



Träds påverkan av luftföroreningar i urbana miljöer

Trees impact on air pollution in urban environments

Elna Henriksson

Examensarbete/Självständigt arbete • (15 hp)
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Landskapsarkitekturprogrammet
Alnarp, 2022



Träds påverkan av luftföroreningar i urbana miljöer

Trees impact on air pollution in urban environments

Elna Henriksson

Handledare: Åsa Bensch, SLU, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Frida Andreasson, SLU, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbetet i landskapsarkitektur

Kurskod: EX0845

Program/utbildning: Landskapsarkitektprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2022

Omslagsbild: Elna Henriksson

Nyckelord: PM10, PM2,5, luftföroreningar, torrdeposition

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammanfattning

Luftföroreningar är ett hälsoproblem i dagens urbana miljöer och har varit ett problem i många årtionden. Många insatser görs för att minska mängden föroreningar i luften och framsteg har gjorts. Trots det dör omkring 7600 personer per år i Sverige en för tidig död på grund av skadorna partiklar och gaser i luften orsakar. Ett sätt att förbättra luftkvalitén är med hjälp av träd. Träd bidrar med flera ekosystemtjänster, varav en är en reglerande tjänst där träd renar luften från föroreningar genom att filtrera luften.

Syftet med den här uppsatsen är att genom en litteraturstudie undersöka hur träd kan påverka luftkvalitén i urbana miljöer och hur man kan tänka kring projektering i staden. Litteraturstudien visade att genom torrdeposition kan föroreningar fastna på träd. Bladen kan även uppta föroreningar genom bladen. Mängden bladarea hos träd är därför en viktig faktor för filtrering och upptag av luftföroreningar. Trädets uppbyggnad, kronans porositet och hur nära träd står till andra träd eller föremål har en stor betydelse för hur vindflödet kommer att påverkas.

Således kan träd användas för att minska koncentrationen av föroreningar i luften i trädets närområde, med störst inverkan inom 30 meter men det kan mätas en differens upp till 300 meter. Vid projekterande med träd i staden i syftet att minska mängden luftföroreningar är det flera faktorer som måste tas i åtanke; valet av träd, hur man placerar dem och stadens bebyggelsestruktur är alla viktiga faktorer som kommer påverka hur vinden rör sig i rummet. Men användningen av träd för att minska luftföroreningar är snarare ett hjälpmedel än en lösning för att förbättra luftkvalitén i den urbana miljön.

Nyckelord: PM10, PM2,5, luftföroreningar, torrdeposition

Abstract

Air pollution is a health problem in today's urban environments and has been a problem for many decades. Many efforts are being made to reduce the amount of pollutants in the air and progress has been made. Despite this, about 7,600 people per year in Sweden die a premature death due to the damage caused by particles and gases in the air. One way to improve air quality is with the help of trees. Trees contribute with several ecosystem services, one of which is a regulatory service where trees purify the air from pollutants by filtering the air.

The purpose of this essay is to investigate through a literature study how trees can affect air quality in urban environments and how to think about design in the city. The literature study showed that due to dry deposition, pollutants can get stuck on trees. The leaves can also absorb contaminants through the leaves. The amount of leaf area in trees is therefore an important factor for filtering and absorbing air pollutants. The structure of the tree, the porosity of the crown and how close trees are to other trees or objects are of great importance for how the wind flow will be affected.

Thus, trees can be used to reduce the concentration of pollutants in the air in the vicinity of the tree, with the greatest impact within 30 meters, but a difference of up to 300 meters can be measured. When designing with trees in the city in order to reduce the amount of air pollution, there are several factors that must be kept in mind; the choice of trees, how to place them and the city's building structure are all important factors that will affect how the wind moves in the room. But the use of trees to reduce air pollution is a tool rather than a solution to improve air quality in the urban environment.

Keywords: PM10, PM2.5, air pollutants, dry deposition

Förord

Den här uppsatsen är skriven inom ämnet landskapsarkitektur på landskapsarkitektutbildningen på Sverige lantbruksuniversitet.

Huvudinspirationen till uppsatsen kom efter att ha läst Johanna Deak Sjöman och Johan Östbergs arbete med i-Tree i Sverige, där de diskuterar bland annat hur man kan arbeta strategiskt med träds ekosystemstjänster.

Tack

Stor tack till Åsa Bensch, som har varit min handledare för den här uppsatsen och hjälpt mig i alla tankar och funderingar jag haft under arbetets gång.

Tack till min motläsare Petronella Annersten för dina meningsfulla åsikter och synpunkter.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	9
Figurförteckning.....	10
1. Inledning.....	11
1.1. Bakgrund	11
1.2. Syfte och frågeställning.....	12
1.3. Material & metod.....	12
1.4. Avgränsningar.....	12
2. Luftföroreningar.....	13
2.1. Vad är luftföroreningar?	13
2.1.1. Partiklar och gaser	13
2.1.2. Inversion och smog	14
2.2. Vanliga luftföroreningar i svenska städer	15
2.3. Konsekvenser av luftföroreningar	16
2.3.1. Hälsorisker	16
2.3.2. Miljöpåverkan	16
2.4. Miljömål.....	17
3. Hur träd påverkar luftföroreningar	18
3.1. Deposition.....	19
3.1.1. Depositionshastighet.....	20
3.2. Vind.....	20
3.3. Bebyggelsestruktur	22
3.4. Val av träd.....	23
3.5. Projektera med träd i staden.....	25
3.5.1. Stora vägar.....	26
3.5.2. Mindre vägar	26
3.5.3. Parker och andra öppna platser	26
4. Strategiska val kring placering av träd på två platser i Malmö.....	27
4.1. Lundavägen, Malmö	28

4.2. Rantzowgatan, Malmö	30
5. Diskussion	32
Referenser	34

Tabellförteckning

Tabell 1. Gränsvärden enligt Sveriges miljömål Frisk Luft för PM2,5, PM10, kvävedioxider (NO ₂) och Marknära ozon (O ₃) i luften.....	17
Tabell 2. Värden för PM2,5, PM10, kvävedioxid (NO ₂) och marknära ozon (O ₃) i Malmö år 2020 i jämförelse med Sveriges miljömål Frisk Lufts maximumvärde.....	28

Figurförteckning

Figur 1. Luftflödet med partiklar som rör sig igenom en trädkrona (Bilden är baserad på McDonald et al 2016).	18
Figur 2. Vindflödet kring ett träd (Bilden är baserad på Air Quality Export Group 2018).	21
Figur 3. Vindflödet kring flera träd med stort avstånd mellan (Bilden är baserad på Air Quality Export Group 2018).	21
Figur 4. Vindflödet kring flera träd med avstånd på cirka två traddiametrar (Bilden är baserad på Air Quality Export Group 2018).	22
Figur 5. Vindflödet kring flera träd med ett avstånd på mindre än två traddiametrar (Bilden är baserad på Air Quality Export Group 2018).	22
Figur 6. Lundavägen i Malmö (Lantmäteriet u.å.).	27
Figur 7. Sträckan av Lundavägen som behandlas. Den röda rektangeln visar byggnaderna på 1-2 våningar (Lantmäteriet u.å.).	28
Figur 8. Lundavägen i Malmö.	29
Figur 9. Byggnaderna på 1-2 våningar.	29
Figur 10. Sektion A-A Lundavägen.	29
Figur 11. Sektion A-A Lundavägen.	29
Figur 12. Rantzowgatan i Malmö (Lantmäteriet u.å.).	30
Figur 13. Rantzowgatan i Malmö.	30
Figur 14. Sektion B-B Rantzowgatan.	31
Figur 15. Sektion B-B Rantzowgatan.	31

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Luftföroreningar har i många årtionden varit ett problem, framför allt i städer där avgaser från fordon och utsläpp från fabriker förekommer i större mängder. Över lag har utsläpp av luftföroreningar minskat sedan 1990-talet (Naturvårdsverket 2020). Exempelvis har svaveloxid från 1990 till 2020 minskat från 103 till 15 tusen ton (Naturvårdsverket 2021g). PM_{2,5} har från 1990 gått från 45 till 17 tusen ton år 2020 (Naturvårdsverket 2021e) och PM₁₀ har från år 1990 minskat från 66 till 35 tusen ton år 2020 (Naturvårdsverket 2021f). För att nå målen i agenda 2030 behöver utsläppen minska med 23 % ytterligare tills år 2030. Sverige jobbar aktivt med att sänka mängden utsläpp och på så vis skapa en bättre luftkvalitet, men det behövs fler åtgärder för att nå upp till de utsatta målen (Naturvårdsverket 2020).

Föroreningarna bidrar till klimatförändringarna i världen och är även hälsovådligt för människor (Naturvårdsverket 2021d). Särskilt barn är känsliga för luftföroreningar och kan ge livslånga konsekvenser fysiskt och mentalt om de exponeras av luftföroreningar (Naturvårdsverket 2021b). I Sverige dör 7600 personer per år en för tidig död på grund av luftföroreningar (Forsberg et al. 2018).

Luftföroreningar förekommer i partikel- och gasform. I svenska städer är i nuläget främst partiklarna PM_{2,5} och PM₁₀ och gaserna kvävedioxid (NO₂) och marknära ozon (O₃) som är de mest problematiska luftföroreningarna (Sveriges miljömål, 2021).

Sveriges regering (2021) har angett absoluta gränsvärden för föroreningar i luften i miljömålen Frisk Luft. För PM_{2,5}, PM₁₀, kvävedioxid (NO₂) och marknära ozon (O₃) gäller enligt miljömålen följande; PM_{2,5} får inte överstiga 10 µm/m³ i luften som årsmedelvärde eller 25 µm/m³ i luften som dygnsmedelvärde. PM₁₀ får inte överstiga 15 µm/m³ i luften som årsmedelvärde eller 30 µm/m³ i luften som dygnsmedelvärde. Kvävedioxid (NO₂) får inte överstiga 20 µm/m³ i luften som årsmedelvärde eller 60 µm/m³ i luften som ett medelvärde av en timme. Marknära ozon (O₃) får inte överstiga 70 µm/m³ i luften under ett åttatimmarsmedelvärde eller 80 µm/m³ i luften som ett medelvärde av en timme.

(Sveriges miljömål, 2018). Men alla halter av luftföroreningar är skadligt och man bör alltid sträva efter så låga koncentration i luften som möjligt (McDonald et al 2016).

För att minska mängden föroreningar i luften kan utsläppskällorna minskas eller föroreningarna påskyndas att försvinna ur luften (Janhäll 2015). Vegetationens förmåga att filtrerar luften från föroreningar undersöks mer idag och dess användning i urbana miljöer för detta syfte.

1.2. Syfte och frågeställning

Syftet med uppsatsen är att undersöka hur träd påverkar luftföroreningar i urbana miljöer och i så fall till vilken utsträckning. Målet är att läsaren ska kunna använda denna kunskap för att eventuellt få en bättre förståelse för hur man ska tänka kring trädval och gestaltning med träd i syftet att minska problem med luftföroreningar. För att undersöka detta har följande frågeställningar formulerats:

- Hur man nyttja träd i urbana miljöer, i relation till bebyggelse och vind, för att minska mängden luftföroreningar?
- Vilka grundprinciper kring placering av träd kan skapas för användningen av dem i områden med luftföroreningar?

1.3. Material & metod

Arbetet innefattar främst en litteraturstudie. Litteraturen som använts består huvudsakligen av böcker, vetenskapliga artiklar, rapporter och offentliga dokument på internet. Litteraturen har till stor del hämtats från Google Scholar eller genom de olika databaserna som SLU erbjuder till exempel Primo. Sökord har bland annat varit "air pollution", "mitigation", "trees in urban environment", "urban environment". Även Träd i urbana landskap av Sjöman och Slagstedt (2015), har nyttjats.

Arbetet tog sitt avstamp i Deak Sjöman och Östbergs (2020) rapport i-Tree Sverige: För strategiskt arbete med träds ekosystemstjänster. Från deras rapport studerades relevanta källor vidare som sedan förde arbetet framåt genom att finna fler källor som kunde hjälpa till med att besvara frågeställningarna. För att hålla en god kvalitet på materialet som användes hölls informationsinsamlandet källkritiskt för att avgöra dess validitet.

1.4. Avgränsningar

Uppsatsen berör enbart luftföroreningar utifrån svenska förhållanden.

2. Luftföroreningar

Aldrig tidigare har det skett en sådan snabb utveckling i urbaniseringen som idag (McDonald et al. 2016). Vid år 2050 räknar man med att en 70% av världens befolkning kommer bo i städer (Regeringskansliet u.å.). Med detta kommer många utmaningar, en av dem är en bra luftkvalité (McDonald et al. 2016). Luftföroreningar är ett hälsoproblem runt om i världen. För människor kan luftföroreningar bidra till hälsoproblem som till exempel cancer, hjärt- och luftvägssjukdomar, men de har även en påverkan på den globala uppvärmningen (Deak Sjöman et al. 2015). Jämfört med andra länder i Europa har Sverige låga halter av luftföroreningar. Trots det beräknas de orsaka upp till 7600 förtida dödsfall årligen (Deak Sjöman & Östberg 2020).

2.1. Vad är luftföroreningar?

Luftföroreningar delas in två större kategorier – naturliga och antropogena, det vill säga orsakade av människan (Deak Sjöman et al. 2015). Luftföroreningar kan både förekomma som luftburna partiklar och i gasform. Många av ämnena förekommer redan naturligt i luften men har på grund av mänskliga aktiviteter ökat (Nationalencyklopedin u.å.c). Naturliga luftföroreningar kan till exempel skapas från skogsbränder, vulkaner och blixar. De luftföroreningar som människan skapar kommer främst från förbränningsprocessen av biobränslen och oljeprodukter, vägtrafik och slitage av asfalt (Deak Sjöman et al. 2015).

2.1.1. Partiklar och gaser

Luftburna partiklar förkortas PM, vilket står för Particulate matter (Deak Sjöman & Östberg 2020). Definitionen av luftburna partiklar är partiklar som kan transporteras inom atmosfären. PM delas in efter dess fraktion. Storleken av de luftburna partiklarna avgör hur djupt människor kan inhalera de ner i lungorna. Desto mindre de luftburna partiklarna är desto större negativ hälsoeffekt har de för människor (McDonald et al. 2016). Luftburna partiklar avges från primära och sekundära utsläppskällor. Primära partiklar kommer bland annat från ofullständigt förbrända bränslen, bromsning och slitage av däck. Sekundära partiklar bildas av

kemiska eller fysiska reaktioner i atmosfären. Detta sker exempelvis när kväveoxider (NO_x) och svaveloxider (SO_x) reagerar (ibid).

De vanligaste luftburna partiklarna är $\text{PM}_{2,5}$ och PM_{10} (Deak Sjöman et al. 2015). $\text{PM}_{2,5}$ är små partiklar som har en diameter upp till $2,5\ \mu\text{m}$. De små partiklarna är en av de luftföroreningarna som skapar störst hälsoproblem (Naturvårdsverket, 2021e), då människor kan inhalera de djupt ner i lungorna (McDonald et al. 2016). $\text{PM}_{2,5}$ bildas främst vid förbränning och genom att gaser från förbränningen kondenserar. När man eldar med ved skapas $\text{PM}_{2,5}$, vilket 2020 stod för 33% av de totala utsläppen av $\text{PM}_{2,5}$ i Sverige. En del av partiklarna kommer även från vägslitage, däck och bromsar (Naturvårdsverket, 2021e). PM_{10} är grova partiklar som har en diameter upp till $10\ \mu\text{m}$. De grova partiklarna bildas främst från transporter, slitage av vägar, däck och bromsar och står för 47% av Sveriges utsläpp. PM_{10} bildas även vid förbränning och när gaser från förbränning kondenserar. Exempelvis vid förbränning av biomassa. Även olika industrier, som tryckerier, pappers- och massindustrin bidrar till utsläpp av PM_{10} (Naturvårdsverket 2021c).

De vanligaste luftföroreningarna i gasform är kväveoxid (NO_x), svaveloxid (SO_x) och marknära ozon (O_3). Även kolväten, som polycykliska aromatiska kolväten (PAH), kolmonoxid och tungmetaller förekommer som föroreningar (Naturvårdsverket 2021d). Utsläppen sker bland annat ifrån avgaser från fordon, industrier, vedeldning och energiproduktion (Nationalencyklopedin u.å.e). VOC (Volatile organic compounds) är lättflyktiga organiska ämnen. VOC bildas främst från avgaser av fordon, industrier, vedeldning och även från användning av lösningsmedel (Nationalencyklopedin ibid).

2.1.2. Inversion och smog

I troposfären sjunker temperaturen desto högre upp man kommer. Ibland kan luften hindras att röra sig i vertikalled, detta fenomen heter inversion. Inversion innebär att olika skikt i atmosfären bildas och temperaturen stiger med höjden. Det normala temperaturavtagandet omkastas och luften kan inte blandas runt som normalt (SMHI, 2022). Man kan föreställa sig att den varma luften lägger sig som ett lock ovanpå den kalla luften (Deak Sjöman et al. 2015). Inversion förekommer som markinversion som är luftskikt vid marken, och som höjdinversion som är högre liggande luftskikt. Markinversion uppstår under klara nätter då markytan kyls av genom värmeutstrålning till atmosfären. Det lägsta luftskiktet får då en lägre temperatur än skiktet ovanför. Höjdinversion uppkommer i områden med högre lufttryck och fler kilometer tjocka luftskikt sjunker nedåt och värms upp (Nationalencyklopedin, u.å.b.; SMHI, 2022). Under vintern kan inversion skapa besvär, särskilt i den norra delen av världen (Deak Sjöman et al. 2015). Genom att luften hindras i vertikalled, hindras även fuktig luft från marknära skikt att röra sig uppåt. Fukten bildar då moln under inversionens bas. Likadant är det med

luftföroreningar, de samlas under inversionen och hindras att röra sig uppåt i atmosfären (Nationalencyklopedin, u.å.b). Detta fenomen kallas smog, vilket kan vara mycket hälsoskadligt då föroreningarna samlas i marknivå (Deak Sjöman et al. 2015).

Smog kommer från engelskans smoke (rök) och fog (dimma) (SMHI, 2021). Det finns två typer av smog, svavelsmog och fotokemisk smog. Svavelsmog kallas även Londonsmog, och bildas när sot och svaveldioxid (SO_2) reagerar. Svavelsmog uppkommer främst när luftföroreningar sammanfaller med dimma (Kjellström 2008). Fotokemisk smog kallas även L.A-smog (Kjellström 2008). När kväveoxider (NO_x) och lättflyktiga organiska ämnen reagerar med solljuset bildas marknära ozon (O_3). Vid en vidare reaktion av luftföroreningar bildas fotokemisk smog (SMHI, 2021).

2.2. Vanliga luftföroreningar i svenska städer

Sverige har bland de lägsta mängderna luftföroreningar i Europa, men det förekommer fortfarande för höga halter. Speciellt i gaturum kan det vara problem med kvävedioxid (NO_2), PM_{10} och $\text{PM}_{2,5}$. Sverige strävar ständigt efter att förbättra luftkvalitén. Men när fler människor flyttar till städerna, där generell luftkvalitén är sämre i jämförelse med landsbygden, medför det att fler människor utsätts för luftföroreningar (Forsberg et al. 2018). Nedan beskrivs de vanligaste luftföroreningarna i svenska städer.

De mest förorenande platserna i Sverige finner man i landets största städer, Stockholm, Göteborg och Malmö. Värdena av $\text{PM}_{2,5}$ längs västkusten, exempelvis i Göteborg och Malmö, kan vara något förhöjda då salthalterna från havet påverkar resultaten (Forsberg et al 2018). Forsberg et al. (2018) presenterar i sin rapport en mätning från 2015 av kvävedioxid (NO_2), PM_{10} och $\text{PM}_{2,5}$. För kvävedioxid (NO_2) visade mätningarna på landsbygden en genomsnittlig mängd av maximalt $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under ett år i luften. Städer, av storleken små till medel gav värden $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i genomsnitt. Det tre största städerna i Sverige översteg $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I Malmö och Göteborg mättes ett genomsnitt på $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och i Stockholm upp till $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

PM_{10} och $\text{PM}_{2,5}$ hade högst värden i södra och västra Sverige i de större städerna och därefter i Stockholm. Föroreningar som rör sig med luften från kontinentala Europa in över Sverige gör att värdena i södra och västra Sverige blir högre då det alstrar en högre föroreningskoncentration i luften. För PM_{10} låg medelvärdet på $20\text{--}23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i södra och västra Sverige och för Stockholm $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. För $\text{PM}_{2,5}$ låg medelvärdet på $8\text{--}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i södra och västra Sverige och för Stockholm $6\text{--}8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Forsberg et al. 2018).

Marknära ozon påträffas sällan intill utsläppskällan, då det är långlivat i atmosfären. Detta medför att marknära ozon kan förflyttas med vinden långa sträckor från tätbefolkade städer från kontinenten in över Sverige

(Naturvårdsverket 2021c). Marknära ozon är således både ett lokalt och regionalt problem. Den kemiska processen för marknära ozon är reversibel. Med kväveoxider, som bilavgaser avger, kan den marknära ozonet brytas ner. Inne i storstäder kan därför mängden marknära ozon vara lägre än på landsbygden då det förekommer fler bilar i städer som avger avgaser (ibid).

2.3. Konsekvenser av luftföroreningar

2.3.1. Hälsorisker

Partiklar i luften anses vara den farligaste luftföroreningen i majoriteten av städer världen över (McDonald et al. 2016). PM_{2,5} är den partikel som ger största skada vid inandning, då partiklarna är mindre än PM₁₀ och kan andas in djupare i lungorna (ibid). Globalt sett beräknas 3.2 miljoner per år människor dö i förtid på grund av PM_{2,5} i luften, både i städer och på landsbygden. Det motsvarar 5% av all förtida död. Tills 2050 tros den siffran ha dubblats, till 6 miljoner per år. En del av ökningen beror på ökningen av befolkningen i städer, på så vis kommer fler människor befinna sig där PM_{2,5} halterna är höga och utsättas för dem (ibid). I genomsnitt motsvarar en förtida död ungefär 11 år kortare livslängd (Forsberg et al. 2018). PM beräknas även orsaka tiotals miljoner andra hälsoskador årligen (McDonald et al. 2016), där de främsta skadorna är i andnings- och kardiovaskulära systemet (Yang et al. 2019) så som hosta, astma, bronkit, oregelbunden hjärtrytm och icke-dödliga hjärtinfarkter (McDonald et al. 2016).

I Sverige beräknas ungefär 3600 personer per år dö i förtid på grund av exponering av PM_{2,5}. Totalt, av alla luftföroreningar, beräknas 7600 människor per år dö i förtid (Forsberg et al. 2018). Socio-ekonomisk beräknas PM_{2,5} och kvävedioxid (NO₂) kosta det svenska samhället kring 56 miljarder kronor per år. I det ingår bland annat missade arbets- och skoldagar och sjukhusbesök (Forsberg et al. 2018).

2.3.2. Miljöpåverkan

Utsläpp av luftföroreningar påverkar även miljön, bland annat att genom att orsaka växtskador, övergödning, försurning och bidrar till en förstärkt växthuseffekt (Naturvårdsverket 2021d). Koldioxid, metan och dikväveoxid är exempel på tre växthusgaser (Naturvårdsverket 2021c). Utsläpp av svaveldioxider (SO₂) och kväveoxider (NO_x) bidrar till försurningar av vattendrag, sjöar och mark (Deak Sjöman & Östberg. 2021).

Marknära ozon (O_3) bidrar till växthuseffekten direkt genom att vara en klimatgas, men bidrar även indirekt genom att minska skogens upptag av koldioxid med 10%. Ozon kan skada skog och grödor redan vid låga halter. Inom jordbruket i Sverige lägger man kring en miljard kronor per år för att reparera skador från marknära ozon (Naturvårdsverket 2021c).

2.4. Miljömål

Ett av Sveriges miljömål kallas frisk luft. Riksdagens definition av målet är:

”Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas.”
(Sveriges miljömål, 2021. s.1)

Regeringen har även fastställt tio preciseringar som anger gränsvärden för föroreningar i luften, fyra av dessa innefattar $PM_{2,5}$, PM_{10} , kvävedioxider (NO_2) och marknära ozon (O_3). Se tabell 1 för en sammanställning av alla värden.

Sveriges miljömål (2017) uppmanar kommunerna att bland annat se över trafikmängder, minska användning av dubbdäck i tätbebyggelse, ge konsumenter vägledning i användning av lösningsmedel och öka kunskapen om att vedeldning är en källa till luftföroreningar.

Tabell 1. Gränsvärden enligt Sveriges miljömål Frisk Luft för $PM_{2,5}$, PM_{10} , kvävedioxider (NO_2) och Marknära ozon (O_3) i luften.

Förorening	$PM_{2,5}$	PM_{10}	Kvävedioxider (NO_2)	Marknära ozon (O_3)
Maximalt årsmedelvärde ($\mu g/m^3$)	10	15	20	-
Maximalt dygnsmedelvärde ($\mu g/m^3$)	25	30		-
Maximalt medelvärde under åtta timmar ($\mu g/m^3$)	-	-		70
Maximalt medelvärde under en timme ($\mu g/m^3$)	-	-	60	80

3. Hur träd påverkar luftföroreningar

Olika strategier behövs för att skapa en bättre luftkvalité i Sverige. En del av det kan vara att använda träd, då det visats att träd kan bidra med att filtrera luften lokalt från föroreningar (McDonald et al. 2016). Det är viktigt att förstå hur, var och när träd kan användas för att få en så bra effekt som möjligt.

”In the right spot, trees can both help make our air healthier and our cities more verdant and livable.” (McDonald et al. 2016. s.7)

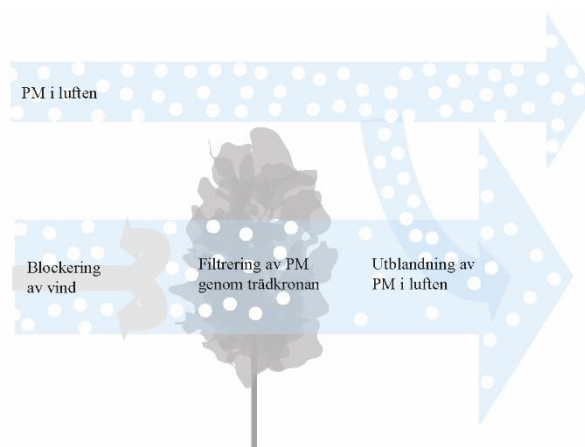
Yang et. al. (2019) säger att träd kan göra en signifikant inverkan på att minska luftföroreningar. Träd kan bidra med reglerande ekosystemstjänster genom att rena luft från föroreningar (McDonald et al. 2016). McDonald et. al. (2016) menar på att träd kan komma att spela en stor roll i att göra luften mer hälsosam för människor.

Det finns huvudsakligen två sätt för träd att ta upp luftföroreningar; via fotosyntes och torrdeposition. Fotosyntesen hos växter kan påverka mängden gasföroreningar i luften, exempelvis koldioxid (CO_2) och ozon (O_3). Medan torrdeposition främst tar upp partiklar genom sedimentation eller impaktion (Yang et al. 2016).

Träd tar upp koldioxid genom fotosyntesen och avger bland annat syre. Men träd släpper även ut koldioxid vid cellandningen. Totalt utgör träd en koldioxidsänka i alla miljöer. Men när träden tas ner, bryts ner eller eldas upp frisläpps koldioxid från biomassan till atmosfären. Nettovärdet anses vara positivt, då träd i urbana miljöer bidrar mer i reduktion av koldioxid än vad de tillför (Nohed 2019).

När vind blåser igenom vegetation kan torrdeposition ske, vilket innebär att föroreningar fastnar på trädet och medför att koncentrationen av föroreningar i luften minskar (Janhäll 2015).

McDonald et al. (2016) beskriver processen i tre steg, se figur 1. Steg ett är vindflödet innan det passerar trädet, som kommer ha en koncentration av PM. I steg två rör sig vinden igenom trädkronan och delar av partiklarna i luften fastnar på trädet genom torrdeposition. En del av luftflödet kommer blockeras av trädkronan i stället för att passera igenom den, vilket kan medföra en högre koncentration av PM precis innan trädkronan. I steg tre har den filtrerade



Figur 1. Luftflödet med partiklar som rör sig igenom en trädkrona (Bilden är baserad på McDonald et al 2016).

luften med en lägre koncentration av föroreningar passerat igenom trädkronan och rör sig nedströms. Den renare luften kommer sedan blandas ut med omgivande luft.

3.1. Deposition

Luftföroreningar deponeras från atmosfären på olika ytor (McDonald, et al. 2016), bland annat träd är en viktig deponeringsyta (Air Quality Expert Group 2018). Detta sker antingen genom torr- eller våtdeposition. När det sker minskar koncentrationen av föroreningar i luften (McDonald et al. 2016) vilket medför en lägre exponering av föroreningar för människorna i området (Air Quality Expert Group 2018). Torrdeposition är torrt nedfall av gas- eller partikelformiga ämnen från atmosfären. Partiklar i storlek PM10 eller större faller förhållandevis snabbt ner mot marken, medan mindre gaser och partiklar kan stanna i atmosfären i flera dygn (Nationalencyklopedin u.å.f). Detta beror på gravitationskraften, där de större gas- och partikelämnena har en större massa. Vegetation kan fånga upp ämnena från torrdepositionen, särskilt barrträd tar upp partikelburna ämnen effektivt. Våtdeposition är vått nedfall av gas- eller partikelformiga ämnen från atmosfären, och lämnar atmosfären genom nederbörd (ibid). De största mängden våtdepositionerna sker i de sydliga delarna av Sverige och innehåller bland annat svavel- och kväveföroreningar. Nederbörden är större i de sydliga delarna då geografiskt är de närmre de stora utsläppskällorna på kontinenten (ibid).

Depositionsprocessen från atmosfären till träd börjar när partiklar och gaser närmar sig ytan av löv eller barr, då undertrycks turbulensen. Gaser överförs till bladet genom molekylär diffusion eller sorption vid ytan (Air Quality Expert Group 2018). Sorption är en fysisk eller kemisk process genom vilken en substans fäster vid en annan (Nationalencyklopedin, u.å.e). Partiklar har ofta en för stor massa för att en diffusion ska ske. De kan hamna på ytan genom impaktion eller sedimentering. Impaktion innebär att en partikel med sin egen tröghet kan fortsätta rakt fram, även om luftflödet svänger. Partikeln kan då nå en yta, till exempel ett blad, och fastnar där. Sedimentation innebär att partiklar, vars massa är större än luftens, dras ner av gravitationskraften och kan då landa exempelvis på träd (Air Quality Expert Group 2018).

Fördelen med vegetationen är att det ofta har en finfördelad struktur av blad och barr. Det vill säga att det finns en större yta för föroreningarna att fastna på, en större uppsamlingsyta per enhet markyta (Air Quality Expert Group 2018).

3.1.1. Depositionshastighet

För att beräkna upptaget av hur många partiklar en yta kan uppta eller fastlägga beräknas depositionshastigheten, som visar hur effektivt en partikel eller gas kan deponeras (Johnsson 2011). Se ekvation 1.

Ekvation 1

$$V = \frac{F_p}{C_p}$$

V_d (m/s) = Depositionshastighet

F_p ($\mu\text{m/s} \times \text{m}^2$) = Flödet av partikelmassan

C_p ($\mu\text{m/s} \times \text{m}^3$) = Partikelkoncentration

För att beräkna upptagseffektiviteten beräknas depositionshastigheten genom vindhastigheten, se ekvation 2. Men upptagseffektiviteten beror på många faktorer, till exempel partiklars form och struktur (Johnsson 2011).

Ekvation 2

$$E = \frac{V_d}{u}$$

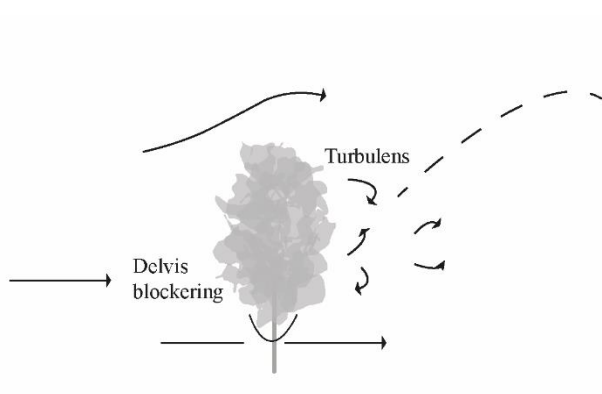
E = upptagseffektiviteten

u = vindhastighet

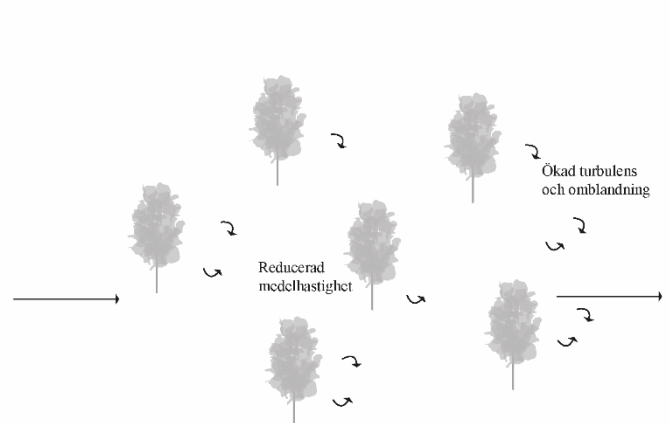
3.2. Vind

Vinden har en tydlig koppling till mängden luftföroreningar i ett område, därav är det viktigt att lokalisera de zonerna med hög kontra låg vindhastighet (Yang et al. 2019). Mer specifikt är det luftflödet och turbulensen som påverkar spridningen av föroreningarna. Turbulens är virvelrörelser. Även uppströms, inom och nedströms ett träd påverkas av luftflödet och turbulens, men här väger även andra faktorer in. Det som även påverkar är mängden träd som står tillsammans samt trädens porositet, det vill säga trädkronans gleshet/täthet (Air Quality Expert Group 2018). Träd med hög porositet ger oftast störst effekt på luften. Lövträd har i genomsnitt

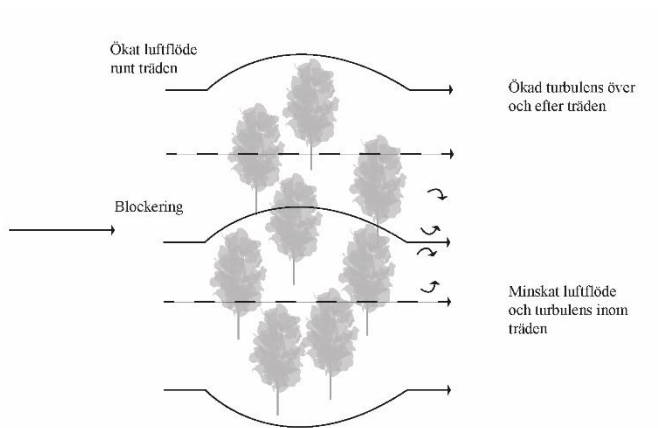
en porositet på 96 – 97,5 % (Janhäll 2015). Air Quality Expert Group (2018) beskriver hur avståndet mellan träd påverkar luftflödet och turbulensen, där de tar upp fyra olika scenarion för att visa på detta. Scenario ett visar ett enskilt träd, se figur 2. Luften kommer röra sig igenom och runt trädet. Trädet blockerar till viss del luftflödet vilket resulterar i en hastighetsminskning. Porositeten av trädkronan kommer avgöra hur mycket av luften som rör sig igenom den. Nedströmsluftströmmen i det närmsta utrymmet intill trädet kan en större mängd turbulens skapas då luftflödet rubbas när det rör sig igenom och över trädet. Längre bort från trädet börjar turbulensen mynna ut, luftflödet återfår sin rörelse och accelererar. I scenario två beskrivs hur träd som står i grupp med stort avstånd, mer än åtta traddiametrar. Se figur 3. De kommer påverka luftflödet på liknande sätt som ett enskilt träd. Störningen av luftflödet kan ses som summan av störningarna från varje enskilt träd i gruppen. Medelhastigheten kommer att reduceras och det kommer skapas turbulens. Flödesriktningen kan komma att påverkas lite. Ökar tätheten inom trädgruppen ytterligare kommer mindre av luftflödet passera genom träden och i stället kommer ett större flöde och turbulens skapas över träden. Luftflödet sjunker igen när det passerat trädkronorna. I scenario tre beskrivs en grupp träd som står tätt, cirka två traddiametrar ifrån varandra. Se figur 4. Luften kommer fortfarande kunna filtrera igenom trädkronorna. Men i scenario fyra står träden tätare än två traddiametrar, se figur 5. Träden kommer i stället agera som en barriär och luften rör sig över och runt trädgruppen. Luften kommer röra sig liknande som när den möter en huskropp.



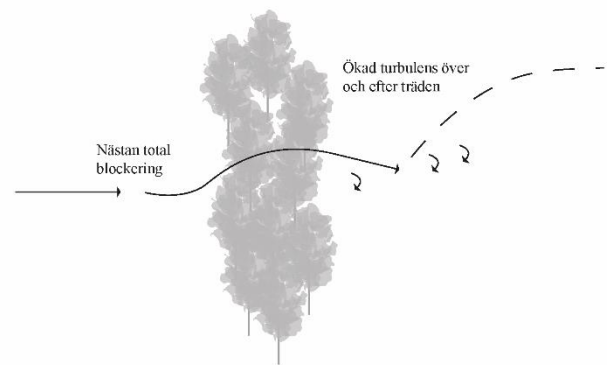
Figur 2. Vindflödet kring ett träd (Bilden är baserad på Air Quality Expert Group 2018).



Figur 3. Vindflödet kring flera träd med stort avstånd mellan (Bilden är baserad på Air Quality Expert Group 2018).



Figur 4. Vindflödet kring flera träd med avstånd på cirka två traddiametrar (Bilden är baserad på Air Quality Expert Group 2018).



Figur 5. Vindflödet kring flera träd med ett avstånd på mindre än två traddiametrar (Bilden är baserad på Air Quality Expert Group 2018).

När man vet hur vinden och turbulensen kommer påverkas av trädens placering och täthet är det enklare att avgöra hur det kommer att påverka spridningen av luftföroreningar (Air Quality Expert Group 2018). Luftflödet kommer påverka huvudflödet av föroreningar och även närfältskoncentrationen. Turbulens avgör vilken blandningshastighet som sker av föroreningarna, vilket resulterar i mängden spädning och spridning av föroreningar (ibid).

I det stycket ovan togs placeringen av träd upp, generellt kan de konstateras att uppströms, innan trädet, påverkar träden föroreningsmängden marginellt, medan nedströms av träden kan luftkvaliteten påverkas. När träd står glesare får man överlag en bättre luftkvalité, då luften filtrerats genom dem och blandas sedan in med den övriga luften och den totala föroreningskoncentrationen minskar. Står träden tätt kan det dels hindra att luften kan ta sig igenom trädkronorna och i stället rör sig över och på vis tas inga föroreningar upp eller filtreras av träden. Det finns även en risk att träden håller nere luftföroreningarna vid marknivå och i stället har en negativ inverkan på luftkvaliteten (Air Quality Expert Group 2018). Så hur luften nedströms påverkas beror dels på porositeten av trädkronan och hur luftflödet kan röra sig. En annan viktig faktor är vart platsen är belägen, hur bebyggelsestrukturen ser ut, vilket också har betydelse för vindens rörelse (ibid).

3.3. Bebyggelsestruktur

Vegetations påverkan på luftföroreningar i städer är blygsam. En begränsning är att de områden med störst mängd föroreningar ofta är de platser som är trängst, vilket ger en begränsad yta där träd kan planteras. Den bästa effekten för människors hälsa vore att skilja människor så gott som det går från de stora utsläppskällorna, exempelvis vägar. Där emellan kan man placera vegetation, vilket maximerar de

positiva effekterna av att använda vegetation i urbana miljöer (Air Quality Expert Group 2018).

Men hur beter sig vinden i städer? Igenomsnitt är vindhastigheten lägre i staden än på landsbygden. Detta då all bebyggelse utgör friktion, vilket bromsar vinden. Inom staden kan vindhastigheten och turbulensen skilja sig åt. Turbulenta vindbyar är vanligare i staden då det förekommer fler hinder. Framför allt byggnadernas höjd och form har en påverkan. Byggnader som är jämnhöga och täta leder vinden över byggnaderna och skapar en vindskyddad miljö i gaturummet. Detta kan ge en vindreduktion på 75% i jämförelse med landsbygden. Har byggnaderna däremot olika höjder kan vinden fångas in av de högsta byggnaderna och föras ner i marknivå. Vinden är generellt starkare till exempel vid en skyskrapa än på landsbygden. Även formerna på byggnaderna påverkar vinden i marknivå. En rätvinklig byggnad kommer skapa mer turbulens, medan en byggnad med mjukare former även ger mjukare vindar (Deak Sjöman et al. 2015). Bebyggelsestrukturen påverkar även hur vinden rör sig. Beroende på hur gator är orienterade, deras bredd och längd påverkar vindhastigheten. En lång, rak och bred gata som ligger i den dominerade vindriktningen kommer ge en hög vindhastighet i gaturummet. En rutnätsplan, det vill säga en stadsplan med rätvinkligt gatunät, har ofta den här formen av bebyggelsestruktur. Fördelen är att det skingrar effektivt luftföroreningar men det ger inget trevligt mikroklimat i våra svenska städer. En slingrande och smal gata kommer göra att vinden bromsas, vindflödet finfördelas och vindhastigheten dämpas. Detta ger ett trevligare vindförhållande i marknivå. En medeltida stadsstruktur är ett exempel på den här formen av struktur. Även Bo01 i Malmö får den effekten där vinden finfördelas, trots en rutnätsstruktur. Skillnaden från vanliga rutnätsstrukturer är att Bo01 har ett oregelbundet rutnästmönster vilket ”knäcker” vindarna (ibid).

Vid planering, antingen vid nyprojektering eller omprojektering, är det därför viktigt att ha vindens påverkan i åtanke. Att förstå sig på den nya eller befintliga bebyggelsestrukturen och hur den kommer att ha en inverkan i marknivå är viktigt vid projektering och val av träd då de antingen kan ha en positiv eller negativ inverkan på luftkvalitén. En bra ventilerad plats skingrar föroreningar och möjliggör för mer vegetation. Medan platser med låg vindhastighet ger ett trevligare mikroklimat men har större risk för en ansamling av luftföroreningar. Valet av träd i dessa scenarion blir extra viktigt så att luftföroreningarna inte ytterligare stagneras av träden på platsen utan i stället kan förbättras av den filtrerande förmågan (Deak Sjöman et al. 2015).

3.4. Val av träd

Det finns flera faktorer som påverkar filtreringen eller upptaget av luftföroreningar hos träd. Trädets bredd, höjd och strukturella uppbyggnad kommer inverka på

spridningen och fördelningen av luftföroreningar (Janhäll 2015). Även barr och blads form, storlek, behåring och hur klibbiga de är påverkar hur väl träd filtrerar eller upptar luftföroreningar. Ett blad som har en hårig och klibbig yta har högre förmåga att fånga och hålla kvar partiklar (McDonald et al. 2016) Partiklar fastnar på blad, kvist och bark. Mängden blad är en huvudfaktor för filtrering och upptag av föroreningar, för det ger en större yta för torrdeposition eller upptag (ibid). Därför är bladarea en viktig aspekt vid val av träd (Yang et al. 2018). Bladarea är en del av begreppet bladarea index (LAI = Leaf Area Index) som är ett mått på hur mycket bladarea ett bestånd har per enhet markyta (Janhäll 2015). Trädens porositet har stor inverkan på hur luftföroreningar skingras. Porositeten är i detta fall hur gles eller tät trädkronan är (Deak Sjöman et al. 2015). Barrväxter är mer genomsläppliga i stark vind än lövväxter då vinden gör att bladen närmar sig varandra och ökar tätheten (Janhäll 2015).

För bästa renande effekt av luften är en kombination av löv- och barrträd bäst. Fördelarna med barrträd är att de har en bättre förmåga att filtrera luften och att barren oftast sitter kvar hela året (McDonald et al 2016). Däremot är barrträd känsligare för luftföroreningar än vad lövträd är (Kejllström 2008). De är även svårare att beskära till frihöjd i gatumiljö (Johnsson, 2011). Lövträd filtrerar luften sämre än barrträd men de är bättre på att absorbera gaser i jämförelse med barrträd (Kejllström 2008). Lövträd är även enklare att beskära i en gatumiljö (Johnsson, 2011).

En viktig faktor att känna till vid användning av träd är att beroende på art så avger de mer eller mindre av biologiska flyktiga organiska ämnen (BVOC – Biogenic Volatile Organic Compounds). BVOC kan reagera med kväveoxider (NO_x) och bilda marknära ozon. BVOC kan även bilda PM i luften (Air Quality Expert Group 2018). De högsta emissionshastigheterna av BVOC sker i varma klimat, då emission ökar med omgivningstemperaturen. Igenomsnitt släpps enbart låga halter ut av BVOC under 20 °C. Vid 35 °C nås den maximala emissionshastigheten och efter 40 °C avtar den (Air Quality Expert Group 2018).

Rätt träd på rätt plats är viktigt att förhålla sig till. Både bebyggelsestrukturen, vegetationsstrukturen och vinden påverkar varandra i staden och fungerar tillsammans i ett samspel. Därför är det vid val av träd viktigt att tänka på var man befinner sig, hur är platsen tänkt att brukas och vilket växtmaterial som klarar sig på platsen samt hur alla dessa faktorer kommer påverka vindförhållandena på platsen (Deak Sjöman et al. 2015). Deak Sjöman et al. (2015) menar att med trädens placering kan man påverka luftströmningarna. Exempelvis kan träd som placeras i den dominerande vindriktningen styra den förorenade luften, men här kommer än en gång porositeten av trädkronan in då det är viktigt att filtrera vinden inte blockera den.

Det är en hel del faktorer som påverkar och avgör om plantering av träd kan ske, inte minst att i den kompakta staden finna plats till träden. Det finns även en kostnad

vid plantering och skötsel av träd som måste tas i övervägande (McDonald et al. 2016). Yang et al. (2019) anser att det över lag behövs en bättre förståelse för städer i den mindre skalan för att kunna planera för mikroklimatet och inte enbart för den större skalan i den urbana miljön.

3.5. Projektera med träd i staden

Träd ska ofta uppfylla många krav vid plantering och ska tjäna många syften i den urbana miljön. Dels ska de ska klara av ståndorten, vara sjukdomsresistenta, gärna inte för skötselkrävande, ha estetiska värden också vidare. Stadens förhållanden kan skilja sig mycket åt, här finns allt från den trånga, hårdgjorda gatan till den stora parken (McDonald et al. 2016). McDonald et al. (2016) menar att det är svårt med alla dessa krav och mål att ange specifika trädarter för platser och planteringsstrategier. Det är däremot utifrån några principer möjligt att skapa en uppfattning om hur man ska tänka när syftet med planteringen av träd är att minska luftföroreningar. I detta kapitel har ett antal källor sammanförts för att skapa riktlinjer kring hur man projekterar med träd i urbana miljöer.

McDonald et al. (2016) påpekar att användningen av träd för att förbättra luftkvaliteten inte ska ses som ersättning för andra strategier för att minska partiklar i luften, utan i stället ska användas som ett komplement till dem. Trädplantering har främst en lokal påverkan på minskning av partiklar i luften. Den största reduktionen av PM sker inom 30 meter, men upp till 300 meter från trädet kan det mätas en differens (ibid). Vindhastigheten och turbulensen kommer ha en inverkan av reduktionen av partiklar i luften nedströms. Beroende på var träden är placerade kommer mängden människor som gynnas av reduktionen variera (ibid).

Kjellström (2008) benämner grundläggande faktorer för att plantera träd i gaturum, som Deak Sjöman et al. (2015) sammanfattat. De faktorer som bör övervägas vid plantering av träd i gaturum är: gatans förbindelse, funktion, orientering och utseende. Gatans förbindelse syftar på gatans funktion i ett större sammanhang till exempel om gatan fungerar som en ventilationskanal till de närliggande gatorna. Funktionen av gatan är viktigt att veta för att förstå hur den brukas, är det exempelvis bostäder och verksamheter intill eller en tyngre trafikerad väg. Gatans orientering kommer påverka vind- och solförhållandena. Det i sin tur inverkar på vilket klimat som eftersträvas i gatumiljön och trädens utveckling. Bebyggelsen kring gatan kommer bestämma gatans utseende och den utformningen kommer påverka vindflödet i gaturummet.

3.5.1. Stora vägar

Stora vägar är ofta en källa till utsläpp av föroreningar. Beroende på var vägen är belägen kan olika åtgärder göras. Är det nära en plats där många bor och vistas kan en plantering av träd som är tätt planterade minska luftflödet i området, fånga luftföroreningarna i marknivå (McDonald et al. 2016) och då kan koncentrationen av föroreningar öka med en faktor av 2 (Air Quality Expert Group 2018). På det viset utsätts människorna i området för en större mängd luftföroreningar än om träden inte varit där (McDonald et al. 2016). I detta scenario borde träden placeras med stora mellanrum så vinden kan ta sig emellan och ventilerar platsen samt vid val av träd bör arter som har stor förmåga att filtrerar eller uppta luftföroreningar väljas. Längs en stor väg där ingen bor i närheten och det inte heller är en plats där människor brukar vistas intill, exempelvis en motorväg, kan faktumet att träden hindrar luftflödet vara bra. Luftföroreningarna fångas vid träden och hindras att röra sig in mot områden i staden där människor befinner sig (McDonald et al. 2016). I detta läge kan man använda en trädbarriär eller tätt planterade rader av träd. Beroende på höjden och porositeten av barriären reduceras mängden föroreningar i luften olika mycket. Barriären bör inte vara så tät att ingen luft tar sig igenom den, för då förloras den filtrerande effekten träd kan ge. Som tidigare nämnt så minskar reduktionen av föroreningar desto längre ifrån träden luften rör sig. I studier gjorda med vindtunnlar och beräkningsströmningsdynamik modeller (CFD – Computational fluid dynamics) beräknas en trädbarriär kunna minska koncentrationen föroreningar i nedströms upp till en faktor av 5, men det är mer vanligt med en faktor av 2 (Air Quality Expert Group 2018).

3.5.2. Mindre vägar

Mindre vägar, exempelvis i bostadsområden, har generellt lite trafik. Det innebär även att det troligen inte är en stor källa för luftföroreningar och risken för att fånga luftföroreningar under trädkronorna är inte lika stor som i ett område med höga koncentration av föroreningar. Genom att öka bladytarean, med antal träd, ges en större area för torrdeposition och minskar koncentrationen av föroreningar i luften (McDonald et al. 2016)

3.5.3. Parker och andra öppna platser

Träd i parker och andra öppna platser kommer inte ha stor betydelse för att påverka luftkvaliteten i staden i den mån att det sällan är någon som bor eller jobbar inom 300 meter samt är dessa områden sällan en utsläppskälla av föroreningar. Val av träd på dessa platser bör snarare prioritera andra krav som ekosystemstjänster och estetik (McDonald et al. 2016).

4. Strategiska val kring placering av träd på två platser i Malmö

De två platserna som behandlats är Lundavägen och Rantzowgatan i Malmö (se figur 6). Platserna har valts då de representerar två olika scenarier som togs upp i förgående kapitel, en större väg och en mindre väg.



Figur 6. Lundavägen och Rantzowgatan i Malmö (Lantmäteriet u.å.)

Det förekommer huvudsakligen sydvästliga vindar i Malmö stad (Malmö stad, 2020). De luftföroreningar som ansågs mest problematiska vid mätningar 2020 var PM_{2,5}, PM₁₀, kvävedioxid (NO₂) och marknära ozon (O₃). Årsmedelvärdet för PM_{2,5} i Malmö låg på 8-9 µg/m³, miljömålet för PM_{2,5} 10 µg/m³. Årsmedelvärdet för PM₁₀ i Malmö var 14-15 µg/m³, miljömålet för PM₁₀ är 15 µg/m³. Årsmedelvärdet för kvävedioxid (NO₂) i Malmö varierande mellan 10-22 µg/m³. Miljömålet för kvävedioxid (NO₂) är 20 µg/m³. Årsmedelvärdet för marknära ozon (O₃) i Malmö varierande mellan 47-55 µg/m³. Årsmedelvärdet för marknära ozon (O₃) anges inte inom miljömålet för frisk luft. Det som anges är att ett maxvärde under ett genomsnitt av 8 timmer under ett dygn, vilket inte får överskrida 70 µg/m³.

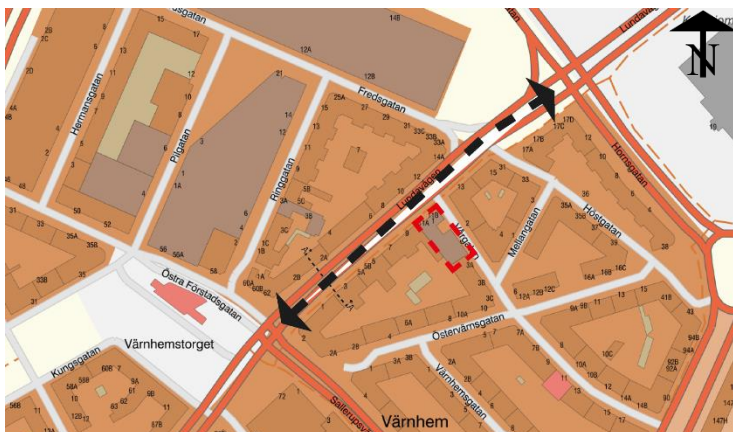
Mätningarna i Malmö visade på värden 86-112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket överskrider miljömålets gräns (Malmö stad, 2020). Se tabell 2 för en sammanställning av alla värden.

Tabell 2. Värden för PM2,5, PM10, kvävedioxid (NO_2) och marknära ozon (O_3) i Malmö år 2020 i jämförelse med Sveriges miljömål Frisk Lufts maximumvärde.

Förorening	PM2,5	PM10	Kvävedioxid (NO_2)	Marknära ozon (O_3)
Årsmedelvärde i Malmö ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8-9	14-15	10-22	47-55
Maximalt årsmedelvärde enligt miljömål ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	15	20	-
Medelvärde under åtta timmar i Malmö ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	86-112
Maximalt medelvärde under åtta timmar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	70

4.1. Lundavägen, Malmö

Det område som behandlats är en sträcka utmed Lundavägen, från korsningen Lundavägen och Hornsgatan till korsningen av Lundavägen och Sallerupsvägen. Vägen sträcker sig från sydväst till nordost (Se figur 7). Sträckan kan räknas som en stor väg med mycket trafik som kantas av bostäder och verksamheter. På sträckan beräknades det i medelvärde år 2019 passera kring 1000 bilar per timme under förmiddagen och cirka 1280 bilar per timme under eftermiddagen (Malmö stad, 2022).



Figur 7. Sträckan av Lundavägen som behandlas. Den röda rektangeln visar byggnaderna på 1–2 våningar (Lantmäteriet u.ä.).

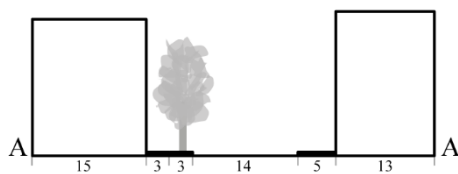
Byggnaderna intill vägen har fem-sex våningar, med undantag av två byggnader som är enplans respektive tvåplans, se figur 7 och 9. Troligen kommer mycket av luftflödet föras över byggnaderna och inte ner i marknivå, då byggnaderna håller ungefär samma höjd. ”Släppet” med de lägre byggnaderna kan möjliggöra ett ökat luftflöde i marknivå. Däremot är vägen belägen i en bra riktning för att tillåta att de sydvästliga vindarna rör sig igenom vägen. Trots det är det en risk att mycket luftföroreningar ansamlas vid marknivå. Skulle träd planteras på platsen finns det en risk att de skulle öka mängden luftföroreningar i marknivå under deras trädkronor. Placeras träden i mitten av vägen skapas det ett större avstånd från huskropp och trottoar till träd och ger en bättre möjlighet för ventilation där mellan. Så genom att placera träd i mitten av vägen kan luftkvaliteten förbättras genom att träden kan avlägsna föroreningar från luften. Skulle det bli en ansamling av föroreningar under trädkronan så kommer det inte ha lika stor negativ inverkan som om träden placerats intill trottoaren då det är färre människor som befinner sig på denna yta. Se figurerna 10 och 11 för illustration av de båda scenariona.



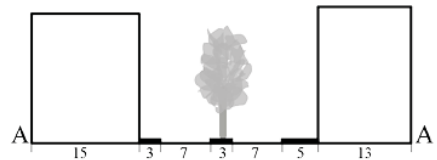
Figur 8. Lundavägen i Malmö.



Figur 9. Byggnaderna på 1–2 våningar



Figur 10. Sektion A-A. Illustration av hur gaturummet sett ut om träd planterats intill trottoaren.



Figur 11. Sektion A-A. Illustration av hur träd kan planteras i mitten av gaturummet, Lundavägen.



4.2. Rantzowgatan, Malmö

Vägen som behandlats är Rantzowgatan i stadsdelen Kirseberg i Malmö. Se figur 12. Vägen kan anses vara en mindre väg som ligger mellan flerfamiljshus som är mellan tre och fyra våningar höga, i vilka det finns en verksamhet. Vägen sträcker sig i väst till östlig riktning. Där är inga uppstickande hus som kan "fånga"

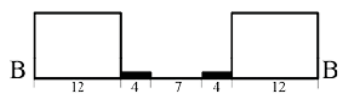


Figur 12. Rantzowgatan i Malmö (Lantmäteriet u.å.).

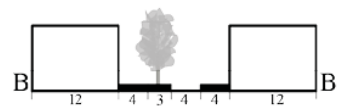
vinden och föra ner den i marknivå, så de jämna hushöjderna tillsammans med riktningen av vägen från väst till öst, ger troligen en relativt vindstill miljö i marknivå då de sydvästliga vindarna troligen inte kommer föras in i gaturummet. Däremot bör inte föroreningskoncentrationen i luften vara så stor med tanke på vägens storlek och att den är belägen mellan främst bostäder, vilket gör att vägen troligen inte genererar mycket trafik. Problematiken med att plantera träd i gaturummet ligger i gatans bredd och om det hade fått plats med till exempel en trärada. Vägen är redan enkelriktad och en stor del av vägen används till parkering. Ett alternativ hade varit att placera träd intill trottoarerna och på så vis öka LAI i området och följaktligen en yta för torrdeposition vilket kan leda till en förbättrad luftkvalité. En trärada med insläpp för parkering hade kunnat vara ett alternativ som gett platsen liknande funktion som den har idag men även förbättrat luftkvalitén. Se figur 14–15 för illustrationer.



Figur 13. Rantzowgatan i Malmö.



Figur 14. Sektion B-B. Illustration av hur gaturummet, Rantzowgatan, ser ut.



Figur 15. Sektion B-B. Illustration hur träd kan planteras i gaturummet, Rantzowgatan.

5. Diskussion

Träd kan vara ett hjälpmedel till att förbättra luftkvaliteten i den urbana miljön. Det kommer däremot med en del utmaningar som gör det svårt att få den fulla potentialen av trädets filtrerande effekter. Den kompakta staden och dess bebyggelsestruktur styr till stor del i vilken mån träd kan planteras. Hur man kan nyttja träden kommer i sin tur att påverka luftflödet. Luftflödet är en viktig del till att skingra föroreningar i luften och filtrera luften genom trädkronor (McDonadl et al. 2016). Problematiken ligger i att de ytor som har dåligt med utrymme och där det alstras mycket föroreningar på platsen sällan är lämpade för att ha träd till att förbättra luftkvaliteten. Detta då det är väsentligt med ventilation i den här typen av rum och införandet av träd på dessa platser riskerar att hålla nere luftföroreningarna under trädkronorna och på vis höja partikel- och gashalten som människor kan andas in (Deak Sjöman et al 2015). På en plats som inte möter samma problematik och har ett bättre ventilationsflöde är troligen mer lämpade att ha träd i syftet att förbättra luftkvaliteten (McDonald et al. 2016).

Avgörandet för om en plats ska ha träd, hur tätt eller glest de ska stå, hur många träd det bör vara och vilka arter av träd som ska planteras kommer behövas preciseras för varje plats man arbetar med. Den urbana miljön är en för komplex plats vilket gör det svårt att skapa universella förslag för olika typscenarion, då det är många faktorer för varje specifik plats som måste övervägas. Det är möjligt att ta hjälp av grundprinciper som kan ange vad som möjligen är lämpligast för platsen (McDonald et al. 2016). Vid till exempel en plats som är i behov av någorlunda ventilation för att skingra luftföroreningar bör inte träden stå närmre än två traddiametrar ifrån varandra för att behålla ventilationen mellan träden och genom området (Air Quality Expert Group 2018). Att ge förslag på trädarter, som visar på vilka träd som är mest effektiva på att filtrera och uppta föroreningar från luften, är i dagens läge svårt, om inte omöjligt. Tillräckligt med forskning har inte gjorts för att kunna ge en rättvis bild av olika trädarters möjlighet att filtrera luften, ännu mindre forskning har gjorts kring detta för specifika trädval i Sverige. Det verkar finnas ett intresse av att forska kring ämnet, exempelvis så bedrivs det i dagsläget en gemensam forskning mellan Göteborgs botaniska trädgård, Göteborgs universitet, Sveriges lantbruksuniversitet och Lunds universitet inom ämnet (Klingberg et al. 2021).

Så i framtiden kan det komma att finnas en bättre förståelse kring vilka arter som är mer eller mindre lämpade för att filtrera luften. Utöver trädets kapacitet att filtrera luften måste andra aspekter tas i hänsyn vid val av träd i den urbana miljön för att trädet ska kunna klara sig på platsen. Exempelvis måste trädet vara lämpat för ståndorten, urbana miljöer inhyser ofta många olika former av ståndorter och valet av rätt art för ståndorten är avgörande för trädets vitalitet på platsen (Deak

Sjöman 2015) – vilket i sin tur kommer påverka filtreringsförmågan då ett mer vitalt träd har bättre förutsättningar att filtrera luften från föroreningar. Det man kan utgå från idag vid val av stadsträd, för dess filtreringsförmåga, är dels bladens storlek som ger ett högre eller lägre värde för LAI (Janhäll 2015). Även om bladet har någon behåring eller en klibbig yta kan vara av fördel (McDonald et al. 2016). Det är även bra med en blandning av arter där barrträd generellt har en bättre filtreringsförmåga av partiklar än städsegröna. Lövträd tappar bladen under vinterhalvåret och har då en mindre yta att fånga partiklar på, men bladens yta är bättre på att uppta gaser än vad barr är (Kjellström 2008). Lövträd är också mer lämpade intill vägar då de oftast är enklare att beskära till fri höjd för trafiken. En nackdel med barrträd att många arter är känsliga för luftföroreningar (Kjellström 2008), vilket är ett ämne som hade varit intressant och viktigt att studera vidare om. Annan vintergrön vegetation som har löv och inte barr är ett annat alternativ. I den här uppsatsen har vegetation utöver träd i inte berörts men det hade varit intressant för vidare forskning inom ämnet.

Referenser

- Air Quality Expert Group. (2018). *Effects of Vegetation on Urban Air Pollution*.
https://uk-air.defra.gov.uk/library/reports.php?report_id=966
- Deak Sjöman, J & Östberg, J. (2020). *i-Tree: För strategiskt arbete med träds ekosystemstjänster*. <https://pub.epsilon.slu.se/21754/> (Hämtad 2022-01-17).
- Deak Sjöman, J. Sjöman, H. & Johansson, E. (2015). *Staden som växtplats*. I: Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) *Träd i urbana landskap*. Lund: Studentlitteratur. 231 – 330.
- Forsberg, B. Gustafsson, M. Lindén, J. Orru, H. Sjöberg, K. Tang, L. & Åström, S. (2018). *Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts*. (C 317). IVL Svenska Miljöinstitutet.
<https://www.ivl.se/english/ivl/publications/publications/quantification-of-population-exposure-to-no2-pm2.5-and-pm10-and-estimated-health-impacts.html>
- Janhäll, S. (2015). *Vegetationens inverkan på luftmiljön*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A885285&dswid=-2483>
- Johnsson, H. (2011). *Vegetation som luftfilter i urban miljö*. (Examensarbete). Sveriges lantbruksuniversitet. LTJ-fakulteten/Landskapsingenjörsprogrammet.
<https://stud.epsilon.slu.se/2534/>
- Kjellström, L. (2008). *Stadsklimat/gatuklimat*. Sveriges lantbruksuniversitet: institutionen för Stad och Land. <https://stud.epsilon.slu.se/12065/>
- Klingberg, J. Strandberg, B. Sjöman, H. Taube, M. Wallin, G. & Pleijel, H. (2021). *Polycyclic aromatic hydrocarbon (PHA) accumulation in Quercus palustris and Pinus nigra in the urban landscape of Gothenburg, Sweden*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721052402>
- Lantmäteriet. (u.å.) *Min karta*. <https://minkarta.lantmateriet.se/>
- Malmö stad. (2020). *Luften i Malmö 2020*. (3/2021). Malmö: Miljöförvaltningen.
<https://malmo.se/Miljo-och-klimat/Miljo--och-klimatmal/Miljolaget-i-Malmo/Miljorapporter/Luft.html?folder=19.17978cfd17be943cd7c36f9&sv.url=12.616ca2c417be84570797d1c>
- Malmö stad. (2022). *Trafikmätningar*. <https://malmo.se/Bo-och-leva/Stadsmiljo-och-trafik/Laget-i-staden/Trafikmatningar.html> (Hämtad 2022-03-02).
- McDonald, R. Kroeger, T. Boucher, T. Longzhu, W. & Salem, R. (2016). *Planting Healthy Air: A global analysis of the role of urban trees in*

- addressing particulate matter pollution and extreme heat. The Nature Conservancy. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163365297>
- Nationalencyklopedi. (u.å.a). *diffusion*. (Hämtad 2022-02-15).
- Nationalencyklopedi. (u.å.b). *inversion*. (Hämtad 2022-02-07).
- Nationalencyklopedi. (u.å.c). *luftförorening: luftförorenande ämnen*. (Hämtad 2022-01-27).
- Nationalencyklopedi. (u.å.d). *sorption*. (Hämtad 2022-03-09).
- Nationalencyklopedi. (u.å.e). *torrdeposition*. (Hämtad 2022-02-07).
- Nationalencyklopedi. (u.å.f). *våtdeposition*. (Hämtad 2022-02-07).
- Naturvårdsverket. (2021a). *Andra växthusgaser*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatfakta/darfor-blir-det-varmare/andra-vaxthusgaser/> (Hämtad 2022-03-10).
- Naturvårdsverket. (2021b). *Barns hälsa och luftföroreningar*.
https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/luft/barns-halsa-och-luftfororeningar?_t_hit.id=Boilerplate_Epserver_Features_EpserverFind_Models_EpserverFindDocument/19408_sv&_t_q=luftf%C3%B6roreningar (Hämtad 2022-03-09).
- Naturvårdsverket. (2021c). *Fakta om marknära ozon*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/luft/luftfororeningar-och-dess-effekter/fakta-om-marknara-ozon/> (Hämtad 2022-01-28).
- Naturvårdsverket. (2021d). *Luftföroreningar och dess effekter*.
https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/luft/luftfororeningar-och-dess-effekter?_t_hit.id=Boilerplate_Epserver_Features_EpserverFind_Models_EpserverFindDocument/18173_sv&_t_q=luftf%C3%B6roreningar (Hämtad 2022-01-27).
- Naturvårdsverket. (2021e). *Partiklar (PM_{2,5}), utsläpp till luft*.
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/partiklar-pm25-utslapp-till-luft/> (Hämtad 2022-01-27).
- Naturvårdsverket. (2021f). *Partiklar (PM₁₀), utsläpp till luft*.
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/partiklar-pm10-utslapp-till-luft/> (Hämtad 2022-01-27).
- Naturvårdsverket. (2021g). *Svaveloxid, utsläpp till luft*.
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/svaveldioxid-utslapp-till-luft/> (Hämtad 2022-03-22).
- Naturvårdsverket. (2020). *Utsläpp av luftföroreningar i Sverige*.
https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/6900/utslapp-av-luftfororeningar-i-sverige?_t_hit.id=Boilerplate_Epserver_Features_EpserverFind_Models_EpserverFindDocument/5607_sv&_t_q=luftf%C3%B6roreningar (Hämtad 2022-03-09).
- Nohed, A. (2019). *Värdet av träd – Hur trädkonstäckning kan användas för att värdera urbana trädskötselreglerande ekosystemtjänster*. (Examensarbete).

- Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för biosystem och teknologi.
<https://stud.epsilon.slu.se/14813/>
- Regeringskansliet. (u.å.). *Agenda 2030 Mål 11 Hållbara städer och samhällen*.
<https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-mal-11-hallbara-stader-och-samhallen/> (Hämtad 2022-03-09).
- SMHI. (2022). *Inversion*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/inversion-1.28269> (Hämtad 2022-02-07).
- SMHI 2021, *Smog*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/sikt-och-dimma/smog-1.3924> (Hämtad 2022-02-07).
- Sveriges miljömål. (2021). *Frisk luft*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/frisk-luft/> (Hämtad: 2022-03-01).
- Sveriges miljömål. (2017). *Frisk luft – saker kommuner kan göra*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/stod-och-rad-i-miljoarbetet/frisk-luft---saker-kommuner-kan-gora/> (Hämtad 2022-03-01).
- Sveriges miljömål. (2018). *Preciseringar av Frisk Luft*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/frisk-luft/preciseringar-av-frisk-luft/> (Hämtad 2022-03-01).
- Yang, L. Yangang, X. & Jones, P. (2019). *Exploring the potential for air pollution mitigation by urban green infrastructure for high density urban environment*. (Earth and Environmental Science 227). Welsh School of Architecture. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/227/5/052001>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.