hentet fra: researchgate.net av Camille B Lefrancois (2017), *Figure 27 Research Gate*, [https://www.researchgate.net/figure/At-the-end-of-their-lives-trees-naturally-enter-the-mortality-spiral-but-stress-hastens\\_fig17\\_320475204](https://www.researchgate.net/figure/At-the-end-of-their-lives-trees-naturally-enter-the-mortality-spiral-but-stress-hastens_fig17_320475204)

Oversatt og forbedret av: Simen Duus Carlsen,(2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.20

**Figur 17** Grafisk fordeling av anbefalt artsmangfold

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.21

**Figur 18** Liste over valgte hvilke kategorier som er valgt for å finne listen over fremmedartet art. (Artsdatabanken, 2020)

Hentet fra: Artsdatabanken, (2020), *Skjermbilde*, <https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018> \_\_\_\_\_ S. 22

**Figur 19** Liste over valgte hvilke kategorier som er valgt for å finne listen over fremmedartet art. (Artsdatabanken, 2020)

Hentet fra: Artsdatabanken, (2020), *Skjermbilde*, <https://artsdatabanken.no/Rodliste> \_\_\_\_\_ S.23

**Figur 20:** Bjørketre (Grindeland, bjørk, 2021)

Hentet fra: Store norske leksikon av Grindeland, J. M., KF/Linden Artists, (2021, 03 16), Bjørk, Hengebjørk med blad og fruktstand, <https://snl.no/bj%C3%B8rk> \_\_\_\_\_ S.24

**Figur 21:** (Sunding, Magne Grindeland, & Foslie, 2021)

Hentet fra: Store norske leksikon av KF/Linden Artists,(2021) *Eik. Treprofil, blad og frukt. – Over: Sommerek. Kort bladstilk og lang fruktstilk*, <https://snl.no/eik> \_\_\_\_\_ S.25

**Figur 22:** (Lofthus, 2018)

Hentet fra: Store norske leksikon av Lofthus, Ø, KF-bok, (2018, 06 01). *lønn (spisslønn). Tre, blad og frukt*,

[https://snl.no/l%C3%B8nn\\_-\\_treslekt](https://snl.no/l%C3%B8nn_-_treslekt), \_\_\_\_\_ S.25

**Figur 23:** (Vik, 2020)

Hentet fra: Store norske leksikon KF/Linden Artists, *Løvtrær*, <https://snl.no/løvtrær> \_\_\_\_\_ S.26

**Figur 24:** (Grindeland, or, 2020)

Hentet fra: Store norske leksikon av Grindeland J. M., KF/Linden Artists (2020, 11 16), *Or. Tre, frukt og blad av gråor (til venstre) og av svartor (til høyre). En karakteristisk forskjell er spissen på bladene som oftest er innbukta hos svartor og mer eller mindre spiss hos gråor*, <https://snl.no/or>, \_\_\_\_\_ S.26

**Figur 25:** (Sunding, Ask, 2020)

Hentet fra: Store norske leksikon KF/Linden Artists,(2021) *Løvtrær*, <https://snl.no/løvtrær> \_\_\_\_\_ S.27

**Figur 26:** (Grindeland, Osp, 2020)

Hentet fra Store norske leksikon av Grindeland, KF/Linden Artists J. M., KF/Linden Artists (2020, 03 13), *Osp. Tre, blad og frukt*, <https://snl.no/osp> \_\_\_\_\_ S.27

**Figur 27:** (Sunding, bøk, 2020)

Hentet fra: Store norske leksikon KF/Linden Artists, (2021) *Løvtrær*, <https://snl.no/løvtrær> \_\_\_\_\_ S.28

**Figur 28:** (Sunding, lind, 2020)

Hentet fra: Store norske leksikon KF/Linden Artists, (2021) *Løvtrær*, <https://snl.no/løvtrær> \_\_\_\_\_ S.28

**Figur 29:** (Grindeland, selje, 2021)

Hentet fra: Store norske leksikon av Grindeland, J. M., KF-bok, (2021, 03 03), *Selje. Tre, blad og hannrackle («gåsunge»)*, <https://snl.no/selje> \_\_\_\_\_ S.29

**Figur 30:** (Grindeland, hassel, 2020)

Hentet fra: Store norske leksikon av Grindeland, J. M, KF-bok, (2020), *Hassel. Tre, blad og frukt (nøtt)*, <https://snl.no/hassel>, \_\_\_\_\_ S.29

**Figur 31** (Vik, rogn, 2019)

Hentet fra: Store norske leksikon KF/Linden Artists, (2021) *Løvtrær*, <https://snl.no/løvtrær> \_\_\_\_\_ S.30

**Figur 32:** (Aune, Gran, 2020)

Hentet fra: Store norske leksikon KF-bok, (2021) *Gran. Frøkongle kvist og tre av vanlig gran, Picea abies*, [https://snl.no/vanlig\\_gran](https://snl.no/vanlig_gran) \_\_\_\_\_ S.30

**Figur 33** (Aune, 2019)

Hentet fra: Store norske leksikon KF-bok, *Furu. Tre kongle og kvist av vanlig furu, Pinus sylvestris*, [https://snl.no/vanlig\\_furu](https://snl.no/vanlig_furu) \_\_\_\_\_ S.31

**Figur 34:** Visuell forskjell på miljøet rundt trær i byer. Mindre tilgang på vann, jord og sol er gjentakende faktorer som går igjen for trær i urbane områder. Ved hjelp av en god overbygning og tanke på plassering får man gitt treet tilgang på flere næringsstoffer som den trenger. (Cities4Forests, 2021)

Hentet fra: Cities4Forests. (2021). *Visualizing the challenges to urban tree growth and survival*. <https://thecityfixlearn.org/learning-guide/1608?page=1> \_\_\_\_\_ S.31

**Figur 35:** Klumplante er den mest vanlige leveringsformen for trær. De bør plantes på våren før 1.juni. Når den er plassert i hullet klippes emballasjen (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Inspirert av: Anita Oppedal, (2012), *Klumplanter er den mest vanlig leveringsformen for trær til grøntanlegg rotklumpen plasseres stabilt på underlaget slik at den ikke synker etter planting*, s.7

[https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport\\_Etablering%20av%20trer\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport_Etablering%20av%20trer_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Illstrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.32

**Figur 36** Barrotplanter plasseres på en forhøyning av pakket jord for å stabilisere treet. Tidsrammen for planting er begrenset til tidlig vår eller tidlig høst. Disse plantene er mer tidkrevende å plante fordi de krever håndarbeid. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012). Illustrasjon: (Duus Carlsen).

Inspirert av: Anita Oppedal, (2012), *Konteinerplanter er dyrket i kar eller konteiner. De har med seg hele rotsystemet og plantetidspunktet er derfor langt mer fleksibelt. Konteinerplanter kan i prinsippet plantes hele året med unntak av den tiden der er tele i bakken*, s.8

[https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport\\_Etablering%20av%20trer\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport_Etablering%20av%20trer_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.32

**Figur 37** Konteinerplanter er dyrket i pottes eller containere. De kan plantes hele året med unntak av når det er frost i jorden. Det kan være begrensninger på denne formen og rot kvaliteten kan være dårligere (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012). Illustrasjon: (Duus Carlsen) S.32

Inspirert av: Anita Oppedal, (2012), *Barrotsplanter plasseres på en forhøyning av pakket jord slik at treet står stabilt og ikke synker ned etter planting. Under arbeidet med å tilbakefylle jord, må jorda arbeides godt inn mellom røttene. Husk: Dette er håndarbeid.*, s.8

[https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport\\_Etablering%20av%20trer\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport_Etablering%20av%20trer_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.32

**Figur 38** Prinsipp på hvordan man kan plante trær i en gågate eller parkeringsplass. Se også vedlegg (Stavanger Kommune, 2021). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Egentegnet tegning basert på: Stavanger kommune, (2020), *Prinsipp treplanting*, [https://www.stavanger.kommune.no/siteassets/vei-og-trafikk/veinorm/gatetrar/t\\_prinsippdetaljer-og-snitt\\_falk-a3-plan.pdf](https://www.stavanger.kommune.no/siteassets/vei-og-trafikk/veinorm/gatetrar/t_prinsippdetaljer-og-snitt_falk-a3-plan.pdf)

Illustrasjon av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.33

**Figur 39** Anbefalt kornfordeling av rot vennlig forsterkningslag. (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)

Hentet fra: Trond Knap Haraldsen, (2012), *Figur over: Trond Knap Haraldsen, Bioforsk*, s.24,

[https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport\\_Etablering%20av%20trer\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport_Etablering%20av%20trer_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y) S.33

**Figur 40:** Rot vennlig forsterkningslag med trykkplattform. Det gjør det mulig å frigi mer areal rundt stammen og øke jordvolumet til treet. På bilde er det også plassert gule, og blå vann- og luftrør. (Harald Smit innlandet trepleie, 2021)

Hentet fra: Harald Smit innlandet trepleie, (2021, 04 23), *Rotvennlig forsterkningslag*, <https://innlandet-trepleie.com/rotvennlig-forsterkningslag.html> \_\_\_\_\_ S.34

**Figur 41** Illustrasjon av sammenhengende bed. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.34

**Figur 42:** (geograph. or, 2008)

Hentet fra: geograph. or. (2008, 06 27). *File:Trees in Shoreditch Park - geograph.org.uk - 871120.jpg.*,

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trees\\_in\\_Shoreditch\\_Park\\_-\\_geograph.org.uk\\_-\\_871120.jp](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trees_in_Shoreditch_Park_-_geograph.org.uk_-_871120.jp), \_\_\_\_\_ S.35

**Figur 43** (Duus Carlsen, 2021)

Bilde tatt av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.35

**Figur 44** Lag av kompost lagt over matjord (Solfjeld & Solfjeld, 03,2012)

Hentet fra: Anita Oppedal, (2012), *Eksempel på riktig utlegging av dekkmateriale*,

[https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport\\_Etablering%20av%20trer\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2507936/Rapport_Etablering%20av%20trer_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y) \_\_\_\_\_ S.35

**Figur 45:** Bark (Laakso, 2021)

Hentet fra: Laakso, T. (2021, 04 23). *Pinus sylvestris (bark surface)*,  
<https://www.google.com/search?q=bark&tbm=isch&tbs=il:cl&hl=no&sa=X&ved=0CAAQ1vwEahcKEwjoip4pTwAhUAAAAAHQAAAAQAg&biw=1243&bih=1258#imgrc=cvA6BSof1V62rM> \_\_\_\_\_ S.35

**Figur 46** Eksempel på rot-kvelning. (Roloff, 2016)

Hentet fra: URBAN TREE MANAGMENT av Andreas Roloff, *Figure 8.13 Root collar strangling*, S.173,  
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/uisbib/reader.action?docID=4179174&ppg=158> \_\_\_\_\_ S.36

**Figur 47** Et tre som ikke har fått tilstrekkelig vokseplass. Elefantfot (Wilson)

Hentet fra: Wilson, D. (2021). *metal in tree 1*. <https://no.pinterest.com/pin/390194755190545009/> \_\_\_\_\_ S.36

**Figur 48** Glatte gangfelt. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.37

**Figur 49** Noen visuelle fordeler med trær. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.38

**Figur 50** Avgjørelsesskjema som kombinerer urbane områder med forskjellige etterspurte elementer og krav til hva som må tas hensyn til på området. Skjemaet er et utdrag fra boken URBAN TREE MANAGMENT (Roloff, et al., 2016). Mørke-blå betyr at det er kritisk behov for å ta hensyn til elementet. Lyseblå betyr at det er et behov, men ikke kritisk å ta hensyn til elementet. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016). Redigert og oversatt av: (Duus Carlsen)

Hentet fra: URBAN TREE MANAGMENT av Andreas Roloff, (2016), *Figure 15.4 Decision matrix that combines the classified urban tree locations with the different aspects of human demand and required site conditions for urban trees...*, S.305,  
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/uisbib/reader.action?docID=4179174&ppg=294>

Redigert og oversatt av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.40

**Figur 51** Illustrasjon av den økonomiske verdien til et tre gjennom levetiden. (Stavanger kommune, 2020)

Hentet fra: Stavanger.kommune.no, *Figur 6: Treets samfunnsverdi i forhold til alderen, kilde: Oslo kommune, Byens trær, 2016,*

<https://www.stavanger.kommune.no/samfunnsutvikling/planer/strategier/forvaltningsplan-for-bytrar/#11045> \_\_\_\_\_ S.40

**Figur 52** I Baltimore var det mest sannsynlig at trær døde langs veier og i næringsparker. Dette samsvarer med den økte stressfaktoren i slike områder. (Nowak, Kuroda, & Crane, 2004) (Roman, Battles, & McBride, Urban Tree Mortality: a primer on Demographic Approaches, 2016) (Korn, 2016)

Modellen er basert på: Tree mortality rates and tree population projections in Baltimore. Maryland, USA, (2004), *Table 2. Percent average anual mortality by land-use type in Baltimore between 1999-2001*, <https://doi.org/10.1078/1618-8667-00030>.

Fremstilling laget av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.41

**Figur 53** Vi ser at ved en høy dødelighet vil under halvparten av de originalt plantede trærne være igjen etter 30 år. Ved en lav dødelighet vil man kunne bruke mindre ressurser på retablering av trær. (McPherson, Simpson, Xiao, & Wu, 2008) (Roman, Battles, & McBride, Urban Tree Mortality: a primer on Demographic Approaches, 2016)

Hentet fra: Urban Tree Mortality: a primer on Demographic Approaches,(2016) *Figure 2.- assumed survivorship curves used in ecosystem services projectons of the Million Tree LA program in Los Angeles, with (A) and with (B) natural log (ln) transformation, Adapted from McPherson et al. (2008), s.11*, <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-158> \_\_\_\_\_ S.41

**Figur 54** Fiksjonell graf av dødeligheten til trær hvert år ut fra stammens diameter i brysthøyde. Grafen er basert på hva som er nevnt i tidligere undersøkelser. (Roman, Battles, & McBride, Urban Tree Mortality: a primer on Demographic Approaches, 2016). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Data basert på: Urban Tree Mortality: a primer on Demographic Approaches,(2016) *Figure 3 og Figure 4*, s.13,  
<https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-158>

Illustrasjon av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.42

#### 4 Luftforurensning i byer og strategier for å forbedre den



**Figur 55** Fordeling av PM 10 og 2,5 utslipp fra forskjellige kjøretøy. Utslipet har gått kraftig ned blant tyngre kjøretøy de siste 30 årene. (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), 08942: *Svevestøv, organiske miljøgifter, etter kilde (aktivitet), energiprodukt, komponent, statistikkvariabel og år*, <https://www.ssb.no/statbank/table/08942/>

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.45

**Figur 56** Utslipp av NOx fra bilder siden 1990 fra de ulike kjøretøyene. Dieserbiler er kilden til det meste av NOx utslippet til kjøretøy. (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), 08941: *Forsurende gasser, ozonforløpere m.fl., etter kilde (aktivitet), energiprodukt, komponent, statistikkvariabel og år*, <https://www.ssb.no/statbank/table/08941>

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.45

**Figur 57** Graf over utslipp av PM partikler fra vedfyring. (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), 08942: *Svevestøv, organiske miljøgifter, etter kilde (aktivitet), energiprodukt, komponent, statistikkvariabel og år*, <https://www.ssb.no/statbank/table/08942/>

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.48

**Figur 58:** Små blader med en komplisert bladrand og en kort bladstilk som bjørkeblad, og bartrær med nåler er best til å fange opp partikler (Barwise & Kumar, 2020) (Traverso, 2020).

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2020), Stavanger \_\_\_\_\_ S. 50

**Figur 59** Bilde av overflaten til et blad med hår og voks. Denne typen overflate gir best partikkelfangst. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2020), Stavanger \_\_\_\_\_ S.51

**Figur 60** (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019) fant ut at Sølvbjørk, barlind, svarthyll, lønn og ask var en av de beste trærne til å fjerne PM partikler på mellom 9,8 til 30 mikrometer langs veier i England. Ved å bruke disse artene langs veier mener de at man kan fjerne PM partikler med over 20%. Bakgrunnen for at disse trærne fanger opp partikler bedre enn andre arter var på grunn av at overflaten til bladene og barnålene besto av hår eller epikutikulær voks. Graf redigert av (Duus Carlsen)

Fotokjemisk effekt, responsen på turbulens og det kjemiske/elektronisk potensial vil også øke partikkelopptaket langs bladhårene. (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019)

Data brukt fra: Efficient Removal of Ultrafine Particles from Diesel Exhaust by Selected Tree Species: Implications for Roadside Planting for Improving the Quality of Urban Air, (2019), *Figure 2. UFP removal of different plant species for different particle size bins*, <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06629>

Illustrasjon redigert av Simen Duus Carlsen, (2019), Stavanger \_\_\_\_\_ S.51

**Figur 61** Metallene jern, sink, kobber og mangan regnes som noen av de giftigste metallene for mennesker å bli eksponert for. Disse metallene kommer fra bremseskiver og eksos. Sølvbjørk, lønn, hagtorn og barlind klarte best å fange opp disse metallene i undersøkelsen til (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019). redigert av: (Duus Carlsen)

Data brukt fra: Efficient Removal of Ultrafine Particles from Diesel Exhaust by Selected Tree Species: Implications for Roadside Planting for Improving the Quality of Urban Air, (2019), *Figure 4 metal concentrations of leaf leachates postexposure...*, <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06629>

Illustrasjon redigert av Simen Duus Carlsen, (2019), Stavanger \_\_\_\_\_ S.52

**Figur 62** Undersøkelsen til (Beckett, Smith, & Taylor, 2000) viser at bartrær som furu og sypryss er gode partikkelfangere, og stopper flere PM10 (øverste graf) og PM2,5 (underste graf) enn andre løvtrær som var sammenlignet i undersøkelsen.

Data hentet fra: EFFECTIVE TREE SPECIES FOR LOCAL AIRQUALITY MANAGEMENT,(2000), *Figure 1 coarse particulate material og Figure 2 fine particulate material*, S.15,

Illustrasjon redigert av Simen Duus Carlsen, (2019), Stavanger \_\_\_\_\_ S.63

**Figur 63** Ved å ha grønne vegger får man tilgang på ren luft, og partiklene kan feste seg på blader. Det er blitt bevist at mer tradisjonell utforming med trær langs veien bidrar til dårligere luftkvalitet fordi de samme partiklene blir sirkulert under

trekronene. Grønne tak bidrar også til å fange partikler som flyr over lengre avstander. (Smith, et al., 2018) (Abhijih, et al., Atmospheric Environment volume 162, S: 71-86, 2017) (Barwise & Kumar, 2020). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2020), Stavanger \_\_\_\_\_ S.55

**Figur 64** Gater med et forhold mellom høyde og bredde på mellom 0,5-2 bør det legges lave tette vegetasjons Barrier og grønne fasader for å få tilgang på ren luft, og beskytte mennesker for veistøv. (Abhijih, et al., Atmospheric Environment volume 162, S: 71-86, 2017). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2020), Stavanger \_\_\_\_\_ S.55

**Figur 65** I bredere gater der forholdet mellom høyden og bredden er under 0,5 er det anbefalt med høye vegetasjonssperrer på over 3 meter. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2020), Stavanger \_\_\_\_\_ S.56

**Figur 66** Vegetasjon på åpne områder bør plantes tett til forurensningskilden. På parkeringsplasser kan det kombineres med lav og høy vegetasjon hvis forholdet mellom høyden på trærne og bredden på parkeringsplassen er over 0,5. (Barwise & Kumar, 2020). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Illustrasjon av Simen Duus Carlsen, (2020), Stavanger \_\_\_\_\_ S.57

## 5 Klimagassutslipp og trærs Karbonbinding i næringsparker

**Figur 67** (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), 08940: Klimagasser, etter utslippkilde, energiprodukt og komponent 1990-2019. <https://www.ssb.no/statbank/table/08940>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.59

**Figur 68** (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), 08940: Klimagasser, etter utslippkilde, energiprodukt og komponent 1990-2019. <https://www.ssb.no/statbank/table/08940>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.60

**Figur 69** (miljødirektoratet et.al, 2020)

Data hentet fra: miljødirektoratet og SSB, (2019), Figur 1 Kvotepiktige og ikke-kvotepiktige klimagassutslipp i 2019 <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-og-kvotepikt/>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.60

**Figur 70** Kjørelengden totalt har blitt redusert med 4,6% fra 2019 til 2020 (SSB, 2021)

Data hentet fra: SSB, (2021), 12575: Kjørelengder, etter kjøretøytype og alder 2005 – 2020, <https://www.ssb.no/statbank/table/12575/>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.62

**Figur 71** Vi ser en økende trend i antall kjøretøy (SSB, 2021).

Data hentet fra: SSB, (2021), 07832: Merker og kjøretøygrupper (K) 2008 – 2020, <https://www.ssb.no/statbank/table/07832>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.62

**Figur 72** Klimagassutslippet totalt fra kjøretøy er blitt redusert til 1990 nivå. (SSB, 2020)

Data hentet fra: SSB, (2020), 08940: Klimagasser, etter utslippkilde, energiprodukt og komponent 1990-2019. <https://www.ssb.no/statbank/table/08940>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.63

**Figur 73** Grafen er basert på CNN og Bloomberg sine antagelser om fordeling av energikilden til kjøretøy satt sammen med statistikk av antall kjøretøy i Norge. Grafen er kun en visuell fremstilling, og ikke en reel modell. (McKerracher, et al., 2020) (CNN Business & Riley, 2020) (SSB, 2021). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Data basert på: SSB, (2021), 01960: Registrerte kjøretøy, etter statistikkvariabel og år, <https://www.ssb.no/statbank/table/01960/>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.63

**Figur 74** Fremtidig antatt totalt klimautslipp på de valgte årene hvis alle foreslåtte tiltak i klimakur 2030 for veitrafikken blir fulgt. 2019 er faktiske målinger, 2030 er antatt utslipp for 2030 utgjort av klimakur. 2050 er en hypotetisk vurdering på hvor utslippet vil ligge hvis utslippet synker like mye i prosent i perioden 2030-2050 som perioden 2019-2030. (miljødirektoratet et.al, 2020)

Data hentet fra: Klimakur 2030, (2020) *Tabell S 1. Samlet utslippsreduksjonspotensial i perioden 2021-2030(utover referanebanen)*., s.6, [https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625\\_sammendrag.pdf](https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625_sammendrag.pdf)

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.65

**Figur 75** Tallene er tatt fra Klimakur 2030 (miljødirektoratet, 2021)

Hentet fra: miljødirektoratet, (2021), *Tiltak for å redusere ikke-kvotepliktige klimagautslipp*, <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimatiltak/klimatiltak-for-ikke-kvotepliktige-utslipp-mot-2030/?sector=-10>

Laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.65

**Figur 76** Utslippsbudsjett som gir 50% reduksjon. Søylediagram hentet fra klimakur 2030 (miljødirektoratet, 2021)

Hentet fra: Klimakur 2030, (2020) *Figur S 2. Utslippsbudsjett som gir 50% reduksjon og utslippsframskrivningene fra NB2020*, S.2,

[https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625\\_sammendrag.pdf](https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625_sammendrag.pdf) \_\_\_\_\_ S.66

**Figur 77:** Selv om noen arter vokser fortere enn andre, kan eldre trær med en senere vekst ta opp mer CO<sub>2</sub> i løpet av sin levetid enn hurtigvoksende trær med en kort levetid. (McPherson, Simpson, & USDA, 1999)

Hentet fra: Carbon Dioxide Reduction: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters av McPherson, G. E., Simpson, J. R., & USDA. (1999, 01), *Figure 3—Growth rate and life span influence CO<sub>2</sub> sequestration. In this example, the total amount of CO<sub>2</sub> sequestered over 60 years by the slower growing maple (3,225 kg) is greater than the amount sequestered by the faster growing but shorter-lived poplar (2,460 kg). Growth curves and biomass equations used to derive these estimates are based on data from urban trees (Frelich 1992, Pillsbury and Thompson, 1995)*,

<https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-171> \_\_\_\_\_ S.67

**Figur 78** Vokseegenskaper til trær. Biomassen til treet varierer ut ifra veksten på stammen i brysthøyde ut ifra hvilken art treet er. Undersøkelsen er utført av (Jenkins, Chojnacky, Heath, & Birdsey, 2003)

Hentet fra: National-Scale Biomass Estimators for United States Tree Species,(2003),

*Figure 3 og Figure 4*, S. 22 og 23 \_\_\_\_\_ S.67

**Figur 79:** Teoretisk tenkt om hvordan et tre kan ta opp CO<sub>2</sub> i løpet av sitt liv. Dette er laget som et scenario hvis ingen parametere for begrenset vekst er til stede. Figuren er laget i anledning med planting av 188 800 trær i «Sacramento Shade Program» (McPherson, Simpson, & USDA, 1999)

Hentet fra: Carbon Dioxide Reduction: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters av McPherson, G. E., Simpson, J. R., & USDA. (1999, 01), *Figure 6—Projected CO<sub>2</sub> reductions and releases from Sacramento Shade Program's planting of 188,800 trees during 1991-95*, <https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-171> \_\_\_\_\_ S.68

**Figur 80** Potensielt gjennomsnittlig Karbonbinding per treart per år fra ulike arter basert på utregningene gjennom tørrdensitet. Tabell 15 er brukt. NB! Pisk vil ta opp vesentlig mindre, mens eldre fullvoksne trær vil binde opp vesentlig mer CO<sub>2</sub> enn vist i grafene. (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011)

Illustrasjon laget av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.68

**Figur 81** Gjennomsnittlig karbonopptak og karbonbinding per kvadratmeter. (McGovern & Pasher, Urban Forestry and Urban Greening volume 20, 2016) (Nowak, Greenfield, Hoehn, & Lapoint, 2013)

Illustrasjon laget av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.68

**Figur 82** (Russo, et al., 2014)

Hentet fra: Assessing urban tree carbon storage and sequestration in Bolzano, Italy, (2014), *figure 5 Average carbon sequestration (kg/year) estimates for the five most common tree species calculated using three different methods, Error bars represents +/- one standard error of the mean*,

<https://doi.org/10.1080/21513732.2013.873822> \_\_\_\_\_ S.72

**Figur 83:** Bildene viser hvordan man kan få skuddene på stammen til å vokse slik at man får en ønsket arkitektoniske kroneform fra stammen. (2016)

Hentet fra: URBAN TREE MANAGEMENT av Roloff, A., 2016, Figure 7.1 The five most important

architectural models of broadleaved trees. s. 142, Universitet i dresden, Tyskland, John Wiley & Sons Ltd. \_\_\_\_\_ S.72

**Figur 84:** De 4 livsstadierne til et tre sett fra flyfoto. Nettokarbonbinding på de ulike nivåene er som følger: nivå 1=1, nivå 2=0,75, nivå 3=0,42 og nivå 4=0,15 prosent av original karbonbinding. (2016) (McPherson & Peper, 2012)

Hentet fra: URBAN TREE MANAGEMENT av Roloff, A., 2016, Figure 7.10 Vitality classes 0-3 in

aerial photographs, s. 156. Universitetet i Dresden, Tyskland: John Wiley & Sons Ltd. \_\_\_\_\_ S.73

**Figur 85** en undersøkelse på kroneveksten på samme tre mellom byene Cheyenne og Ft Collins tyder på at kronen til trær i områder med mye vind og dårligere værforhold blir 55% av størrelsen til trær i bedre vind og værforhold. Det samme gjelder i områder hvor jorden holder dårligere på vann. (McPherson & Peper, Urban Tree Growth Modeling, 2012)

Hentet fra: Urban Tree Growth modeling, (2012), Figure 2 Tree height, crown base and leaf area for same -aged green ash in Fort Collins and Cheyenne..., S.176, USDA \_\_\_\_\_ S.73

**Figur 86** Parkym-innhold til trær i prosent. (Pietzarka, 2016). Hentet fra (Roloff, et al., 2016). Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Data hentet fra: URBAN TREE MANAGEMENT CH 11 av Pietzarka, Ulrich, Figure 11.5 Parenchyma content of different tree species. S. 246, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/uisbib/reader.action?docID=4179174&ppg=238>

Illustrert og redigert av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.74

**Figur 87** Forventet befolkningsantallet delt på målet av totalt klimagassutslipp fra 1990 til 2050. (SSB, 2021) (SSB, 2020) (Regjeringen, 2019) (SSB, 2016)

Data Hentet fra: SSB, (2020), 07459: Alders- og kjønnsfordeling i kommuner, fylker og hele landets befolkning (K) 1986 – 2021, 08940: Klimagasser, etter utslippskilde, energiprodukt og komponent 1990-2019, Nasjonale befolkningsframskrivninger, 2016-2100.

Illustrasjon laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.75

## 6 Eksempelområde og beregninger av partikkelfangst og karbonbinding

**Figur 88:** Oversiktskart av eksempelområde. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

Hentet fra: Kartverket. (2021, 04 10). Traktorveien,

<https://www.norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1003&zoom=15&lat=6565654.87&lon=-34868.14&markerLat=6565654.869018717&markerLon=-34868.14316270582&panel=searchOptionsPanel&sok=Traktorveie> \_\_\_\_\_ S.77

**Figur 89** Plankart over planområdet hentet fra kommuneplaner PBL 2008. H2 – reguleringsplan over Tvedt senteret, KJ2-reguleringsplaner for Koppholmen. H320 – Flomfare, H810\_1 - krav om felles planlegging. Fargekoder: lilla – Næringsbebyggelse, hvite og gule striper – kombinert bebyggelse og anleggsformål, grønn – grønnstruktur, brun – kollektivnett. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2011)

Skjermdump fra plankart, (2021), Kommuneplaner PBL 2008,

[https://ikdpforusdotcom.files.wordpress.com/2021/05/plankart-ikdp-forus-med-temakart\\_11.03.2021.pdf](https://ikdpforusdotcom.files.wordpress.com/2021/05/plankart-ikdp-forus-med-temakart_11.03.2021.pdf) \_\_\_\_\_ S.78

**Figur 90:** Støynivå (miljøstatus, 2021)

Hentet fra: miljøstatus, (2021, 05 07), støy - vei (gjennomsnittlig) traktorveien,

<https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/KlientFull.htm?> \_\_\_\_\_ S.80

**Figur 91** Visualisering av kveldssol på området. bildet er kun ment som en illustrering av hvordan skyggen legger seg. Illustrert av (Duus Carlsen)

Illustrasjon laget av Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.80

**Figur 92:** (Norges Geologiske undersøkelser, 2021)

Hentet fra: Norges Geologiske undersøkelser, (2021, 05 07), Løsmasser - nasjonal løsmassedatabase traktorveien,

[http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/) \_\_\_\_\_ S.80

**Figur 93:** Flyfoto fra 1937 og 1993 (Norge i Bilder, 2021)

Hentet fra: Norge i Bilder. (2021, 02 23). *traktorveien, 1937 og 1993*,

<https://norgebilder.no/> \_\_\_\_\_ S.81

**Figur 94** Kart over årsmiddelutslippet av luftforurensende gasser i og rundt området i perioden 2016-2019. (miljødirektoratet. et.al, 2021)

Hentet fra: miljødirektoratet, (2021), *Årsmiddel for Stavanger, Rogaland 2016-2019, Traktorveien*, <https://www.miljodirektoratet.no/luftkvalitet-fagbruker?kommune=1103&underside=aarsmiddel>

Redigert av Simen Duus Carlsen, (2019), Stavanger \_\_\_\_\_ S.82

**Figur 95:** Dimensjoner hentet fra N100 (Statens vegvesen, 2019)

Statens vegvesen. (2019, 05). *Figur D.42: Dimensjoner for utendørs parkeringsanlegg for bil og D20: Krav til dimensjoner for personbilverkøring*,

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61414/binary/1355470?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N100+Veg-+og+gateutforming+%286+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/61414/binary/1355470?fast_title=H%C3%A5ndbok+N100+Veg-+og+gateutforming+%286+MB%29.pdf) \_\_\_\_\_ S.83

**Figur 96:** Illustrasjon av hvordan 45 graders parkering er dimensjonert og 90 grader sykkelparkering. Illustrasjon: (Duus Carlsen)

90 grader sykkelparkering hentet fra: *Figur D.44: Sykkelparkering, vinkelrett parkering (mål i m)*, [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61414/binary/1355470?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N100+Veg-+og+gateutforming+%286+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/61414/binary/1355470?fast_title=H%C3%A5ndbok+N100+Veg-+og+gateutforming+%286+MB%29.pdf)

Illustrasjon av 45 grader parkering laget av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.83

**Figur 97:** Dimensjoner på kantstein i henhold til N200 (Statens vegvesen )

Hentet fra: Statens vegvesen Håndbok N200. (2018). *Figur 751.1 Eksempel på setting av kantstein når det er grønt bak kantsteinen (mål i mm) og 751.2. Eksempel på setting av kantstein når det er steindekker bak kantsteinen (mål i mm)*, S.266,

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf) \_\_\_\_\_ S.84

**Figur 98** Dimensjoner av planteavstander i vegetasjonsbarrieren. Treet er 1,5m fra veien. Illustrasjon (Duus Carlsen)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021) \_\_\_\_\_ S.85

**Figur 99** Dimensjonerende oppbygning av bed på parkeringsplassene. Illustrasjon (Duus Carlsen)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021) \_\_\_\_\_ S.85

**Figur 100** Dimensjonerende oppbygning av vegetasjonsbarrieren. Barrieren er minst 6m høy og skal ikke ha grener som lener seg over kjørebane. Illustrasjon (Duus Carlsen)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021) \_\_\_\_\_ S.86

**Figur 101:** Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), *Dimensjonerende oppbygning av grønne vegger*.

Egen fremvisning av: Amalie Undheim, (2018), *Figur 4.15 Prinsipiell oppbygning av regnbed i kombinasjon med grønne vegger i urbane områder*, S. 46, Naturbaserte overvannstiltak sitt potensiale til p fremme en bærekraftig byutvikling.

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021) \_\_\_\_\_ S.86

**Figur 102:** Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), *Gjennomsnittlig karbonbinding hvert*

*år ut ifra dødsrate*, Stavanger \_\_\_\_\_ S.88

**Figur 103:** Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), *Den kumulative karbonbindingen ut*

*ifra de ulike dødelighetsratene*, Stavanger, \_\_\_\_\_ S.88

**Figur 104:** Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), *Oversiktskart over konsept*, Stavanger \_\_\_\_\_ S.90

## 8.3 Tabell-liste

### 2 Teori

**Tabell 1:** Utslipp av en gitt klimagass målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter er et uttrykk for hvor mye CO<sub>2</sub> som skal til for å gi tilsvarende oppvarming. Globalt oppvarmingspotensial (GWP) er et uttrykk for hvor sterk gassen er, og brukes som omregningsfaktor.

Hentet fra: Miljødirektoratet 10, (28.11.2019), *Tabell for omregning til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter*, <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabell-for-omregning-av-co2-ekvivalenter/> S. 10

**Tabell 2:** Oversikt over forskjellige navn på svevestøv ut ifra deres partikkelstørrelse (miljødirektoratet et. al, 2021). Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), S.13

### 3 Etablering og forventet levetid av trær i næringsparker

**Tabell 3:** Tabellen viser hva som gir stress på trær og konsekvensene av dem. (Korn 2, 2016)

Hentet fra: URBAN TREE MANAGEMENT av Sandra Korn, (2016), *Table 5.1 Examples for biotic and abiotiv stressors*, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/uisbib/reader.action?docID=4179174&ppg=89>, John Wiley & Sons Ltd

Redigert av: Simen Duus Carlsen, (2021), S.18

**Tabell 4:** Oversikt over oksygeninnhold og CO<sub>2</sub> i prosent fra ulike steder (Korn, 2016).

Hentet fra: URBAN TREE MANAGEMENT av Sandra Korn, (2016), *Table 4.1 Comparison of the Composition of soil air at one meter depth*(Roberts,et al., 2006), John Wiley & Sons Ltd S.19

**Tabell 5:** Utvalg av trearter kategorisert etter hvilke miljø påvirkninger de tåler best. Artene er tatt fra resultater fra flere forskningsartikler. (Gillner, Hofmann, Tharang, & Vogt, 2016) (Barwise & Kumar, 2020) (Pedersen P. A., 2019) (Korn, 2016) (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019) (Stavanger Kommune, 2021) (Statens vegvesen, 2019) (Statens Vegvesen, 2016). For flere valg sjekk lenke: (Statens vegvesen, 2019)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), S.20

**Tabell 6:** SH = Svært høy risiko, HI = Høy risiko

Hentet fra: Artsdatabanken 2018, (2020), *Fremmedartslista 2018*,

<https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018>, S.22

**Tabell 7:** G = giftig, LO = lav risiko, PH = Potensielt høy risiko

Hentet fra: Artsdatabanken, (2020), *Rødlistede arter frem til 2015*, <https://artsdatabanken.no/Rodliste>, S.23

**Tabell 8:** (Undheim, 2018), (Plantasjen, 2021) (Plantasjen, 2021)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), S.24

**Tabell 9:** Variabler vi trenger til utregningene

Hentet fra: ,Lara A Roman,(2016), *Table 2.—Notation and formulas for the age-based urban tree life table*.

*Notation mostly follows Carey (1993), with censoring terms from Klein and Moeschberger (1997)*, <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-158>,

Redigert av: Simen Duus Carlsen, (2021) S.43

**Tabell 10:** Formler vi trenger for å finne forventet levetid og forventet dødelighet blant trær hvert år.

Hentet fra: ,Lara A Roman,(2016), *Table 2.—Notation and formulas for the age-based urban tree life table*.

*Notation mostly follows Carey (1993), with censoring terms from Klein and Moeschberger (1997)*, <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-158>



Redigert av: Simen Duus Carlsen, (2021), \_\_\_\_\_ S.43

#### 4 Luftforurensning i byer og strategier for å forbedre den

**Tabell 11:** Forkortet tabell over luftkvalitetskriterier i Norge og deres helseeffekt. (miljødirektoratet et.al, 2021).

Hentet fra: luftkvalitet.miljødirektoratet.no, (2021), *Helseråd og forurensningsklasser*,  
<https://luftkvalitet.miljødirektoratet.no/artikkel/artikler/varslingsklasser/>,

Redigert av: Simen Duus Carlsen, (2021), \_\_\_\_\_ S.45

**Tabell 12:** Grenseverdiene for de forskjellige forurensende stoffene per kubikkmeter hentet fra forurensingsforskriften. (LOVDATA, 2021)

Hentet fra: LOVDATA, (2021). § 7-6.Grenseverdier for tiltak,

[https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL\\_3#KAPITTEL\\_3](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3), \_\_\_\_\_ S.45

**Tabell 13:** Tabell over gode partikkelfangere og deres partikkelfangst av PM partikler. Tabellen viser også hvilke arter som slipper ut lite VOC gasser. (Barwise & Kumar, 2020) (Wang, Maher, Ahmed, & Davison, 2019) (Beckett, Smith, & Taylor, 2000)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), \_\_\_\_\_ S.53

**Tabell 14:** Trær som gir fra seg mest pollen som gir allergiske reaksjoner (Fjeld, 2014)

Hentet fra: Bjørnhild Fjeld, (2014), *FAKTA ALLERGENE POLLEN s.22*, <https://www.naaf.no/globalassets/x-gamle-bilder/documents/1.-astmaallergi/aa-2-14/sider-fra-aa-2-14-trar-til-besvar.pdf>, \_\_\_\_\_ S.53

**Tabell 15:** Tabellene trær som slipper ut noe og sjeldent allergier i Norge. (Fjeld, 2014)

Hentet fra: Bjørnhild Fjeld, (2014), *FAKTA ALLERGENE POLLEN s.22*, <https://www.naaf.no/globalassets/x-gamle-bilder/documents/1.-astmaallergi/aa-2-14/sider-fra-aa-2-14-trar-til-besvar.pdf>, \_\_\_\_\_ S.54

#### 5 Klimagassutslipp og trærs Karbonbinding i næringsparker

**Tabell 16:** gjennomsnittlig kjørelengde per kjøretøy i 2019 (SSB, 2021)

Hentet fra: SSB.no, (2021), *Gjennomsnittlig kjørelengde per kjøretøy (km)*, <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/klreg>, \_\_\_\_\_ S.62

**Tabell 17:** Tabell over variabler til utregning av vekstraten til et tre.

Hentet fra: Alessio Rosso et al., (2014), *Estimated height increments and growth rates*,  
<https://doi.org/10.1080/21513732.2013.873822>, \_\_\_\_\_ S.69

**Tabell 18:** Gjennomsnittlig årlig tilvekst og tørrdensiteten.

\*basert på gjennomsnittlig årlig tilvekst i Norge mellom 2015-2019 der hvert forholdstall på volum er 74% og vanninnholdet i treet satt til 25% er trukket fra. Tilveksten i Norge er målt til høyere enn i resten av Europa. Den utregnete tilveksten er basert på den totale tilveksten i Norsk skog, og klima kan derfor være betydelig bedre enn i byene selv om vekstparametere for byer er lagt til i utregningen. (SSB, 2020) (Fransen, 2019) (Aksel Granhus, 2018) (McGovern & Pasher, Urban Forestry and Urban Greening volume 20, 2016) (Strohbach, Arnold, & Hasse, 2011) (Næss & Lauvtrebruk, 2021)

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), Stavanger \_\_\_\_\_ S.69

**Tabell 19:** Tabell over variabler for utregning av karbonopptak til et tre basert på kroneareal (McGovern & Pasher, Urban Forestry and Urban Greening volume 20, 2016)

Hentet fra: Mark McGovern og Jon Pasher, (2016), *2.5.Estimation of carbon stock and carbon dioxide sequestration*, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.002>, \_\_\_\_\_ S.71

**Tabell 20:** Liste over noen utvalgte trær som effektivt helbreder sår etter kutting. (Pietzarka, 2016)

Hentet fra: URBAN TREE MANAGEMENT av Ulrich Pietzarka, (2016), *Table 11.2 Ability of tree genera to compartmentalize wounds*, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/uisbib/reader.action?docID=4179174&ppg=238>, John Wiley & Sons Ltd

Redigert av: av Simen Duus Carlsen, (2021), \_\_\_\_\_ S.74

## 6 Eksempelområde og beregninger av partikkelfangst og karbonbinding

**Tabell 21:** Tabell over antall parkeringsplasser beregnet ut ifra bestemmelser fra Stavanger

kommune og IKDP Forus. (Sandnes, Sola og Stavanger kommune, 2021) (Stavanger kommune, 2021).

Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021) \_\_\_\_\_ S.84

**Tabell 22:** Illustrert av: Simen Duus Carlsen, (2021), *Tabell over arter som er valgt på området*, Stavanger \_\_\_\_\_ S.87

## Vedlegg 1

Utregning av karbonbinding på eksempelområdet

**Totalt antall trær hvert år ved ulik dødsrate:**

ÅR	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
2,50 %	518	505,05	518	505	518	505	518	505	518	505
4 %	518	497,28	518	497	518	497	518	497	518	497
6,50 %	518	484,33	518	484	518	484	518	484	518	484

ÅR	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
2,50 %	518	505	518	505	518	505	518	505	518	505
4 %	518	497	518	497	518	497	518	497	518	497
6,50 %	518	484	518	484	518	484	518	484	518	484

ÅR	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
2,50 %	518	505	518	505	518	505	518	505	518	505
4 %	518	497	518	497	518	497	518	497	518	497
6,50 %	518	484	518	484	518	484	518	484	518	484

*Karbonbinding per kvadratmeter trekrone = 0,78*

*Antall trær per tre ved 2,5%  $q_{dødsrate}$  = 52 til 51*

*Antall trær per tre ved 4%  $q_{dødsrate}$  = 52 til 50*

*Antall trær per tre ved 6,5%  $q_{dødsrate}$  = 52 til 48*



## Vedlegg 1

ÅR	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,82	25,83	25,84	25,86	25,87	25,88	25,90	25,91	25,92	25,94
<b>BJØRK</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,75	25,76	25,77	25,77	25,78	25,79	25,80	25,80	25,81	25,82
<b>SOMMEREIK</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,73	25,74	25,74	25,75	25,75	25,76	25,76	25,77	25,77	25,78
<b>SPISSLØNN</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,76	25,77	25,78	25,79	25,80	25,81	25,81	25,82	25,83	25,84
<b>SVARTOR</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,2</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,85	25,87	25,89	25,91	25,92	25,94	25,96	25,97	25,99	26,01
<b>GRAN</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,3</b>	<b>20,3</b>	<b>20,3</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,79	25,80	25,81	25,82	25,83	25,84	25,85	25,86	25,87	25,88
<b>FURU</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,82	25,83	25,84	25,86	25,87	25,88	25,90	25,91	25,92	25,94
<b>ALM</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,82	25,83	25,84	25,86	25,87	25,88	25,90	25,91	25,92	25,94
<b>OSP</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,82	25,83	25,84	25,86	25,87	25,88	25,90	25,91	25,92	25,94
<b>BØK</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>
GJ.SNITT KRONEAREAL	25,77	25,78	25,78	25,79	25,80	25,81	25,82	25,83	25,83	25,84
<b>ASK</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,1</b>	<b>20,2</b>	<b>20,2</b>



## Vedlegg 1

### Total Karbonbinding hvert år ut ifra Dødsrate

ÅR	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
2,5 %	10117,91	9869,14	10126,49	9877,51	10135,07	9885,87	10143,65	9894,24	10152,23	9902,60
4 %	9962,25	9567,81	9970,70	9575,92	9979,14	9584,03	9987,59	9592,14	9996,04	9600,25
6,5 %	9702,81	9075,98	9711,04	9083,67	9719,27	9091,36	9727,50	9099,06	9735,73	9106,75
0,00 %	10417,41	10421,82	10426,24	10430,66	10435,08	10439,49	10443,91	10448,33	10452,74	10457,16

ÅR	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
2,5 %	10160,81	9910,97	10169,39	9919,34	10177,97	9927,70	10186,55	9936,07	10195,13	9944,43
4 %	10004,49	9608,36	10012,94	9616,47	10021,38	9624,58	10029,83	9632,69	10038,28	9640,80
6,5 %	9743,95	9114,44	9752,18	9122,14	9760,41	9129,83	9768,64	9137,52	9776,87	9145,22
0,00 %	10461,58	10465,99	10470,41	10474,83	10479,25	10483,66	10488,08	10492,50	10496,91	10501,33

ÅR	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
2,5 %	10203,71	9952,80	10212,29	9961,16	10220,87	9969,53	10229,45	9977,89	10238,03	9986,26
4 %	10046,73	9648,91	10055,18	9657,02	10063,62	9665,13	10072,07	9673,24	10080,52	9681,35
6,5 %	9785,09	9152,91	9793,32	9160,60	9801,55	9168,30	9809,78	9175,99	9818,01	9183,68
0,00 %	10505,75	10510,16	10514,58	10519,00	10523,42	10527,83	10532,25	10536,67	10541,08	10545,50

**Utrekning av total Karbonbinding hvert år =**

*karbonbinding til treart \* Antall trær per treart  $q_{dødsrate} * (100\% - q_{dødsrate})$*



## Vedlegg 1

### Gjennomsnittlig karbonbinding hvert år

ÅR	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
2,5 %	9993,52	9997,81	10002,00	10006,29	10010,47	10014,76	10018,94	10023,23	10027,42
4 %	9765,03	9769,25	9773,31	9777,53	9781,59	9785,81	9789,87	9794,09	9798,15
6,5 %	9389,40	9393,51	9397,36	9401,47	9405,32	9409,43	9413,28	9417,39	9421,24

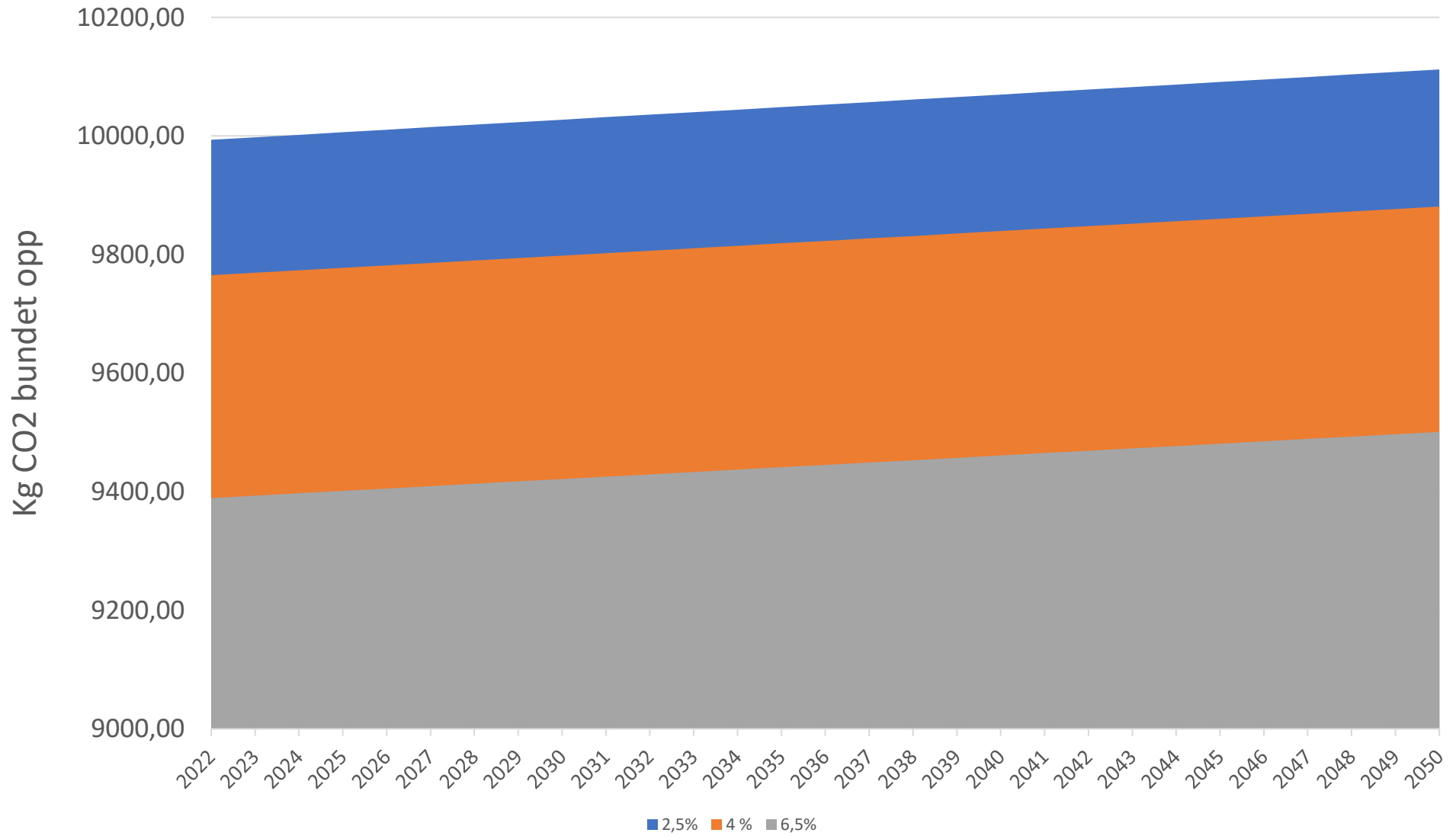
ÅR	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
2,5 %	10031,71	10035,89	10040,18	10044,36	10048,65	10052,83	10057,12	10061,31	10065,60	10069,78
4 %	9802,37	9806,42	9810,65	9814,70	9818,93	9822,98	9827,21	9831,26	9835,49	9839,54
6,5 %	9425,35	9429,20	9433,31	9437,16	9441,27	9445,12	9449,23	9453,08	9457,19	9461,04

ÅR	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
2,5 %	10074,07	10078,25	10082,54	10086,72	10091,01	10095,20	10099,49	10103,67	10107,96	10112,14
4 %	9843,76	9847,82	9852,04	9856,10	9860,32	9864,38	9868,60	9872,66	9876,88	9880,94
6,5 %	9465,15	9469,00	9473,12	9476,96	9481,08	9484,92	9489,04	9492,88	9497,00	9500,84

**Utregning av gjennomsnittlig karbonbinding hvert år =**

$$\frac{\text{total karbonbinding år } X_0 + \text{total karbonbinding } X_1}{2}$$

### Gjennomsnittlig karbonbinding hvert år



## Vedlegg 1

### Kumulativ økning i karbonbinding

ÅR	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
2,5 %	10117,91	20026,24	29691,17	39118,78	48315,01	57285,64	66036,31	74572,52	82899,63
4 %	9962,25	19568,71	28795,15	37656,78	46168,18	54343,37	62195,78	69738,35	76983,45
6,5 %	9702,81	18816,54	27342,00	35317,43	42778,60	49758,91	56289,64	62400,00	68117,31

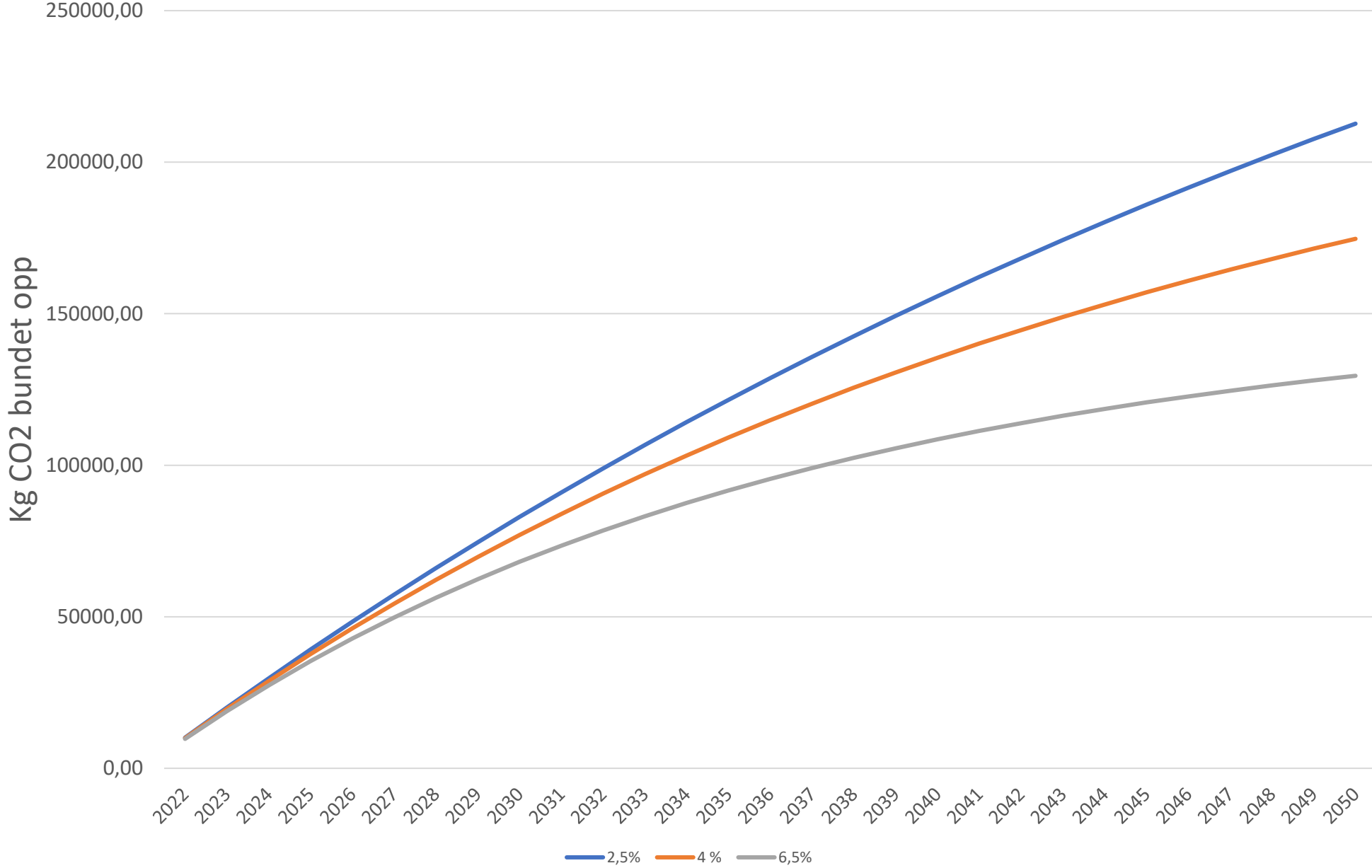
ÅR	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
2,5 %	91022,87	98947,34	106678,00	114219,70	121577,17	128755,00	135757,70	142589,63	149255,08	155758,19
4 %	83942,98	90628,38	97050,60	103220,17	109147,20	114841,38	120312,05	125568,12	130618,19	135470,50
6,5 %	73467,13	78473,34	83158,28	87542,83	91646,51	95487,58	99083,11	102449,06	105600,36	108550,95

ÅR	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
2,5 %	162103,03	168293,56	174333,63	180227,01	185977,36	191588,25	197063,18	202405,55	207618,66	212705,75
4 %	140132,96	144613,16	148918,39	153055,65	157031,66	160852,88	164525,48	168055,42	171448,40	174709,91
6,5 %	111313,88	113901,35	116324,77	118594,79	120721,39	122713,90	124581,02	126330,90	127971,18	129508,96

**Utrekning av kumulativ økning i karbonbinding =**

*(gjennomsnittlig karbonbinding år  $X_0$  + total karbonbinding år  $X_1$  ( $q_{dødsrate} = 0,0\%$ )) \* (100% -  $q_{dødsrate}$ )*

# Total kumulativ karbonbinding



## Vedlegg 2

Partikkelfangst av vegetasjonsbarriere på eksempelområdet

$$\text{Høyde} = 6\text{m}$$

$$\text{Total lengde på vegbane} = 820\text{m} * 2 = 1700$$

$$\text{Lengde på utkjørsler og fotgjengeroverganger} = 624\text{m}$$

$$\text{Total lengde med vegetasjonsbarriere} =$$

$$1700\text{m} - 624\text{m} = 1076\text{m}$$

$$\text{Tap av areal til siktlinjer} =$$

$$10\text{m} * 2 * 3\text{m friskthøyde} *$$

$$22\text{ stk utkjørsler og forgjengeroverganger} = 1320\text{m}^2$$

$$\text{Totalt m}^2 \text{ Vegetasjonsbarrierer} =$$

$$1076\text{m} * 6\text{m} - 1320\text{m}^2 = 5136\text{m}^2$$

$$\text{Partikkelfangst i kg} = \frac{5136\text{m}^2 * \left(\frac{7,19\text{g}}{\text{m}^2}\right)}{1000} = 36,93\text{ kg}$$

$$\text{Reduksjon av partikler for fotgjengere} =$$

$$20\% * 26,93\text{ kg} = 7,386\text{ kg}$$

## Vedlegg 3

### Formel:

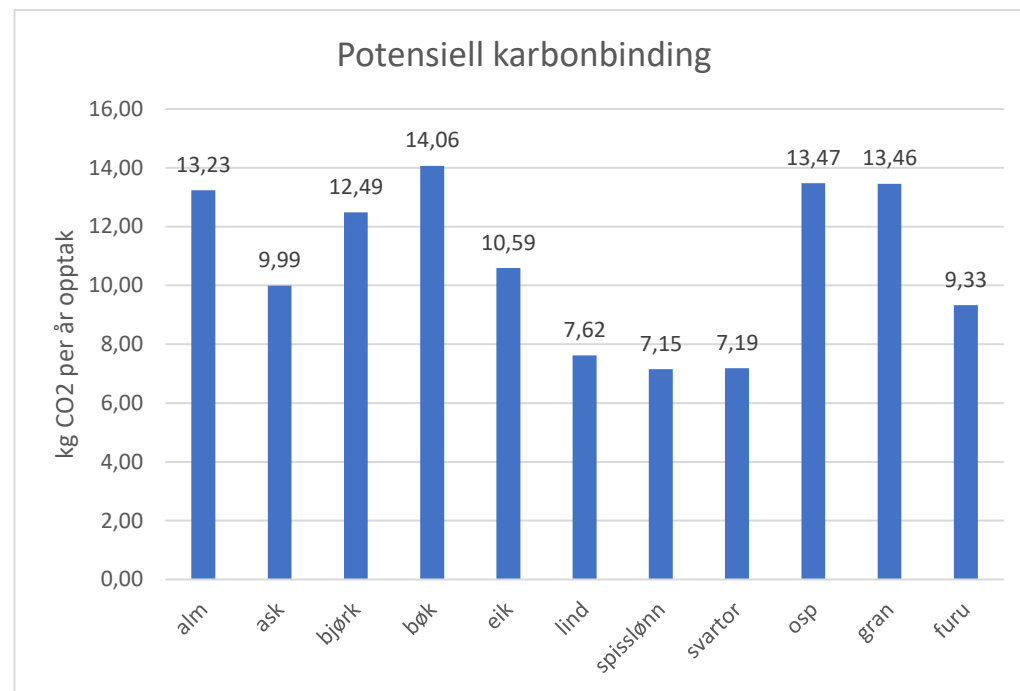
$$\text{Karbonbinding} = 0,01 * \text{Vekstrate} * \text{Tørrdensitet} * 50\% * 3,66$$

Karbon i tørt tre= 50%

Forholdstall karbon og karbondioksid= 3,66

### Eks

$$\text{alm} = 0,01 * 1,13 * 640 * 50\% * 3,66 = 13,23$$



Latin	Norsk	Vekstrate cm pr år	Tørrdensitet kg/m <sup>3</sup>	Karbonbinding Per tre
ulmus	alm	1,13	640	13,23
fraxinus	ask	0,84	650	9,99
betula	bjørk	1,13	604	12,49
fagus	bøk	1,13	680	14,06
quercus	eik	0,89	650	10,59
prunus	kirsebærtre	0,77		0,00
tilia	lind	0,85	490	7,62
acer	spisslønn	0,63	620	7,15
alnus	svartor	0,77	510	7,19
populus	osp	1,59	463	13,47
sorbus	rogn			0,00
salix	selje	0,77		0,00
picea	gran	1,71	430	13,46
pinus	furu	1,04	490	9,33

### Vedlegg 3

#### 06289: Stående kubikkmasse under bark og årlig tilvekst under bark

(1 000 m<sup>3</sup>), etter treslag, statistikkvariabel og år

#### Stående kubikkmasse

	2015	2016	2017	2018	2019	Gj. snitt
<b>Gran</b>	412984	417956	424432	427798	428329	<b>422300</b>
<b>Furu</b>	289685	292030	296255	299754	301858	<b>295916</b>
<b>Lauv</b>	238685	242117	244228	246901	248291	<b>244044</b>

#### Årlig tilvekst

	2015	2016	2017	2018	2019	Gj. snitt
<b>Gran</b>	13927	13747	13635	13332	12845	<b>13497</b>
<b>Furu</b>	6098	5920	5719	5572	5451	<b>5752</b>
<b>Lauv</b>	6095	6151	6068	6003	5890	<b>6041</b>

	% Årlig tilvekst	% kubikkmasse uten vann	Vekst i cm per år
Gran	3,196	2,32	1,71
Furu	1,944	1,41	1,04
Lauv	2,476	1,79	1,33

$$\% \text{ Årlig tilvekst} = \frac{\text{Stående kubikkmasse}}{\text{årlig tilvekst}} * 100\%$$

$$\text{Forholdstall kubikkmasse uten vann} = 0,725$$

$$\text{Forholdstall Karbonbinding per kubikkmeter} = 0,74$$

$$\text{Vekst i cm per år} = \% \text{ årlig tilveksts} * 0,725 * 0,75$$