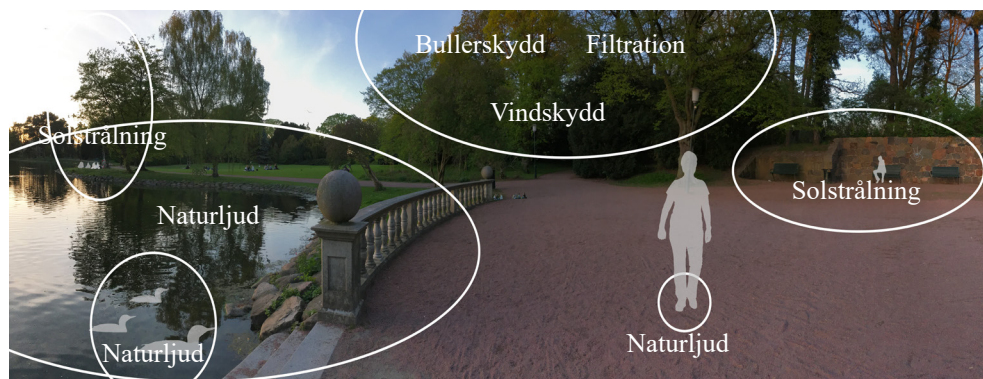


Urbana mikroklimat

– Designstrategier för solstrålning, vind, luft- och ljudkvalité

Evelina Bengtsson



Urbana mikroklimat – Designstrategier för solstrålning, vind, luft- och ljudkvalité

Microclimate for people

– Design strategies for sunradiation, wind, air- and soundquality

Evelina Bengtsson

Handledare: Cecilia Palmér, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Thomas Randrup, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatexamensarbete i Landskapsarkitektur

Kurskod: EX0649

Ämne: Landskapsarkitektur

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2018

Omslagsbild: Evelina Bengtsson

Övriga bilder: Om inget annat uppges är foton tagna av författaren

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Mikroklimat, microclimate, solstrålning, vind, ljud, luftkvalité, design, termisk komfort

Sammandrag

Landskapsarkitekter ställs varje dag inför den svåra frågan: hur ska vi skapa städer som är ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbara? De urbana mikroklimaten rör alla dessa aspekter. Genom val av material, placering av hårda landskapselement och vegetation påverkar landskapsarkitekten allt från temperatur till ljudkvalité. Indirekt påverkar dessa faktorer klimatet, energianvändningen i byggnader, hur olika utomhusmiljöer används samt människors psykiska och fysiska välmående.

Även om designen har stor inverkan på det urbana mikroklimatet och stadens offentliga rum finns det ont om riktlinjer och regler för hur utomhusmiljöer bör utformas med avseende på termisk komfort samt goda ljud-och luftförhållande. Detta kandidatarbete avser därför att samla kunskap inom dessa områden och ta fram generella strategier och riktlinjer för att uppnå önskvärda mikroklimat.

För att göra detta måste först frågan ”Vad är ett bra urbant mikroklimat med avseende på människors hälsa” besvaras (del 2). Svaret på denna fråga har visats varieras mycket beroende på rådande situation och omgivning.

Efter att denna fråga besvaras tar arbetet upp olika strategier för att önskvärda mikroklimat med avseende på solstrålning, vindförhållande, luftkvalité och ljud (del 3). Inom varje strategi berörs bland annat hur vegetation och hårda landskapselements placering och utformning påverkar mikroklimatet.

Avslutningsvis (del 4) förs en diskussion kring resultatet och eventuella slutsatser. I avslutande del berörs även frågor att gå vidare med.

Abstract

Landscape architects and urban designers face the difficult question: How do we create cities that are economically, socially and ecologically sustainable? The urban microclimate concerns all these aspects. The design, choice of materials, the shape and placing of hard landscape element and vegetation, influences everything from temperature to sound quality. Indirectly the design also affects the climate, energy use in buildings, how people use different places as well as their mental and physical well-being

Although the design has a major impact on the urban microclimate and city space, there is a lack of guidelines and rules for how outdoor environments can be designed regarding to thermal comfort as well as good sound and air conditions. This essay therefore aims to gather knowledge in these areas and develop general strategies to achieve desirable microclimate.

In order to do this, however, the question "What is a good urban microclimate with concern to human well-being" must be answered (Part 2). Which seems to vary depending on the prevailing situation and location.

After this the essay deals with strategies to achieve desirable sun, wind, air and sound conditions (Del 3). Within each strategy choice of materials, place of buildings and other hard landscape elements will be brought up.

The last part (Part 4) is a discussion about the outcome, possible conclusions and questions to study further.

Förord

Pijpers-van Eschs doktorsavhandling *Designing the urban microclimate* från 2015 har varit en stor inspirationskälla till arbetet. Även Anna Deaveus mastersarbete *Urbana mikroklimat i samband med förtätning* (2016) har varit till stor hjälp kring arbetets struktur och i sökandet av källor. Av den anledningen vill jag tacka dem båda för att jag fått ta del av deras fina arbeten.

Jag vill även tacka handledningsgruppen för bra diskussioner och kloka ord på vägen. Extra stort tack till min handledare Cecilia Palmér samt motläsare Joel Forsman Semb och Emma Axelsson för stöttning och hjälp.

Alnarp, 23 Maj 2018

Evelina Bengtsson

Innehållsförteckning

Sammandrag
Abstract
Förord

DEL 1

BAKGRUND	7
Bristande regelverk och kunskap.....	7
En osäker klimatframtid.....	8
Mål och syfte.....	9
Material och metod.....	9
Avgränsningar.....	9

DEL 2

VAD ÄR URBANA MIKROKLIMAT?	10
Vad är ett bra urbant mikroklimat för människor?	11
Solstrålning, mänsklig påverkan och regelverk.....	12
Vind, mänsklig påverkan och regelverk.....	14
Luftkvalité, mänsklig påverkan och regelverk.....	15
Ljudkvalité, mänsklig påverkan och regelverk.....	16

DEL 3

DESIGNSTRATEGIER FÖR URBANA MIKROKLIMAT	17
Solstrålning	17
Placering och orientering.....	17
Beskuggning.....	18
Absorption och reflektion.....	20
Vind	21
Läplanteringar och vindskydd.....	21
Samspel mellan gata och bebyggelse.....	24
Luftkvalité	28
Filtration genom vegetation.....	28
Rening genom luftströmmar.....	31
Ljud	32
Sänka ljudnivån.....	32
Kamouflera och distrahera, akustisk ljuddesign.....	34

DEL 4

DISKUSSION	35
Litteraturstudien och slutsatser.....	35
Resultatet kopplat till material och metod.....	36
Fortsatt forskning.....	37
REFERENSLISTA	38

DEL 1 Bakgrund

Vi står inför en framtid med global uppvärmning och ett varmare stadsklimat (WWF, 2018; Valsson & Bharat, 2009). Det här innebär nya utmaningar för hur utomhusmiljöer bör designas med avseende på termisk komfort (Pijpers-van Esch, 2015). Samtidigt finns det många, bland annat forskarna Pijpers-van Esch (2015), Brown (2010) samt arkitekten Edsjö (2018) som menar att det finns en brist i kunskap och riktlinjer kring hur utomhusmiljöer ska utformas för att erbjuda god mänsklig komfort och en hälsosam miljö. (Pijpers-van Esch, 2015; Brown, 2010; Edsjö, 2018). Då mikroklimatet påverkar hur platser används samt människors sinnesstämning och hälsa bör det ha en självklar roll i planeringen (Brown, 2010).

Bristande regelverk och kunskap.

När det kommer till våra inomhusmiljöer, på arbetsplatser eller i våra hem är vi vana att erbjudas god termisk komfort (Brown & Gillespie, 1995). Det finns gott om kunskap, flera riktlinjer och regler gällande temperatur, luftkvalité och ljudnivåer inomhus. Dessa riktlinjer regleras bland annat i Arbetsmiljölagen (AML), Boverkets byggregler (BBR) och Plan-och bygglagen (PBL) (Byggnads- miljöutredningen, 2005). Pijpers-van Esch (2015) påstår dock att när det gäller hur utomhusmiljöer bör utformas med avseende på god temperatur, vindförhållande, luft och ljud finns det mindre kunskap och ett bristande regelverk.

I Plan-och bygglagen (2010:900) finns några krav på utformningen med avseende på mikroklimat. Bland annat står det att bebyggelse ska lokaliseras och utformas så att det tar hänsyn till människors hälsa samt möjliggör förebyggandet av bland annat luftföroreningar och buller (Näringsdepartementet, 2010). Det kan tyckas vara relativt små och vagt formulerade krav.

Varför är då inte god utomhusmiljö lika självklart som bra inomhusmiljöer? Pijpers-van Esch (2015) samt Brown & Gillespie (1995) har flera förklaringar. Bland annat menar de att det är lättare att begränsa och kontrollera faktorer inomhus än utomhus och således även lättare att ställa krav på inomhusmiljöerna. De skriver även att den bristande lagstiftningen kring hur utomhusmiljön bör utformas med avseende på termisk komfort och hälsa ofta resulterar i oattraktiva miljöer. Pijpers-van Esch (2015) lyfter bland annat upp dagens tendens att bygga högt och glest vilket ofta resulterar i ökade vindhastigheter och skuggiga miljöer.

Det har gjorts studier och intervjuer där landskapsarkitekter tillfrågades om de tyckte att klimatanpassad design var viktigt, samt om de ansåg sig ha kunskap om hur det går att designa för bra urbana mikroklimat. Majoriteten av de som deltog i studien tyckte att frågan var viktig men få ansåg sig ha kunskap inom ämnet (Pijpers-van Esch, 2015). Det urbana mikroklimatet har stor inverkan på hur vi människor uppfattar och använder utemiljöer. Dessutom påverkar det människors välmående och sinnesstämning (Brown, 2010; Eliasson *et al.*, 2007).

Då landskapsarkitekter genom sin design har en direkt påverkan på mikroklimatet, vilket i sin tur har en indirekt effekt på människors hälsa, är det av stor vikt att fylla den kunskapslucka gällande klimatanpassad design som finns hos planerare idag (Pijpers-van Esch, 2015).

”All components of the urban microclimate – solar radiation, daylight, wind, air quality and sound – affect the physical well-being of people, whether separately or in conjunction. Some of these effects are immediate, such as heat stress and noise annoyance; others develop over a longer period of overexposure or underexposure, such as pulmonary and respiratory diseases. Some cause discomfort, for example sleep disturbance; others can be life-threatening, such as heat stroke or skin and lung cancer. It is therefore vital that the urban microclimate is given considerable attention in the urban design process.” (Pijpers-van Esch, 2015, s.20)

En osäker klimatframtid

Sverige har en årsmedeltemperatur på -8°C i de kallaste delarna och runt 10°C i sydligaste Sverige (SMHI, 2009). Det kalla klimatet under vinterhalvåret innebär en stor förändring i aktivitet och utomhusvistelse. Många undviker att gå ut på grund av att kylan upplevs som obekvämt. Dessutom kan snö och is innebära svårigheter för framkomligheten (Pressman, 1995). Den minskade utomhusvistelsen, rörelsen och bristen på solljus ökar risken för D-vitaminbrist och *seasonal affective disorder (SAD)* dvs. depression kopplad till årstidsskiftningar (Gloth *et al.*, 1999 ; Gudenas & Brooks, 2013).

Men vi står även inför en osäker klimatframtid med global uppvärmning, ett varmare klimat, ökade risker för extremväder och naturkatastrofer (WWF, 2018). *Urban heat island*, på svenska urban värmeö, är ett fenomen som blir allt mer påtagligt i våra städer. Den urbana värmeö-effekten innebär att städerna är varmare än den rurala omgivningen, ibland upp till hela 6 grader (Valsson & Bharat, 2009). Eftersom städerna i större utsträckning än omgivande landskap består av hårdgjorda ytor med ett lägre albedo (dvs. sämre förmåga att reflektera solljus) absorberas och lagras mycket värme under dagens ljusa timmar. Under natten däremot hindras värmestrålningen från bebyggelse och gator av den täta stadsstrukturen vilket leder till att värmeökningen blir som mest påtaglig under natten (Valsson & Bharat, 2009; Glaumann & Nord, 1993)

Samtidigt som Sverige är ett land med relativt låg medeltemperatur står alltså vi, precis som resten av världen, inför global uppvärmning och ett varmare stadsklimat (WWF, 2018; SMHI, 2009; Valsson & Bharat, 2009). Flera undersökningar har gjorts som visar att länder med vanligtvis kallt väder drabbas hårdare av extrem värme eftersom befolkningen, kulturen och stadsstrukturen inte är rustade för den varma temperaturen (Analitis *et al.*, 2008; WHO, 2006a). Av de här anledningarna är det kanske nu, mer än någonsin, aktuellt att ha med klimataspekten när vi designar våra offentliga utemiljöer.

Mål och syfte

Mikroklimatet har direkt inverkan på människors fysiska och psykiska hälsa och bör därför ha en självklar del i utformningen och designen av våra offentliga miljöer (Brown, 2010). Dessvärre har kunskap kring mikroklimat och urban design utvecklats i två separata spår under de senaste 10-20 åren (Pijpers-van Esch, 2015). Det här arbetet avser därför att samla och slå ihop den kunskap som finns kring mikroklimat och design idag.

Genom att göra det är målet med kandidatarbetet att besvara frågan: *Vad är ett bra mikroklimat för människor och hur kan det skapas genom designstrategier för solstrålning, vind, ljud- och luftkvalité?*

Material och metod

Kandidatarbetet kommer göras genom en litteraturstudie där vetenskapliga artiklar, böcker och rapporter gällande vad som är bra mikroklimat för människor ställs mot de offentliga dokument, lagar och riktlinjer som finns idag gällande utformningen för offentliga utomhusmiljöer.

Efter det kommer litteratur kring hur det går att designa för optimala förhållande med avseende på solstrålning, vind, luft-och ljud sammanställas.

Utifrån litteraturstudien kommer även skisser på vindflöden och skuggdiagram att framställas. Dessa kommer utgöra ett förklarande stöd till texten.

Avgränsningar

Kandidatarbetet kommer inte ta upp något om hur lufttemperatur eller luftfuktighet går att påverka genom design utan bara solstrålningen, vinden, luftföroreningar och ljud. Anledningen till det här är för att Pijpers-van Esch (2015) skriver att solstrålningen, vinden, ljud och luftföroreningar har stor inverkan på människors fysiska och psykiska välmående är ganska enkla att påverka och genom design medan Brown & Gillespie (1995) menar att lufttemperatur och luftfuktighet ofta kräver stora förändringar i landskapet för att ändras.

Kandidatarbetet är även begränsat till en skala mellan stadsstruktur och bostadsgårdsnivå och tar därför upp hur byggnaders relation påverkar vinden, solinstrålningen, ljud-och luftkvalitén, men kommer inte beröra detaljer som exempelvis hur olika takformer påverkar vindflödet.

Arbetet kommer endast beröra vad som är bra urbana mikroklimat för människor och inte för växter eller energieffektivitet som annars är vanliga utgångspunkter i litteratur angående mikroklimat.

Vad är urbana mikroklimat?

Ett mikroklimat är ett begränsat utomhusområde med specifika egenskaper gällande nederbörd, luftfuktighet, temperatur, vind, jord- och solstrålning (Brown & Gillespie, 1995). Storleken på mikroklimat kan variera från någon centimeter till 1000 m. Större områden och deras klimatförhållanden benämns utifrån begreppen lokal-, meso- och makroklimat där makroklimatet är det största (Figur 1) (Oke, 1978).



Figur.1: Klimatförhållandena utifrån begreppen mikro-, lokal- och mesoklimat. Mesoklimat brukar syfta på hela stadsområdet. Lokalklimatet innebär en yta upp till 50 km och exempelvis användas för att beskriva klimatet i stadscentrumet. (Sjöman *et al.*, 2015). Det här arbetet kommer fokusera på mikroklimatet, små områden mellan husen, på gator eller lekplatser. Bilden är baserad på Sjöman *et al.* (2015b) *Träd i Urbana landskap* s. 328.

Det urbana mikroklimatet påverkas av regionala förutsättningar och det geografiska läget. Ett kustnära område har således helt andra förutsättningar gällande stads- och mikroklimat än en stad inåt land (Sjöman *et al.*, 2015b). Utöver omgivande landskap och geografisk placering påverkas det urbana mikroklimatet av stadens design genom utformning, placering och storlek på byggnader, träd och buskar (Pijpers-van Esch, 2015).

I sin doktorsavhandling beskriver Pijpers-van Esch (2015) hur klimatet i staden skiljer sig ovanför husen kontra mellan dem. Ovanför hustaken råder relativt lika klimatförhållanden, mellan husen däremot kan stora klimatskillnader uppstå med bara några meters avstånd. Även Glaumann och Nord (1993) beskriver att lokalklimatet oftast är ganska homogent och behöver stora ingrepp och landskapsförändringar för att ändras medan mikroklimaten i staden kan variera mycket. De flesta av oss har nog någon gång upplevt fenomenet som Pijpers-van Esch (2015) samt Glaumann & Nord (1993) beskriver. Det kan vara när vi sneddar in på en sidogata och plötsligt upplever hur vinden avtar eller när vi en varm sommardag känner temperaturskillnaden mellan att vara i skuggan under ett träd jämfört med vid den mörka stentrappan i södersolen.

Vad är ett bra urbant mikroklimat för människor?

Brown & Gillespie (1995) förklarar att god termisk komfort ibland handlar om att skapa så bra klimat som möjligt året runt. Exempelvis genom att erbjuda platser med skugga under sommaren men skydd från blåst och kyla under vintern. I andra fall är det viktigare att designa för specifika förhållanden under speciella tider på dygnet (Brown & Gillespie, 1995)

Även Glaumann och Nord (1993) har skrivit att det är svårt att veta vad som är god temperatur på en plats. De menar att aktivitet och klädsel påverkar vad som är ett önskvärt klimat.

”Värmebehovet baseras på människans värmebalans som beror av hennes värmegivning (aktivitet) och klädsel (värmeisolering). För att kunna avgöra vad som är ett önskvärt klimat på en plats måste man således veta dels vilken aktivitet som väntas försiggå där och dels vilken klädsel folkantas bära.”(Glaumann & Nord, 1993, s. 59)

Glaumann och Nord (1993) fortsätter med att förklara att det är först efter att dessa förutsättningar är kända som det går att definiera en komfortzon, dvs. ett intervall för vad som är god termisk komfort. Den termiska komforten påverkas av lufttemperaturen och luftfuktigheten samt solstrålningen och vindhastigheten (Glaumann & Nord, 1993).

Varken extrem värme eller extrem kyla är bra för människor. Utsätts vi för kyla försöker kroppen få upp kroppstemperaturen genom att minska blodflödet via kärlsammandragningar samt ökad muskelaktiviteten. Det här resulterar i okontrollerbara muskelsammandragningar, skakningar och kramper. Forsätter vi trots detta att frysa kan det leda till ett livshotande stadie med sjunkande kroppstemperatur och *hypotermi* (kroppstemperatur under 35°C) (Analitis *et al.*, 2008).

Samtidigt som vi kan ta skada av låga temperaturer och kyla är det även farligt att utsättas för höga temperaturer. Undersökningar gjorda av WHO (2006b) visar att värme kan leda till vätskebrist och solsting som i extrema fall kan ha dödlig utgång (WHO, 2006a). Äldre, barn, samt personer med dålig kondition eller sjukdomar är känsligare för extrem kyla och värme. Länder som normalt har ett varmt, respektive kallt klimat är känsligare för klimatskiftningar åt det motsatta hållet (Analitis *et al.*, 2008; WHO, 2006a).

Brown & Gillespie (1995) berättar att en indikation för vad vi upplever som en bra temperatur är att den vanligaste inomhustemperaturen är runt 20°C. Går temperaturen under 15°C brukar vi frysa och är den över 25°C upplevs det som obekvämt varmt. Dock poängterar de att det är svårt att undersöka termisk komfort utomhus genom lufttemperatur eftersom vindhastighet och mängden UV-strålning ofta gör så att den upplevda temperaturen och den sanna skiljer sig drastiskt (Brown & Gillespie, 1995).

I Göteborg gjordes undersökningar kring hur den termiska komforten upplevdes samt påverkade det sociala livet på fyra olika platser: ett torg, en park, ett hamnområde samt en bostadsgård. Studierna visade att fler människor vistades på torget när vädret var klarare och lufttemperaturen varmare. Siffrorna visade att klarhetsindexet och lufttemperaturen stod för 33 % av variansen i närvaron. Intervjuer visade även att människorna på samtliga fyra platserna kände sig gladare när lufttemperaturen var varmare och vindhastigheten låg än under blåsig och kyliga dagar (Eliasson *et al.*, 2007). Studien visade dessutom att vädret påverkar hur människor använder olika platser. När det var kallt och blåsig tenderade människor i hamnområdet att sysselsätta sig med aktivitet och rörelse medan de under varma, stilla dagar rörde sig mindre (Eliasson *et al.*, 2007).

Utöver temperatur så är även luftföroreningar och ljud något som har stor påverkan på människors välbefinnande och hur de uppfattar en plats (Pijpers-van Esch, 2015). Höga halter av föroreningar i luften ökar risken för sjukdomar som lungcancer och astma (Naturvårdsverket, 2017a). Samtidigt som städerna idag har många utsläppskällor, som trafik och stora industrier, har de ofta även en struktur där utsläppen stängs in i stadsrummet. Brist på vegetation, i kombination med tät och hög bebyggelse som skärmar av inströmningen från renare luft, påverkar luftkvaliteten i staden negativt (Konijnendijk *et al.*, 2005).

Utsläppskällorna trafik och industri är även de som genererar mest buller och ljud som upplevs som störade i staden idag (Naturvårdsverket, 2018). Van Kempen *et al.* (2002) förklarar att buller är skadligt för människor då höga ljudnivåer kan orsaka hörselskador och tinnitus. De skriver även att exponering för mycket buller kan öka stressnivåerna hos oss samt medföra ökade risker för hjärt-och kärlsjukdomar.

Pijpers-van Esch (2015) och Brown & Gillespie (1995) tar båda upp att lufttemperaturen har stor inverkan på den termiska komforten men är svår att styra genom design. Pijpers-van Esch (2015) skriver att faktorer som lättare går att påverka och som har stor betydelse för hur människor upplever en plats är solstrålning, vind, ljud och luftkvalité.

Av dessa anledningarna kommer detta kandidatarbetet fokusera på de fyra faktorerna solstrålning, vind, luft- och ljudkvalité.

Solstrålning, mänsklig påverkan och regelverk

Sedan slutet av 1900 talet har flertalet undersökningar gjorts som visar på olika risker och hälsofaror av att utsättas för höga halter av UV-strålning. WHO (2006b) skriver bland annat att hög exponering av UV-strålning leder till ökade risker för flera olika sorters hudcancer, kroniska solskador samt påskyndat åldrande av huden. WHO (2006b) skriver även att mycket och starkt solljus kan leda till skador på ögats horn-och/eller bindehinna. Rivas *et al.* (2015) skriver att även för lite solstrålning kan vara farligt då det bidrar till en ökad risk att drabbas av D-vitaminbrist. Vidare förklarar de att stabila nivåer av D-vitamin har positiva effekter i form av sänkt blodtryck, minskad risk för mag-, tarm-, prostatacancer och olika skelett och infektionssjukdomar (Rivas *et al.*, 2015).

Det finns ännu inga föreskrifter gällande hur mycket solstrålning vi bör utsättas för dagligen eller några regler kring hur städer och offentliga rum ska utformas för att möta behovet av, såväl skydd från som garanti för, tillräckligt mycket solstrålning. Det här är något som både WHO (2006b) och Pijpers-van Esch (2015) samt Glaumann och Nord (1993) kommenterat.

WHO (2006b) har undersökt hur mycket solljus människor behöver och kommit fram till att mängden UV-strålning som är nödvändig utan att vara skadlig beror på flera olika saker som grovt kan delas in i tre kategorier: yttreförutsättningar, kulturella- och genetiska skillnader. Den första handlar om geografisk position, ozonlagrets tjocklek, årstid med mera. Den andra handlar om kultur och beteende, hur vi klär oss och om vi medvetet söker oss till solen eller försöker undvika den. Den sista berör genetikens påverkan på exempelvis vårt pigment.

Även om WHO (2006b) konstaterar att effekten av solstrålningen påverkas av många olika faktorer menar de att det finns det en gemensam nämnare som gäller. Mängden UV-strålning som behövs för att säkra behovet av D-vitamin är betydligt mycket mindre än den mängden som är skadlig för oss. Detta, menar dem, tyder på att det däremellan är ett spann för önskvärd mängd UV-stålning.

I sin doktorsavhandling *Designing the Urban Microclimate* skriver Pijpers-van Esch (2015) att det bör skapas ett regelverk kring hur utomhusmiljöer bör utformas för att gynna ett hälsosamt beteende med avseende på solstrålning.

”In order to facilitate sensible behaviour with regard to overexposure to UV radiation, outdoor spaces should provide enough shading in summer. Guidelines for urban design could be formulated in the form of a minimum percentage of shaded area in every outdoor space in summer, with an absolute minimum of square meters – enough for a person to stand or sit in. In order to prevent underexposure to UV radiation, a similar guideline could be formulated for direct irradiation of outdoor spaces in winter.” (Pijpers-van Esch, 2015, s.86)

Hon tillägger att det är viktigast att garantera skuggiga miljöer då den solstrålning som behövs för att tillgodose D-vitaminbehovet är lägre än den som är skadlig. Glaumann och Nord (1993) tycker istället att vi i Sverige alltid bör försöka skapa så mycket värme och sol som möjligt. De skriver bland annat att det borde tas fram riktlinjer kring förhållande mellan avstånden och höjden på husen för att garantera tillräcklig solstrålning på innegårdar. De betonar även vikten av att riktlinjerna måste ta hänsyn till att ju längre norrut vi befinner oss, desto längre måste avståndet mellan byggnaderna vara.

Brown & Gillespie (1995) skriver att hur mycket solstrålning som är önskvärt i våra offentliga miljöer beror på vilken säsong det är. Under sommaren är det viktigt att det finns platser med möjlighet till skugga medan det på vintern är viktigare att säkerställa tillgången till solstrålning (Brown & Gillespie, 1995)

Vind, mänsklig påverkan och regelverk

När vindhastigheten är under 5 m/s utgör den inga hälsofaror. Däremot kan den, beroende på lufttemperaturen, göra att vi börjar frysa (Glaumann & Nord, 1993). När det blåser över 5 m/s upplever många obehag i form av balanssvårigheter, svårigheter att ta sig framåt eller hantera papper, paraplyn, och kläder. Starka vindar får också konsekvenser på vårt fysiska välmående. Att promenera i motvind när det blåser 10 m/s innebär en kraftansträngning som ökar ämnesomsättningen med 50 % jämfört om promenaden hade skett när det var vindstilla (Pijpers-van Esch, 2015; Glaumann & Nord, 1993)

Som tidigare nämnts har vindhastigheten stor påverkan på den upplevda temperaturen (Tabell 1). Alla har vi nog upplevt hur vinden skönt fläktar en varm sommardag eller biter tag och gör ont en snöig eftermiddag i januari. Det här fenomenet kallas för *Wind chill* och beskrivs av Ahmad *et al.* (2016). De beskriver sambandet mellan starka vindar och snabbare värmeöverföring mellan objekt. Detta innebär att högre vindhastigheter gör att ytor och objekt snabbare kyls ner till den rådande lufttemperaturen (Ahmad *et al.*, 2016).

Tabell 1. Den upplevda temperaturen i förhållande till vindhastighet. Översta raden visar verklig temperatur, de undre den upplevda i förhållande till vindhastigheten. Baserad på Sjöman *et al.* (2015b), Träd i Urbana Landskap, s. 261.

	10°C	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C
5m/s	8	1	-5	-11	-17	-24	-30	-36	-42
10m/s	6	0	-7	-14	-20	-27	-34	-40	-47
15m/s	5	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50
20m/s	5	-2	-9	-16	-23	-31	-38	-45	-52
25m/s	4	-3	-10	-17	-25	-32	-39	-46	-53
30m/s	4	-4	-11	-18	-26	-33	-40	-47	-55

Under sommarhalvåret när lufttemperaturen är hög är alltså vinden inte ett så effektivt sätt att kyla en person. Därför menar Brown & Gillespie (1995) att fokus under sommaren bör ligga på att kontrollera solstrålningen i första hand och vinden i andra. Under vintern däremot menar de att termisk komfort med avseende på vind ska vara av högsta prioritet.

Det finns inga regler eller riktlinjer kring vindhastighet. Däremot finns det regler och normer kring luftkvalité (Pijpers-van Esch, 2015). Då det ofta är önskvärt att sänka vindhastigheterna för termisk komfort men luftkvalitén förbättras med hög vindhastighet hamnar ofta design för bra luftkvalité och lägre vindhastighet i konflikt med varandra (Yassin & Jañour 2008) Pijpers-van Esch (2015) har kommenterat problemet och skriver så här:

”In cases where air quality is less of an issue, i.e. where pollutant concentrations are expected to be low at all times, wind comfort can be optimized. In areas with low air quality – along busy roads, in and near industrial areas, etc., more consideration should be given to the ventilation of outdoor spaces and buildings.” (Pijpers-van Esch, 2015, s.177)

Hon menar alltså att det från plats till plats, beroende på omgivning och rådande luftkvalité, måste göras avvägningar angående om vinddämpande åtgärder ska göras eller inte (Pijpers-van Esch, 2015).

Luftkvalité, mänsklig påverkan och regelverk

Luftföroreningar kan vara luftburna partiklar av varierande storlek eller gas. De luftföroreningar som är vanligast är oxider av kväve eller svavel, marknära ozon och olika partiklar (Naturvårdsverket, 2017b). Hög exponering för luftföroreningar kan orsaka lungcancer, astma och olika allergiska sjukdomar. Känsligast för luftföroreningar är barn då deras lungor ännu inte är fullt utvecklade och de generellt har sämre immunförsvar än vuxna (Naturvårdsverket, 2017a).

Svenska miljöinstitutet (2009) har tagit fram en rapport som visar att det varje år uppskattas dö cirka 3400 personer i förtid i Sverige på grund av exponering av luftföroreningar. Rapporten presenterade även att samhällskostnaderna för sjukdomar relaterade till luftföroreningar är 26 miljarder kronor per år (Svenska miljöinstitutet, 2009)

Regler kring luftkvalité och högsta andel föroreningar regleras av EU. Sverige har miljökvalitetsnormer för att kunna möta kraven i EU:s luftkvalitetsdirektiv (2008/50/EC) och enligt luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:447) ansvarar kommunerna för kännedom kring luftkvalitén och för att se till att miljökvalitetsnormerna följs (EU, 2015 ; Naturvårdsverket, 2017b).

Värt att nämna är dock att EU:s regler tillåter högre andel luftföroreningar än vad WHO rekommenderar. EU:s direktiv är att luften får innehålla som mest 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ av partiklar mindre än 10 mikrometer (PM_{10}). För $\text{PM}_{2,5}$ får luften innehålla 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Naturvårdsverket 2017c). WHO (2005) menar att risken för att dö av lungcancer minskar med ungefär 90% om luften istället för att följa EU:s direktiv innehåller högst 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ av PM_{10} respektive 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ av $\text{PM}_{2,5}$ (WHO, 2005).

Ljudkvalité, mänsklig påverkan och regelverk

Van Kempen *et al.* (2002) har gjort en undersökning över hur bullernivåer påverkar vårt fysiska välmående. Deras analyser visade ett samband mellan bullerexponering och högt blodtryck. I vissa fall gick det även att koppla samman höga bullernivåer med en ökad risk för kranskärsljukdom och hjärtinfarkt. (Van Kempen *et al.*, 2002). Utöver ökad risk för flera hjärt- och kärsljukdomar är höga ljudnivåer skadligt för vår hörsel och har stor inverkan på vårt psykiska välmående genom koncentrations-, kommunikations- och sömnsvårigheter samt ökade stress- och irritationsnivåer (WHO, 1999).

WHO (1999) förklarar att toleransen för ljudnivån skiljer sig mellan olika personer och situationer. Oftast påverkas dock toleransen av vad som är ursprungskällan till ljudet, något som Henriksson (2011) skrivit om. Hon menar att människor ofta har större tolerans till ljud som de anser passande till miljön de befinner sig i. Henriksson (2011) förklarar till exempel att vi upplever trafikbuller som mer störande i en naturmiljö där vi förväntar oss höra vattenljud eller vind som viner i träden än i gatumiljö (Henriksson, 2011). Den varierande toleransen för olika sorters ljud gör även att det går att använda så kallade naturljud (porlande vatten, fågelkvitter med mera) för att kamouflera störande ljud, så som trafik- och industribuller (Rizell, 2013; Henriksson, 2011). Alvarsson *et al.* (2010) skriver om naturljud och dess inverkan på människor. De menar att naturljud har positiva hälsoeffekter, så som minskade stressnivåer och snabbare psykisk återhämtning.

Myndigheter som Naturvårdsverket och Folkhälsomyndigheten ansvarar för att informera om bullernivåer och deras konsekvenser medan Trafikverket, Transportstyrelsen, Boverket och Arbetsmiljöverket ansvarar för att planera infrastruktur och bebyggelse på ett sätt som minimerar ljud- och bullernivåerna. De ska även säkerställa att de krav som miljöbalken och plan- och bygglagen ställer följs (Naturvårdsverket, 2018). Så här lyder miljöbalkens förordning (2015:216):

*”3 § Buller från spårtrafik och vägar bör inte överskrida
1. 60 dBA ekvivalent ljudnivå vid en bostadsbyggnads fasad, och
2. 50 dBA ekvivalent ljudnivå samt 70 dBA maximal
ljudnivå vid en uteplats om en sådan ska anordnas i
anslutning till byggnaden.”* (Näringsdepartementet, 2015)

WHO (1999) rekommenderar att uteplatser inte bör ha en konstant ljudnivå på över 50 dB. Deras motivering till den gränsen är att 55 dB orsakar höga irritations- och kommunikationssvårigheter medan ännu högre ljudnivåer är skadliga för hörseln och människors hälsa.

Designstrategier för urbana mikroklimat

Som tidigare nämnt räknas en mängd olika faktorer in i mikroklimatet, däribland lufttemperatur och luftfuktighet, vind, nederbörd samt jord- och solstrålning. Vissa av dessa faktorer är dock svåra att förändra genom design (Brown & Gillespie, 1995). Däremot har ljud och luftkvalité stor inverkan på människors hälsa och går att påverka genom utformningen av våra utomhusmiljöer (Pijpers-van Esch, 2015). Utifrån detta är kapitlet uppdelat efter fyra olika designstrategier för att uppnå önskade förhållande gällande solstrålning, vind, ljud och luftkvalité.

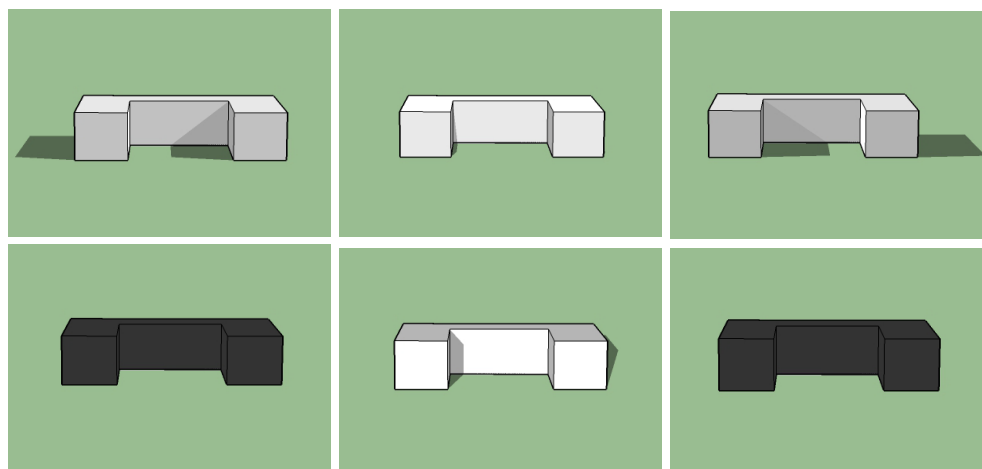
Solstrålning

Störst inflytande på solstrålning har grönska och hårda landskapselement. Det som i sin tur påverkar deras inverkan på solstrålningen är utseende och karaktär, placering och orientering (Brown & Gillespie, 1995).

Placering och orientering

Brown & Gillespie (1995) skriver att utomhusmiljöer som förväntas användas året runt bör vara orienterade mot söder eftersom det möjliggör mycket solljus under vinterhalvåret (Figur 2). I boken *Uteklimat* går Glaumann och Nord (1993) in på frågan mer detaljerat. De har gjort en studie som visar att den lägsta gränsen för antal timmar som en offentlig yta utomhus bör ha under vårdagsjämningen är fem timmar mellan klockan 9 och 17. För att garantera så många soltimmar skriver de att platserna måste vara orienterade i nordöst till sydvästlig riktning (Glaumann & Nord, 1993).

I Sverige är det vanligast att jobba dagtid, börja mellan klockan 6 och 9 och sluta mellan klockan 15 och 18 (SCB, 2012). Utifrån den här aspekten bör det även vara attraktivt att ha bostadsgårdar, balkonger och uteplatser som är orienterad mot väster för att garantera solinstrålning på eftermiddag och kväll.

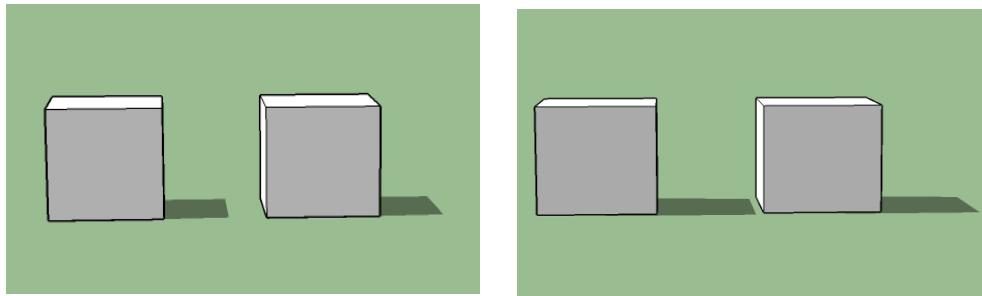


Figur 2. Bild som visar en bostadsgård orienterad mot söder och solinstrålningen på vintern respektive sommaren. Översta raden är 1 juli klockan 8, 12 och 16. Undre raden är samma tider 1 december. Byggnaden är 9 meter hög. Skuggdiagrammen har Stockholm som geografisk position. Baserad på Brown & Gillispe (1995) *Microclimatic landscape design* s. 20.

Beskuggning

Hårda landskapselement, det vill säga allt förutom levande vegetation, släpper igenom olika mycket ljus beroende på densitet. Byggnader och andra solida element stoppar 90 % av solstrålningen, medan exempelvis staket släpper igenom mer ljus (Glaumann & Nord, 1993).

Sjöman *et al.* (2015b) skriver att elementens höjd och bredd samt yttre faktorer som geografisk position, tid på dygnet och året påverkar skuggans storlek. De fortsätter med ett exempel som tydligt visar det geografiska lägets påverkan. Mellan två trevåningshus i sydligaste Sverige räcker det generellt med ett avstånd på cirka 9 meter för att solens strålar ska nå ner mellan husen. Mellan två hus av samma höjd i norra Sverige behövs det istället ungefär det dubbla avståndet (Figur 3) (Sjöman *et al.*, 2015b).



Figur 3. Till vänster syns två tre våningshus i Trelleborg. Till höger är samma hus fast i Luleå. På båda ställena är det nio meter emellan byggnaderna. Skuggdiagrammen är baserade på Sjöman *et al.* (2015b) Träd i Urbana Landskap s. 241

I många fall vill vi ha möjlighet att sitta i skugga under sommaren men i sol under vintern. Att ha skydd med överhängande takstruktur över södervända ytor innebär att solens strålar blockeras när de är som starkast under sommaren men kan skina in under vintertid när solen står lägre. (Brown & Gillespie, 1995). Sjöman *et al.* (2015) skriver att ett annat sätt att skapa skugga på sommaren men sol på vintern är att använda sig av lövfällande träd och buskar.

Vegetation har olika påverkan på solstrålningen beroende på krontäthet och storlek. I ganska grova drag går det att säga att en trädkrona i belövat tillstånd hindrar mellan 70 och 95 % av solstrålningen att nå marken (Glaumann & Nord, 1993). För att skapa optimala förhållanden gällande solstrålning över hela året rekommenderas lövfällande träd med en gles grenstruktur men ett tätt lövverk. (Sjöman *et al.*, 2015b)

BAI står för *branch area index* och kan kort beskrivas som ett sätt att mäta trädens genomsläpplighet vintertid. Högt BAI innebär tätare krona och alltså mindre genomsläpplighet i avlövat tillstånd. Sjöman et al (2015a) har med hjälp av avancerad kamera-och scanningsteknik undersökt hur mycket ljus 72 olika trädarter, belägna i Öresundsregionen, släpper igenom. Nedan (Tabell 2) visar de trädarter som enligt studien hade högst ljusgenomsläpplighet, och alltså lämpar sig bra till platser där det önskas hög solinstrålning på vintern (Sjöman et al, 2015a).

Tabell 2. Träd med ett BAI upp till 0,5. Tabellen är baserad på Sjöman et al. (2015a) *Branch Area Index of Solitary Trees: Understanding Its Significance in Regulating Ecosystem Service*.

Art	Uppskattad BAI	Trädet höjd och krondiameter (i meter)
<i>Ginko biloba</i>	c. 0,27	6,8 hög 0,83 i krondiameter
<i>Tilia plataphyllos 'Örebro'</i>	c. 0,3	10 hög 5,15 i krondiameter
<i>Tilia plataphyllos 'Fenris'</i>	c. 0,38	7,1 hög 3,98 i krondiameter
<i>Tilia Euchlora 'Frigg'</i>	c. 0,39	8,3 hög 4,81 i krondiameter
<i>Sophora japonica</i>	c. 0,40	6,7 hög 6,12 i krondiameter
<i>Tilia plataphyllos 'Rubra'</i>	c. 0,43	8,2 hög 6,69 i krondiameter
<i>Alianthus altissima</i>	c. 0,45	6,5 hög 3,82 i krondiameter
<i>Tilia Euchlora</i>	c. 0,46	7,8 hög 5,29 i krondiameter
<i>Acer plantanoides 'Fassens black'</i>	c. 0,5	11 hög 5,72 i krondiameter
<i>Tilia cordata 'Greenspire'</i>	c. 0,5	8,9 hög 5,49 i krondiameter

Sjöman et al. (2015b) skriver att det kan vara bra att välja ett träd med sent bladutsläpp och tidig lövfällning för att skapa optimala förutsättningar för solinstrålning både under tidig vår och sen höst. Utifrån Sjöman et al. (2015b) samt Taflin et al. (2013) går det att utläsa att träd som har sent bladutsläpp och tidig lövfällning och som fungerar bra i zon I-III är: manssch (Fraxinus ornus), svart valnöt (Juglans nigra), kinesträd (Koleureuteria paniculata) och robinia (Robina Psedoacacia) (Sjöman et al, 2015; Taflin et al., 2013).

Hur långa skuggor ett träd kastar beror, precis som med de hårda landskapselementen, på vilken tid på dagen och året det är, men även vart i Sverige vi befinner oss. Ett 6 meter högt träd i Malmö klockan 12 i juni kastar en skugga på cirka 3 meter. Hade samma träd, vid samma tid, stått i Boden hade skuggan varit runt 10 meter. Jämför vi samma träd i Malmö respektive Boden fast i oktober är skuggan mer än dubbel så lång i Boden (10, respektive 20 meter) (Sjöman et al, 2015b)

Det är viktigt att tänka på vart skuggan är under olika tider på dygnet och året för att skapa ett så bra mikroklimat som möjligt. Det går att använda generella riktlinjer. Exempelvis att om träd placeras på norra sidan av en gata som går i öst-västlig riktning eller söder om ett hus kommer fasaderna skuggas när det är som varmast under sommardagarna men gatan och fasaderna kommer inte beskuggas mycket under vinterhalvåret (Pijpers-van Esch, 2015; Brown & Gillespie, 1995). Sjöman *et al.* (2015b) poängterar dock vikten av att ibland tänka på mer platsspecifika lösningar.

”Under de tidigaste morgontimmarna är det ofta svalt och fuktigt. Därför blir det viktigt att vistelseytor (bänkar, lekredskap, gräsmattor etc.) får torka upp efter natten. Däremot är behovet av beskuggning framemot förmiddagen – runt kl 10.00 – och fram till eftermiddagen – ca kl. 15.00 – större under soliga sommardagar.” (Sjöman *et al.*, 2015b, ss.251-252)

Absorption och reflektion

Alla ytor, vegetation såväl som hårdgjorda material, absorberar, reflekterar och överför olika mycket strålning (Brown & Gillespie, 1995; Glaumann & Nord, 1993). En ytas förmåga att reflektera solstrålning mäts i albedo där material med hög albedo reflekterar mycket medan de med låg albedo absorberar mer. Ytans färg är det som påverkar albedo mest där ljusare färg innebär ett högre albedo. Även ytans fuktighet påverkar hur mycket strålning som absorberas (Taha *et al.*, 1988).

För att förstå hur albedo påverkar olika material och det urbana mikroklimatet tar Brown & Gillespie (1995) upp ett exempel där de jämför ett torg av asfalt med ett av ljus betong. Under dagen absorberar asfaltytan mer solljus än betongen som istället reflekterar mer. På förmiddagen skulle materialens temperatur inte skilja sig märkbart än, men eftersom betongen reflekterar mer solljus hade det varit något varmare där än på asfaltstorget. Senare under kvällen och natten när asfalten hunnit absorbera mycket solljus och blivit uppvärmt kommer mikroklimatet vid asfalttorget vara märkbart varmare än vid betongtorget. Kort sagt, det ljusa materialet erbjuder en svalare temperatur efter att solen gått ned medan det mörka gör det under dagens tidiga timmar. Däremellan är de ganska likvärdiga med avseende värme (Brown & Gillespie, 1995).

Det är alltså viktigt att veta för vilken säsong, för vilka aktiviteter och under vilka tider på dygnet som platsen ska utformas efter. Vid vissa tillfällen är varma ytor efterfrågade, vid andra inte (Pijpers-van Esch, 2015). Värt att nämna är dock att material som reflekterar lite solstrålning, det vill säga mörka material med låga albedo, bidrar till att den urbana värmeeffekten mer än material med högt albedo (Glaumann & Nord, 1993). Av den här anledningen menar Taha *et al.* (1988) att mörka material som svart asfalt bör undvikas i städer och att det i varma områden kan vara av god idé att använda ljusa material, vegetation och vatten i stadsrummet.

Vind

Vind har stor påverkan på den upplevda temperaturen och utomhuskomforten. Genom placering av vegetation och hårda landskapselement går det att påverka vindarnas hastighet och riktning (Brown & Gillespie, 1995)

Läplanteringar och vindskydd

Vegetation är ett av de effektivaste sätten att påverka vindens riktning och hastighet. Vegetationens storlek och täthet påverkar hur stor inverkan den har på vindflödet. På vintern när lufttemperaturen är som kallast är det viktigaste att kontrollera vinden. I det här avseendet är det bra att välja städsegrön vegetation till läplanteringar (Brown & Gillespie, 1995)

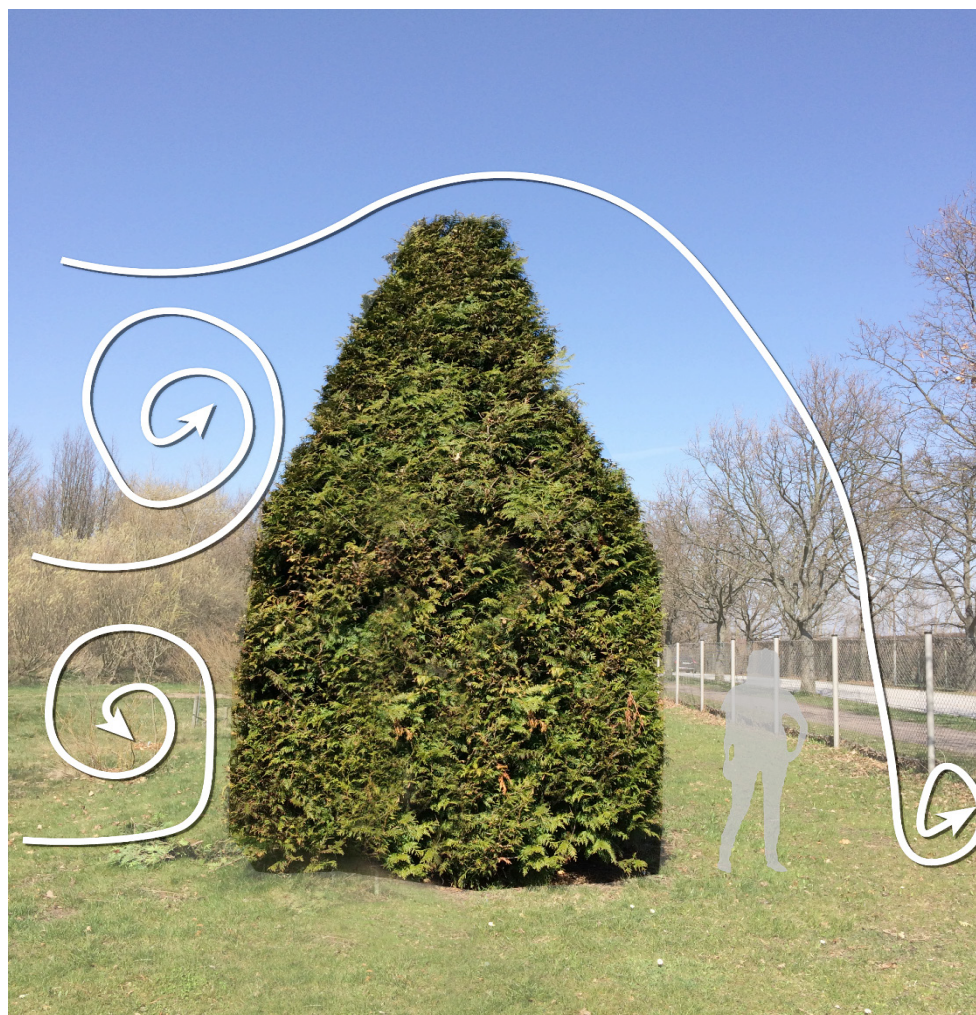
Vegetationens täthet påverkar vindens rörelse och hastighet. Alléer, träd-rader och andra smala trädplanteringar (under 10 meter breda) kan ha effekten att vindströmmarna fångas upp och ökar i hastighet direkt under kronan. Att de är öppna nedtill innebär också ett golvdrag där vinden, näst intill obehindrat, kan blåsa mellan trädens stammar (Figur 4a) (Sjöman *et al.*, 2015b; Glaumann & Nord, 1993).



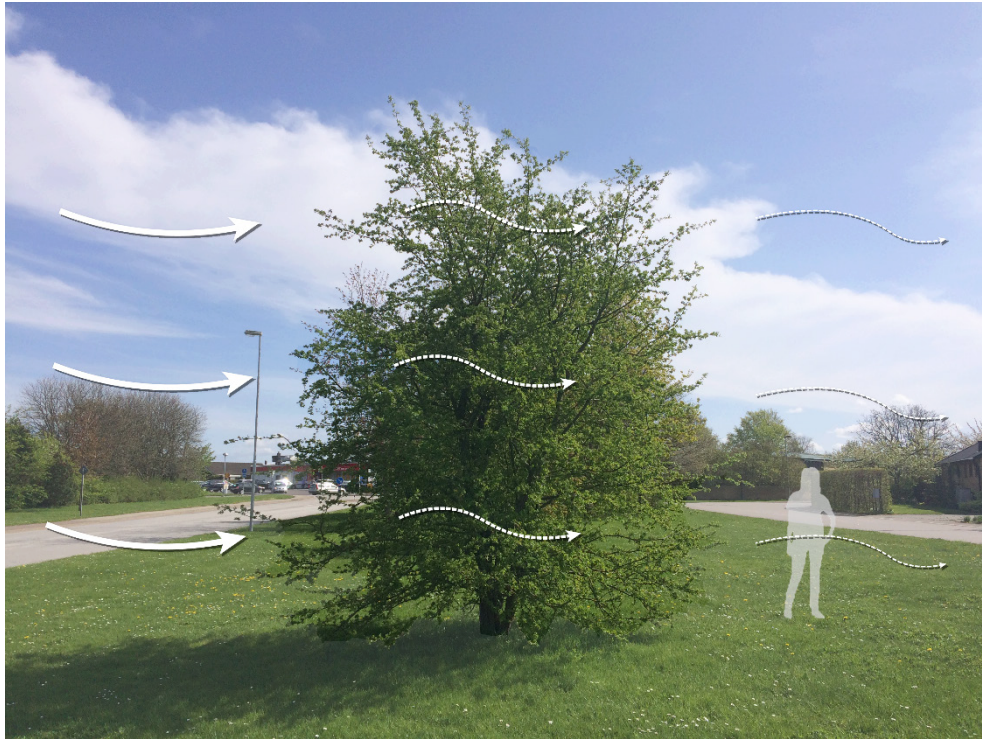
Figur 4a. Enkel trädrad. Begränsad vindreducerande effekt med golvdrag och risk för turbulens under trädkronorna. Baserad på Gustavsson & Ingelög (1994) *Det nya landskapet* ss. 316-318.

Brown & Gillespie (1995) har illustrerat vad som händer med vinden vid en plantering som istället är helt tät. I sin bok *Microclimatic landscape design* använder de sig av en rad med cedrar (*Cedrus*) cirka 2 meter höga och så tätt planterade att de bildar en sammansatt rad. Lä-effekten av cedrarna är som störst direkt efter planteringen samt 10 m efter. Vidare skriver de att om den täta trädraden fått ett hål, till exempel om ett träd dött, hade vinden till viss del pressats igenom luckan vilket resulterade i en markant vindökning där trädet tidigare stått (Brown & Gillespie, 1995).

Utöver risken med att ett hål i en tät läplantering blir väldigt tydlig finns det en annan nackdel med täta planteringar som Sjöman *et al.* (2015b) tar upp. De menar att även om vindhastigheten sjunker precis efter läplanteringen, ökar riskerna för att vindturbulens uppstår framför och långt bakom planteringen (Figur 4b). Vidare förklarar de att en gles buske kan minska vindhastigheten med över 60 % utan att skapa vindturbulens (Figur 4c). Även Gustavsson och Ingelög (1994) har fört en diskussion kring hur olika läplanteringars täthet påverkar vindhastigheten och kommit fram till att ju tätare läplanteringarna är, desto smalare men markantare blir läzonen bakom planteringen medan öppnare planteringar innebär en lägre, men jämnare fördelad vindsänkning.



Figur 4b. En hög och tät plantering, konsekvenser blir risk för turbulens innan och efter planteringen. Baserad på Brown & Gillespie (1995) *Microclimatic landscape design* s. 132.



Figur 4c. Gles buske. Den vindreducerande effekten blir begränsad men jämn och utan risk för turbulens. Skissen är baserad på Sjöman *et al.* (2015b) *Träd i Urbana landskap* s. 316

Bästa vindskyddseffekten nås om träd i olika höjder kombineras med buskar och annan undervegetation (Figur 4d) (Gustavsson & Ingelög, 1994). Ibland är det dock en bra idé att inte använda sig av både buskar och träd. Brown & Gillespie (2015) skriver bland annat att enbart buskar är användbara när det är önskvärt att skapa vindskydd utan att bilda skuggiga miljöer, exempelvis vid sittplatser.



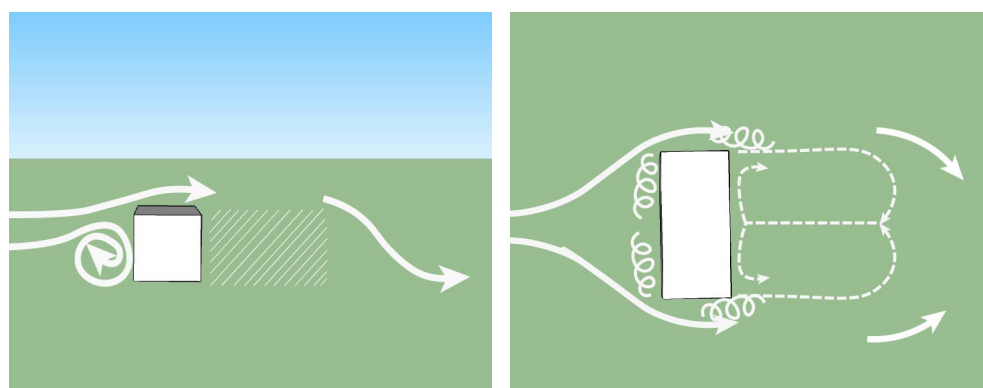
Figur 4d. Plantering med varierande täthet och höjd. Goda vindsyrande- och dämpande konsekvenser. Baserad på Gustavsson & Ingelög (1994) *Det nya landskapet* ss. 316.

Utöver skuggan påverkar även höjden på planteringen hur mycket vind som fångas upp, något som Gustavsson och Ingelög (1994) diskuterat. De förklarar att det är vegetationens höjd som avgör hur lång läzonen bakom blir. Bakom en bra plantering brukar den vindreducerande effekten vara ungefär 25–30 gånger så bred som vegetationen är hög. Det här innebär att en häck på 5 meter har en vindreducerande effekt upp till 105 meter bakom sig (Gustavsson & Ingelög, 1994). Brown & Gillespie (1995) beskriver att vindens hastighet ökar med avståndet från marken vilket gör att ju högre ett objekt är, desto starkare vindar fångar det in. Konsekvensen av höga läplanteringar blir således att läets bredd håller i sig längre bakom planteringen men att vindhastigheten framför planteringen ökar markant (Brown & Gillespie, 1995; Gustavsson & Ingelög, 1994).

Det är även viktigt att påpeka att vegetationen bara kan ha en liten inverkan på vindhastigheten om den är omgiven av betydligt högre bebyggelse (Galumann & Westerberg, 1988). Detta kommer undersökas närmare under nästa rubrik som handlar om bebyggelse och stadsstruktur.

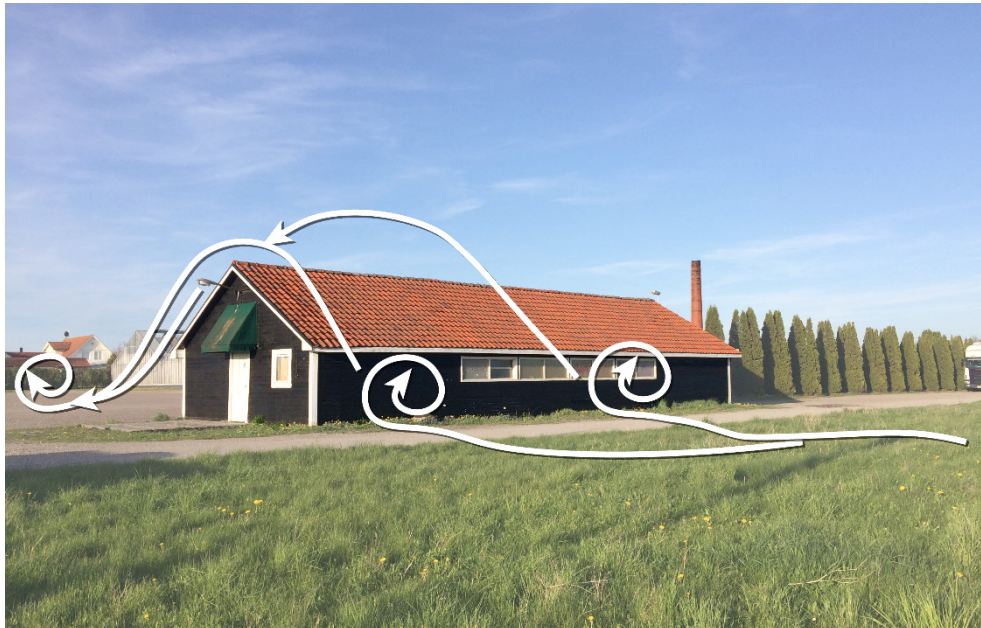
Samspel mellan gata och bebyggelse

När en vindström träffar stora landskapselement, exempelvis en byggnad delas den upp. En del av luftströmmarna kommer gå över objektet medan den andra delen kommer pressas nedåt och längst sidorna på huset. Eftersom vindhastigheten ökar med höjden över marken innebär det här att ju högre objektet är, desto starkare vindar kommer fångas upp och leds nedåt och ut mot sidorna av byggnaden (Galumann & Westerberg, 1988). Resultatet av det här är att det skapas som starkast vindar ungefär vid mitten av byggnadens höjd och uppåt, samt små virvlar vid byggnadens fot. När de stilla vindarna på byggnadernas sidor möts av de kraftiga vindarna som fångats upp och pressas ut mot kanterna skapas en recirkulation vilket leder till en markant ökning i vindhastigheten vid byggnadernas hörn (Pijpers-van Esch, 2015). Bakom landskapselementet skapas en läsida där vindhastigheten är betydligt mycket lägre än framför (Figur 5). Ju smalare objektet är i relation till höjden, desto tidigare efter objektet skapas läsidan. Det är samma faktorer som styr när vinden sedan återtar i kraft bakom det hårda landskapselementet (Glaumann & Nord, 1993).

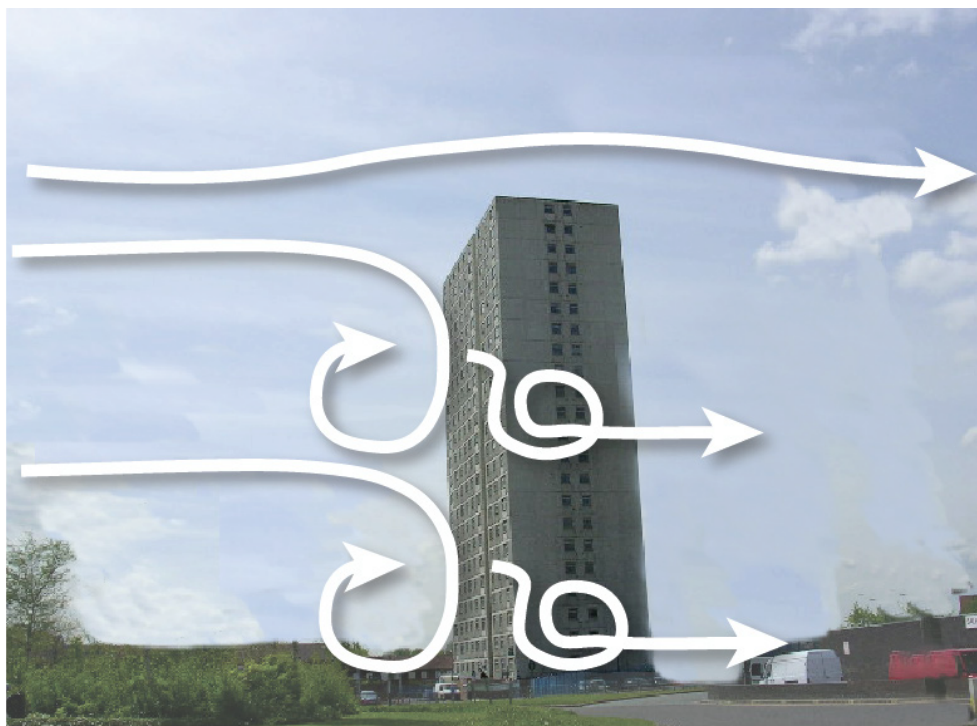


Figur 5. Vindens rörelse kring en fristående byggnad till vänster visat från sidan och till höger ovanifrån. Turbulens är illustrerat runt byggnadernas hörn. Det sträckande fältet markerar läzonen. Bilderna är baserade från Glaumann & Nord (1993) *Uteklimat* s. 45.

Hur vindarna rör sig kring en byggnad eller ett landskapselement beror på elementets höjd, bredd och tjocklek. Vid en låg och utsträckt byggnad eller en mur kommer majoriteten av vinden passera ovanför objektet (Figur 6a). Vid högre, smala objekt, exempelvis ett höghus kommer mer vind fångas upp och pressas ut mot sidorna av byggnaden (Figur 6b) (Bottema, 1993).



Figur 6a. Vindens rörelse kring ett lågt och utbrett hus. Majoriteten av vinden går över huset vilket gör att ingen turbulens uppstår kring byggnadens hörn. Illustrationen är baserade från Bottema (1993) *Wind climate and urban geometry*, s. 26



Figur 6b. Vindens rörelse vid ett högt och smalt skivhus. Starka vindar fångas upp och pressas ut till byggnadernas sidor, turbulens uppstår. Går även att se denna situation på Figur 5. Illustrationen är baserad på Bottema (1993) *Wind climate and urban geometry*, s.26. Foto: High-Rise tower blocks in Pendleton- Williamson (2005) CC-BY-SA-2.5.

Glaumann och Westerberg (1988) beskriver att spaljéer och skärmtak är effektiva medel som kan användas som mindre vindskydd på en till tre meter. Dessa vindskydd kallar de för närskydd. Närskydden innebär inga stora ingrepp i miljön men resulterar i små och skyddade mikroklimat. Närskydden lämpar sig bra intill sittplatser, balkonger eller lekplatser och vid hörn av stora byggnader för att motverka uppkomsten av starka och överraskande vindar (Glaumann & Westerberg, 1988).

Även hur olika byggnader placeras i relation till varandra påverkar vindflödet. Om ett lägre hus ställs tätt framför ett högre kan det innebära att vinden förstärks eftersom vindarna som fångas upp från det bakre, högre huset pressas ner och stöter på vindarna som skapas i kanten av läsidan av huset framför (Figur 7). Det här innebär en vindkollination där turbulens kan bildas (Glaumann & Westerberg, 1988). Oke (1978) förklarar att krocken av vindarna oftast orsakar högst vindökning vid hörnen av den bakre, höga byggnaden. Han förklarar att det inte är helt ovanligt med en vindhastighet som är tre gånger så hög jämfört med om det inte hade stått några byggnader där (Oke, 1978)



Figur 7: Bilden visar hur vindens rörelse påverkas om ett lägre hus ställs framför ett högre. Illustrationen är baserad på Oke (1978) *Boundary layer climates* s. 237.

Ett användbart sätt att motverka de starka vindar som skapas kring hög bebyggelse är att placera huset ovanpå en bredare sockel (Figur 8). Det gör att vindarna som fångas upp av huset pressas ner till sockeln där de bryts. Vindhastigheten ovanför sockeln blir högre medan vindarna på marknivå inte alls blir lika starka (Galumann & Westerberg, 1988; Oke, 1978)



Figur 8: Det går att reducera de starka vindar som höga hus genererar i marknivå genom att placera den byggnaden ovanpå en bredare sockel. Detta gör att de starka vindarna bryts vid sockeln istället för i marknivå. Bilden är baserad på Oke (1978) *Boundary layer climates* s. 238.

När det gäller bebyggelsestruktur innebär oftast en jämnhög, tät struktur svaga vindar mellan husen eftersom majoriteten av vinden passerar över bebyggelsen. Tvärt om blir höga och glesa områden ofta ganska vindutsatta (Oke, 1978). Hang *et al.* (2009) menar att långa, raka gator genererar starka lodräta vindar. Andra studier gjorda av Klein & Galvez (2015) visar att en stadsstruktur med många krökta och korsande gator innebär svaga vindar både i vertikal och lodrät riktning. De båda nämner dock att omgivande landskap, bebyggelseskalan och gatans bredd har stor inverkan på luftflödet.

Även Bottema (1993) behandlar gaturummets utformning med avseende på vind. Hon skriver att långa, raka gator fångar upp vindarna istället för att de får sicksacka sig framåt. Hon fortsätter med att säga att gator som är kortare än 20–30 meter oftast, dock beroende på höjden av omgivande bebyggelse och gatans bredd, innebär en vindskyddad miljö (Bottema 1993)

Luftkvalité

Byggnaders höjd och täthet har stor inverkan på luftcirkulationen och utbytet av luften i staden (Oke, 1978). Även träd och buskar kan påverka luftcirkulationen genom att styra vindar och sänka lufttemperaturen (Konijnendijk *et al.*, 2005). Dessutom finns det flera studier som visar att vegetation kan höja luftkvalitén genom att filtrera och rena luften (Konijnendijk *et al.*, 2005; Beckett *et al.*, 2000; Glaumann & Nord, 1993).

Filtration genom vegetation

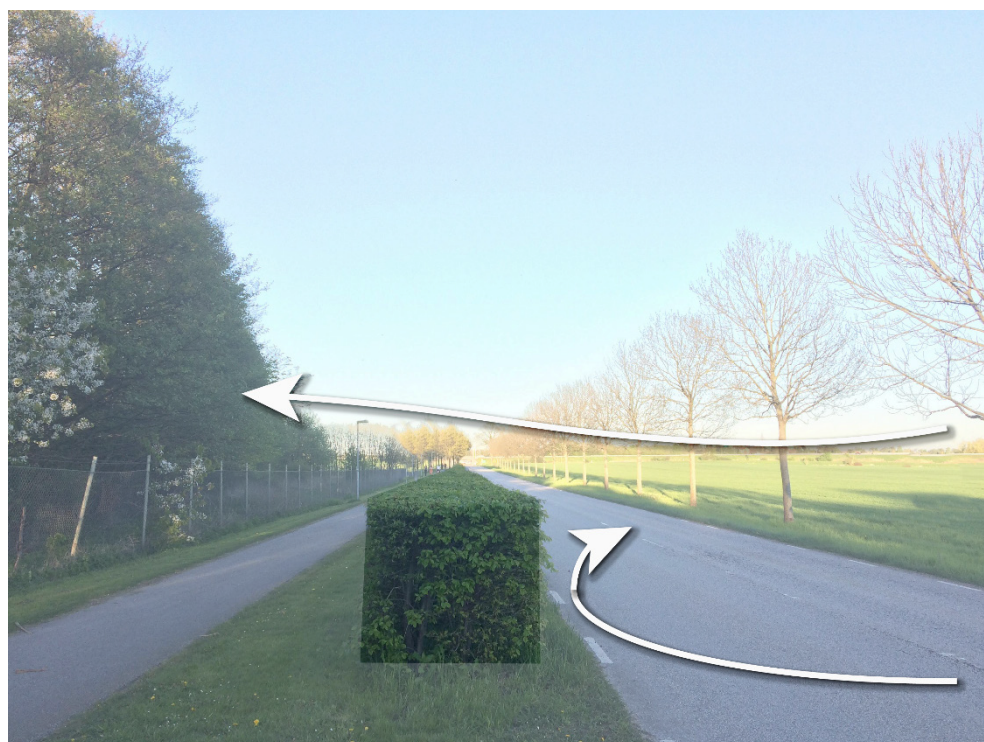
I områden där det generellt är dålig luftkvalité kan vegetation användas för att filtrera och rena luften (Pijpers-van Esch, 2015). Beckett *et al.* (2000) har gjort en undersökning över hur olika trädarter kan påverka luftkvalitén genom att filtrera luften och fånga upp PM_{10} och $PM_{2,5}$. I undersökningen jämfördes hur mycket partiklar fem olika träd kunde ta upp (mätt i vikt). De trädarter som jämfördes var jättevitoxel (*Sorbus aria*), naverlönn (*Acer campestre*), virginapoppel (*Populus deltoides x trichocarpa*), svarttall (*Pinus nigra* var. *Maritima*) och leylandcypress (*Cupressocyparis leylandii*). Resultatet visade att alla arterna hade en positiv inverkan på luftkvalitén. Av de städsegröna växterna hade Tallen störst effekt. Gällande de lövfällande gav oxeln bäst resultat medan poppeln fångade upp minst andel partiklar. (Beckett *et al.*, 2000).

Flera liknande undersökningar har gjorts som bland annat har visat att de största faktorerna som påverkar vegetationens förmåga att fånga upp partiklar är vindhastigheten, luftfuktigheten och olika egenskaper hos vegetationens täthet och lövstruktur. Dessa undersökningar visar att löv med hårig och grov bladyta tenderar att fånga upp mest partiklar (Gustavsson & Ingelög, 1994). Konijnendijk *et al.* (2005) skriver att fördelen med städsegröna träd, jämfört med de lövfällande, är att de har en filtrerande och renande förmåga året runt. De påstår även att barrträd, speciellt granar, är väldigt effektiva filtrerare. Nackdelen med barrträd menar Konijnendijk *et al.* (2005) är att de generellt är känsligare för föroreningar än lövträd.

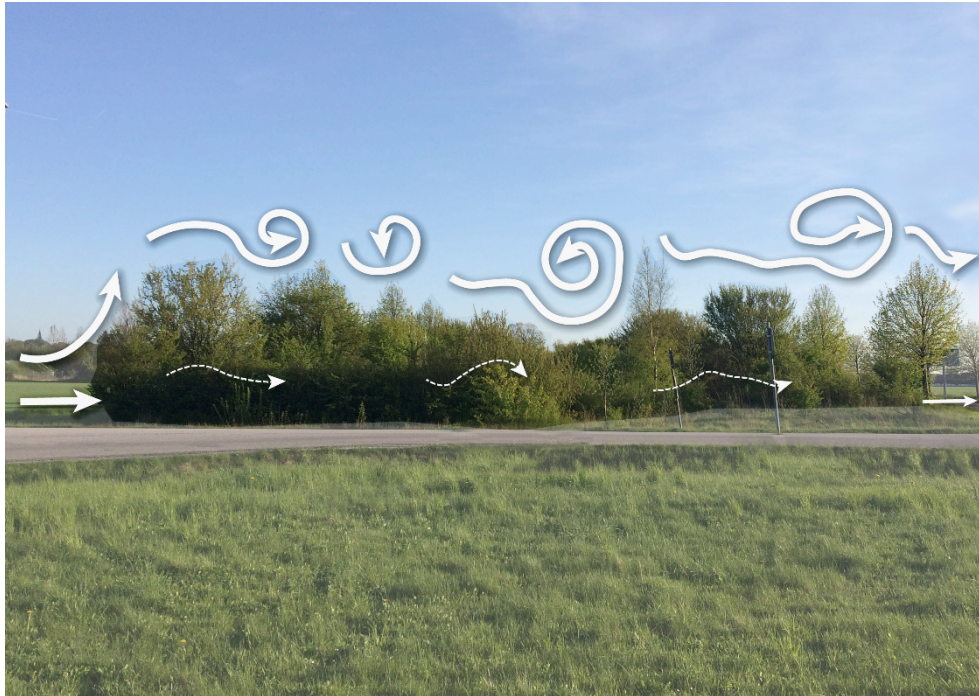
Gustavsson och Ingelög (1994) lägger fram fyra olika planteringar och deras möjlighet att filtrera luften (Figur 9a-d). De menar framförallt att tjocklek och variation i höjd är viktiga komponenter för att skapa en plantering som kan rena luften effektivt.



Figur 9a. Häcken är för tjock för att vinden och luftföroreningarna ska kunna silas igenom planteringen. Den luftfiltrerande förmågan är begränsad. Baserad på Gustavsson & Ingelög (1994) *Det nya landskapet* s. 322



Figur 9b. Planteringen är liten och enkelradig. Vinden tar sig igenom planteringen men på grund av storlek och täthet är den renande förmågan väldigt liten. Baserad på Gustavsson & Ingelög (1994) *Det nya landskapet* s. 322



Figur 9c. Vegetationen har varierande höjd och tjocklek vilket gör att luften långsamt kan passera genom planteringen och föroreningarna kan fastna på löven. God luftfiltrerande förmåga. Baserad på Gustavsson & Ingelög (1994) *Det nya landskapet* s. 322



Figur 9d. Planteringen har en trapputformning vilket tillåter vinden att långsamt gå genom vegetationen. Den innehåller dessutom barrträd. Planteringen har mycket goda filtreringsförmågor. Baserad på Gustavsson & Ingelög (1994) *Det nya landskapet* s. 322

Oavsett täthet, storlek och utseende på vegetationen finns en generell regel som gäller. Ju närmare planteringen är utsläppskällan, desto mer och effektivare kan den ta upp föroreningarna (Konijnendijk *et al.*, 2005).

Rening genom luftströmmar

Sjöman *et al.* (2015b) skriver att det under senare år har gjorts flera undersökningar som ifrågasätter vegetationens förmåga att fånga upp partiklar. Då vegetation inte fångar upp så mycket partiklar som tidigare antagits och dessutom har en vindsänkande förmåga kan det leda till isolerade områden där det ansamlas höga halter luftföroreningar (Sjöman *et al.*, 2015b).

Konijnendijk *et al.* (2005) skriver att vegetation kan hjälpa till att sänka lufttemperaturen i staden genom skuggning, avdunstning och transpiration. Vegetationens kylande förmåga innebär att det kan skapas tryckskillnader som ökar luftströmmarna och stimulerar naturens naturliga sätt att ventilera luften.

”To enhance the natural ability of the urban structure to be ventilated it is necessary to support areas with contrasting temperature. This will introduce pressure differences inside the urban canopy layer, which will lead to small-scale flow systems, which help to exchange the air. As trees have a high efficiency in cooling the air by transpiration they will help to increase contrasts and so will be beneficially to reduce emission concentration levels.”(Konijnendijk *et al.*, 2005, s. 286)

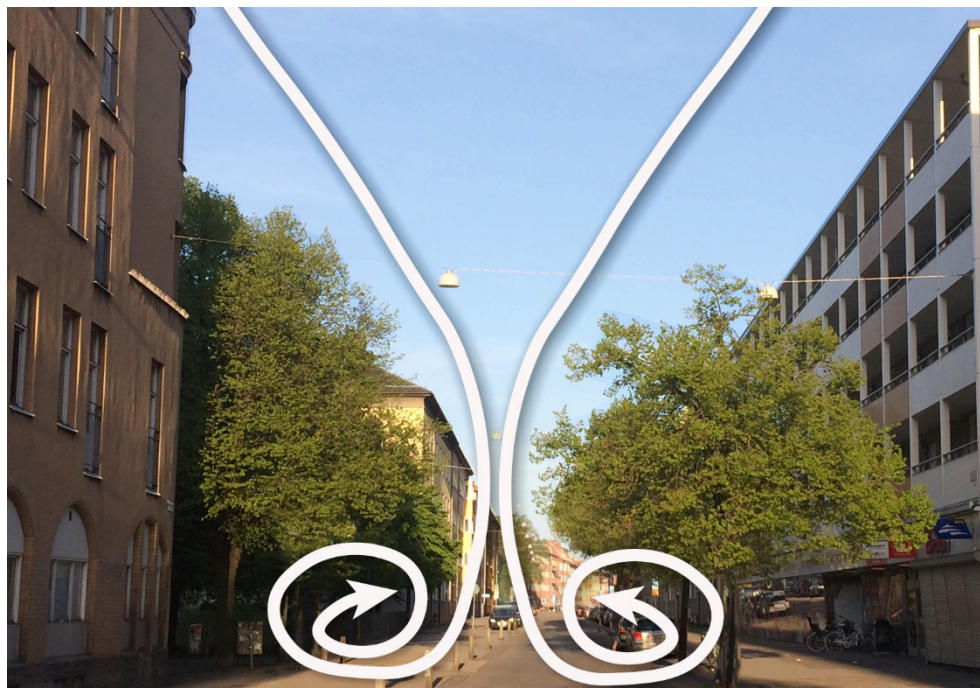
Kjellström (2008) menar att vegetation kan användas som luftrenare men när det görs måste vindens hastighet och riktning beaktas. Hon lyfter bland annat gröna tak och väggar som användbart för att filtrera luften utan att påverka luftströmmarna.

Sjöman *et al.* (2015b) skriver att gator som är lätt trafikerade och har låga andelar luftföroreningar kan ha vegetation som fortsätter utanför gatuhörnen och är högre än byggnaderna då det minskar vindhastigheten, risken för kantvindar och inflödande vind över hustaken (Figur 10a) (Sjöman *et al.*, 2015b)



Figur 10a. Lugn gata, här kan hög vegetation användas för att sänka vindhastigheten. Baserad på Kjellström (2008) *STADSKLIMAT/GATUKLIMAT* ss. 66-67.

I gaturum med hög andel luftföroreningar menar Kjellström (2008) att träd som är lägre än huskropparna bör planteras. Det är även av fördel om trädkronorna är små och avståndet mellan träden stora då det skapar bra förutsättningar för högt luftflöde mellan och under trädkronorna (Figur 10b) (Kjellström, 2008).



Figur 10b: Trafikerad gata, här bör träden vara mindre än husen och vindens riktning och hastighet beaktas nogga för att undvika ansamlingar av föroreningar. Bilden är baserad på Kjellström (2008) *STADSKLIMAT/GATUKLIMAT* ss. 66-67.

Även byggnadernas relation till varandra påverkar spridningen och ansamlingen av luftföroreningar. En tät stadsstruktur innebär begränsat luftflöde och vindhastighet jämfört med en öppnare struktur (Oke, 1978).

Ljud

Det effektivaste sättet att sänka bullernivåerna är självklart genom att minska bullerkällan. Men även med hjälp av att maximera avståndet från ljudkällan och skapa barriärer kan nivåerna sänkas drastiskt (Pijpers-van Esch, 2015). Utöver att isolera ljud genom absorption och avstånd går det att minska upplevelsen av bullret genom att kamouflera med naturljud som porlande vatten och fågelsång (Henriksson, 2011).

Detta arbete kommer därför beröra två olika sätt att minska påtagligheten av bullret i staden, den första handlar om att sänka volymen och den andra om att kamouflera oönskade ljud.

Sänka ljudnivån

När det gäller bebyggelsestruktur förklarar Rizell *et al.* (2013) att kvartersstaden är fördelaktig då den slutna strukturen gör att ljudet centreras i gaturummet. Öppnare strukturer med exempelvis lamellhus menar de innebär större risker för att ljud letar sig in mellan husen till de mer privata rummen.

Utöver bebyggelsestruktur har det stor betydelse vad husen och deras fasader består av. Ju porösare ett material är desto mer ljud absorberar det (Kang, 2005). Pijpers-van Esch (2015) går igenom 5 vanliga material på husfasader. Det här är materialen listade efter deras förmåga att absorbera ljud där de första absorberar mest och det sista minst: tegelsten, cement, sten, glas och plast.

För att höja byggnaders ljuddämpande förmåga är gröna tak och väggar användbara (Rizell *et al.*, 2013; Henriksson, 2011; Pijpers-van Esch, 2015). Henriksson (2011) skriver att gröna tak och väggar är bra att använda sig av när det inte finns plats att använda vegetation som ljuddämpande åtgärder på marknivå. Pijpers-van Esch (2015) skriver att vegetationens förmåga att absorbera ljud oftast inte är lika stor som den förmåga vegetationens substrat har och menar därför att gröna tak och väggar, tack vare sitt porösa substrat, ofta är bättre på att absorbera ljud än markplanteringar.

Att markvegetation har viss ljuddämpande effekt har dock visats i flera olika studier. Peng *et al.* (2014) menar att vegetation har en ljud-dämpande förmåga som ökar desto närmare bullerkällan vegetationen är. Deras studier visar att den ljuddämpande effekten av vegetation, vid en tungt trafikerad väg, är som effektivast de första 10 till 20 meterna från vägen.

The HOSANNA project (2013) gjorde en undersökning vid en fyrfilig väg där hastighetsgränsen var 100 km i timmen. I studien jämfördes ljudnivån där det inte fanns något bullerskydd med där det fanns en fyra meter hög bullervall samt en lika hög vall med träd. Ljudnivåerna mättes 100 meter från vägen. Beroende på ljudets frekvens låg ljudnivån på 60–65 dB där inget bullerskydd fanns, 50-60dB med bullervall och 40–55 dB där vällen hade träd planterat.

Utöver placering av vegetationen påverkas även den ljuddämpande effekten av vegetationens täthet, bladstorlek och bladvikt. Ju större, tyngre och tätare desto bättre dämpas ljudet. Störst inverkan på en planterings ljuddämpande förmåga har dock tjockleken på själva planteringen. Planteras en rad med träd i en gata minskas bullernivån i gatan inte med mer än 2dBA. Flera trädrader tillsammans med undervegetation och substratet som planteringen står i innebär däremot en påtaglig skillnad på ljudnivån i gaturummet (The HOSANNA project, 2013)

Cerwén (2016) har genom experiment och intervjuer visat att tysta miljöer är en eftertraktad bristvara i våra städer idag. Därav poängterar han vikten av att utbilda ljudmedvetna landskapsarkitekter (Cerwén, 2016). Även Rizell *et al.* (2013) har diskuterat frågan och tagit fram en verktygslåda för att arbeta mot bättre ljudmiljöer. Deras verktyg är byggnader, markbeläggning, trafik och ljudkvalité. Ska verktygen sammanfattas kort handlar det mycket om att skapa en sluten bebyggelsestruktur där fasaderna består av porösa material eller gröna tak och väggar. Utöver bebyggelsen menar de att trafiken är den största källan till buller och kan förbättras genom minskade hastigheter och mjukare underlag som exempelvis gräs istället för asfalt. Under ljudkvalité diskuterar dem ljuddämpande skärmar och förbättring av den upplevda ljudnivån genom kamouflera och distrahera (Rizell *et al.*, 2013).

Kamouflera och distrahera, akustisk design

Naturljud som fågelkvitter, porlande vatten och vind kan användas för att kamouflera oönskade ljud som exempelvis buller från trafik och industrier (Alvarsson 2010). Ljud som upplevs som passande för platsen är oftast de ljud som vi uppfattar som mest positivt (Henriksson, 2011). När det gäller oönskade ljud kan den negativa upplevelsen av ljudet minska bara genom att skymma bullerkällan så den inte blir lika tydligt visuell. Tvärt om har det en positiv effekt om element som utgör önskade ljud, så som vatten och fågelkvitter får en central plats i rummet (Cerwén, 2017). Att använda olika material och metoder för att sänka oönskade ljud och öka de önskvärdas fokus kallas för akustisk design (Rizell *et al.*, 2013).

För att ett ljud ska kunna maskera ett annat effektivt skriver Pijpers-van Esch (2015) att det krävs att de båda ljuden ligger på ungefär samma frekvens, dvs. har lika långt avstånd mellan ljudvågorna. När det gäller trafik har det en ljudfrekvens mellan 20 Hz till 2000 Hz. Fågelkvitter har ett spann på 200 till 5000 Hz vilket gör att det funkar effektivt som täckande av trafikljud. Hon nämner även att ljud som har jämna frekvenser och jämna ljudnivåer är effektiva för att maskera bullerljud, exempelvis fontäner.

Även Rizell *et al.* (2013) upp exempel på positiva inslag som vatten kan ha i stadsmiljön. De förklarar att ljudet av vatten får oss att associera till naturen samt att det stimulerar andra sinnen än hörseln vilket kan hjälpa till att höja platsens kvalitéer och den upplevda ljudmiljön.

Cerwén *et al.* (2017) tar upp akustisk design och nämner även att det kan vara bra att stimulera andra sinnen för att ljudnivån ska upplevas bättre. Författarna nämner bland annat att markmaterial som grus kan stimulera hörseln genom knastrandet när en person går och att vegetation kan innebära att syn, lukt och hörsel stimuleras. Cerwén *et al.* (2017) nämner även att inte alla ljuddämpande åtgärder nödvändigtvis behöver vara bra. Oönskade ljud kan ibland användas för att skapa kontraster mellan olika rum och ljud. Platser som genererar höga ljudnivåer kan dessutom ha en positiv inverkan genom associationer med aktivitet och identitet. Exempelvis idrottsanläggningar, lekområden och skateparker (Cerwén *et al.*, 2017)

Avslutande del och diskussion kommer vara uppdelad i tre olika underrubriker. Den första tar upp resultatet av litteraturstudien och eventuella slutsatser. Nästa del handlar om varför resultatet blev som det blev och hur valet av material och metod påverkat. Sist kommer arbetet avslutas med en rubrik om frågor att gå vidare med och fortsatt forskning.

Litteraturstudien och slutsatser

Som tidigare nämnt är det, av flera anledningar, svårt att dra några slutsatser kring vad som är bra, respektive dåligt mikroklimat. Brown & Gillespie (1995) samt Glaumann & Nord (1989) nämner bland annat att det beror på årstid, tid på dygnet, vilka aktiviteter som förväntas utföras på platsen och vilka kläder som de som vistas där förväntas använda.

När landskapsarkitekten ställs inför frågan ”*Hur ska den här utemiljön utformas för att uppnå ett bra urbant mikroklimat?*” måste hen först ta ställning till vad platsen ska användas till, under vilka tider den ska användas, av vilka personer och hur omgivningen ser ut med avseende på luftföroreningar, ljudnivåer och klimat. Först efter att landskapsarkitekten har detta klart kan hen gå vidare i designprocessen och ta beslut kring materialval, placering av byggnader, hårda landskapselement och vegetation.

Eftersom det är svårt att veta vad som är dåligt, respektive bra med avseende på mikroklimat samt att utomhusområden påverkas mycket av omgivande struktur, landskap, årstid och geografisk position är det svårt att ställa krav och utforma regler som går att applicera på all utomhusmiljö.

Däremot finns det god kunskap om vad som är hälsosamt och inte för oss med avseende på solstrålning, vindhastigheter, ljudnivåer och luftföroreningar. De lagar som finns, bland annat de krav som plan- och bygglagen ställer på ljudnivåer och EU:s rekommendationer för luftkvalité är däremot lägre än de som bland annat WHO påstår är skadligt för oss. Det här tyder på att det befintliga regelverket behöver ses över.

Där det vistas många barn, äldre eller sjuka exempelvis på skolgårdar och i anslutning till vårdlokaler kan behovet av ett starkare regelverk vara ännu viktigare. Detta bygger på påståenden från Naturvårdsverket (2017a) och Analitis *et al.* (2008) som menar att de här grupperna är extra känsliga mot både extrema temperaturer och höga luftföroreningar.

Vid dessa platser kan Pijpers-van Eschs (2015) idéer om exempelvis en minimumyta som ligger i skugga vara till grund för riktlinjerna. Även regler kring hur starka vindar som får tillåtas utan att vinddämpande åtgärder i form av närskydd, läplanteringar eller liknande skulle kunna skapas.

Ska de olika strategierna diskuteras kommer vi åter tillbaka till problematiken att det inte finns några generella lösningar utan det måste göras en avvägning från plats till plats vilka förhållanden som är önskvärda. Oftast lyfter dock litteraturen upp strävan efter mycket solstrålning, låga vindhastigheter samt låga buller- och luftföroreningsnivåer som goda och önskvärda kvalitéer.

Vissa faktorer, exempelvis ingen beskuggning men skydd från vinden, god luftkvalité men låga vindhastigheter är svåra att kombinera. Utifrån litteraturen verkar det däremot som vegetation är något som ofta går att använda för att skapa situationer där ingen faktor blir lidande.

Lövfällande vegetation kan erbjuda skugga på sommaren men hög solinstrålning på vintern. Vegetation i varierande höjd och tjocklek erbjuder både bra vinddämpande effekt och hög filtration av luften. Dessutom kan den ha en bullerdämpande effekt eller erbjuda förhöjd ljudkvalité genom prasslande av löv. Även gröna tak och väggar har hög förmåga att absorbera ljud, sänka temperaturen och rena luften utan att förändra solstrålning och vindhastighet.

Värt att nämna är dock att stadsstrukturer, bebyggelses höjd och gators bredd ofta har stor inverkan på sol, vind, ljud och luftförhållandena. Det spelar ingen roll om lövfällande vegetation väljs för att inte skapa skuggiga miljöer under vinterhalvåret om byggnaderna runt är höga och står tätt. Även vegetationens vinddämpande förmåga blir begränsad om stadsstrukturen består av höga byggnader i rutnätsmönster med raka, långa gator emellan.

För att skapa goda urbana mikroklimat krävs alltså att alla faktorer beaktas och att de som utformar utomhusmiljöerna har god förståelse för hur olika material, landskapselements placering och övergripande strukturer samspelar med varandra och påverkar solstrålningen, vindens hastighet och riktning, ljudmiljön och luftkvalitén.

Resultatet kopplat till material och metod

Det finns gott om litteratur och välarbetade undersökningar och studier utförda som visar vad som är bra för oss människor med avseende på sol, vind, luft och ljud. Det finns även mycket litteratur om hur vegetation, bebyggelse och val av hårdgjorda material kan påverka dessa faktorer. Då allt detta material finns valde jag att göra kandidat-arbetet som en litteraturstudie där dessa kunskaper kombinerades.

Ett annat sätt att angripa frågorna hade varit att själv utföra olika observationer och platsbesök för att se hur olika utformningar och design påverkar hur människor mår och använder platsen. Det hade exempelvis varit möjligt att kolla på två olika bostadsgårdar, en där planerarna medvetet arbetat med för att skapa goda urbana mikroklimat och en där mikroklimatet inte fått ta lika stor del i planeringen för att sedan jämföra hur de användes av de boende eller utföra olika vindmätningar, solstudier med mera.

Problemet med att själv utföra observationer och fältexperiment är dock att det hade varit svårt att fastställa att sol-, vind-, luft- och ljudförhållandena var de avgörande faktorerna för hur bostadsgården användes. Det hade även varit svårt att exempelvis mäta vindhastighetens påverkan på komfort eller olika träds genomsläpplighet med hög reliabilitet. Även om mätningar hade kunnat göras hade de bara gjorts en gång och repetitioner med samma resultat kan därför inte garanteras. Alla dessa faktorer gjorde litteraturstudien till en säkrare metod som leder till ett trovärdigare slutresultat än vad egna fältexperiment och studier hade gjort.

Nackdelen med att ingen egen undersökning gjorts är att det bara går att lägga fram generella riktlinjer istället för platsspecifika lösningar.

De olika skisserna och generella skuggdiagrammen utgör ett stöd till texten och ökar förståelsen kring de generella förhållandesätten och riktlinjer. Det är dock viktigt att betona att omgivningen och övergripande strukturer har stor inverkan på om resultaten faktiskt blir som figurerna illustrerar.

Som tidigare nämnts har litteraturstudien ofta ett stort fokus på att skapa optimala förutsättningar gällande solstrålning och värme. En förklaring till det är för att huvuddelen av den litteratur som använts har ett nordeuropeiskt förhållningssätt. Endel av litteraturen har även relativt gammal, exempelvis Glaumann och Nords skrift *Uteklimat* (1993) eller Glaumann och Westerbergs bok *Vind* från 1988.

Litteratur och undersökningar gjorda i varmare klimat lyfter oftare upp behovet av tillgång till skugga eller vegetationens potential att sänka lufttemperaturen. Med tanke på den globala uppvärmningen är antagligen det här litteratur som kommer bli viktigare att lyfta i framtiden och som, med tanke på min bakgrund till frågeställningen, kanske borde ha fått ta lite mer plats i arbetet.

Fortsatt forskning

Under arbetets gång har det blivit tydligt att det finns mycket litteratur som berör vind, solstrålning, ljud och luftkvalité för sig, men få källor som berör hur dessa fyra faktorer samspekar och påverkar varandra. De arbeten som tar upp samtliga faktorer tar, precis som denna uppsatts, upp dem i separata kapitel eller rubriker. Det hade därför varit önskvärt med mer litteratur och undersökningar som kollar på alla dessa aspekter för att skapa en bättre helhetsbild.

Ofta är de lösningar som tas fram för urbana mikroklimat, precis som de i detta arbete, generella metoder. Det hade även behövts mer platsspecifika undersökningar för en ökad förståelse i att det inte finns några standardlösningar för urbana mikroklimat utan att det behövs olika lösningar från plats till plats.

Det behövs även mer arbete kring hur det ska kunna ställas krav och regler över utformningen av utomhusmiljöer utan att de bli omöjliga att uppnå eller innebär trista och fantasilösa miljöer. Antagligen behöver riktlinjerna utformas olika beroende på geografisk position och omgivning.

Referenslista

- Ahmad, T., Rashid, T., Khawaja, M. & Moatamedi, M. (2016). Study of Wind Chill Factor using Infrared Imaging *int. Jnl. Of Multiphysics*, Vol. 10, ss. 325-342. Tillgänglig: <http://journal.multiphysics.org/index.php/IJM/article/view/123> [2018-04-17]
- Alvarsson, J.P., Wiens, S. & Nilsson, E.M. (2010). Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 7, ss. 1036-1046. Tillgänglig: <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:219600/FULLTEXT01.pdf> [2018-04-17]
- Analitis, A., Katsouyanni, K., Biggeri, A., Baccini, M., Forsberg, B., Bisanti, L., Kirchmayer, U., Ballester, F., Cadum, E., Goodman, P.G., Hojs, A., Sunyer, J., Tiittanen, P. & Michelozzi, P. (2008). Effects of Cold Weather on Mortality: Results From 15 European Cities Within the PHEWE Project. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 168, ss. 1397-1408. Tillgänglig: <http://www.divaportal.se/smash/get/diva2:219600/FULLTEXT01.pdf> [2018-04-23]
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P. & Taylor, G. (2000). Effective tree species for local air quality management. *Journal of Arboriculture*, Vol. 26, ss. 12-19. Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/238753397_Effective_tree_species_for_local_air_quality_management [2018-03-20]
- Bottema, M. (1993). *Wind climate and urban geometry*. Diss. Eindhoven: University of Technology DOI: 10.6100/IR388789
- Brown, R. (2010). *Design With Microclimate: The Secret to Comfortable Outdoor Space*. Washington: ISLAND PRESS
- Brown, R. & Gillespie, J. (1995). *Microclimatic landscape design, creating thermal comfort and energy efficiency*. Canada: John Wiley & Sons.
- Byggnadsmiljöutredningen (2005). *Bättre inomhusmiljö*. Stockholm: Statens offentliga utredningar. (Statens offentliga utredningar 2005:55) Tillgänglig: <http://www.regeringen.se/49bbae/contentassets/49c9de6d46be4f8488b7571f3134ec6f/battre-inomhusmiljosou-200555> [2018-05-01]
- Cerwén, G. (2016). Urban soundscapes: a quasi-experiment in landscape architecture. *Taylor & Francis Online*, Vol. 41. Tillgänglig: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01426397.2015.1117062?needAccess=true> [2018-04-19]
- Cerwén, G., Kreuzfeldt, J. & Wingren, C. (2017). Soundscape actions: A tool for noise treatment based on three workshops in landscape architecture. *Frontiers of Architectural Research*, Vol. 6. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263517300602?via%3Dihub> [2018-04-19]
- Eliasson, I., Knez, I., Westerberg, U., Thorsson, S. & Lindberg, F. (2007). Climate and behaviour in a Nordic city. *Landscape and urban planning*, Vol. 82, ss. 72-84. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204607000473> [2018-04-16]
- EU (2015) *Ambient air quality and cleaner air for Europe*. :The European parliament & the council (2008/50/EC). Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02008L0050-20150918> [2018-05-04]
- Glaumann, M. & Westerberg, U. (1988). *Vind*. Solna: Svensk byggtjänst
- Glaumann, M. & Nord, M. (1993). *UteKlimat*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet (STAD & LAND, Movium/ist för landskapsplanering nr. 113)

- Gloth, F.M., Alam, W. & Hollis, B. (1999). Vitamin D vs broad spectrum phototherapy in the treatment of seasonal affective disorder. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, Vol. 3, ss. 5-7. Tillgänglig: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10888476> [2018-04-02]
- Gudenas, J. & Brooks, M. (2013). Seasonal Affective Disorder. *Journal of Consumer Health On the Internet*, Vol.17, ss. 224-237 DOI:10.1080/15398285.2013.780576
- Gunne, N. (2018). "Vårt mål är 40 kvadratmeter per barn". *Arkitekten* Tillgänglig: <https://arkitekten.se/nyheter/vart-mal-ar-40-kvadratmeter-per-barn/> [2018-04-19].
- Gustavsson, R. & Ingelög, T. (1994). *Det nya landskapet, kunskaper och idéer om naturvård, skogsodling och planering i kulturbygd* Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Hang, J., Li, Y., Sandberg, M. & Claesson, L. (2009). Wind conditions and ventilation in high-rise long street models. *Elsvier*, Vol.1. ss. 1-13 Tillgänglig: <https://hub.hku.hk/bitstream/10722/124873/1/Content.pdf> [2018-04-19]
- Henriksson, J. (2011). *Vegetation och ljudmiljö* Diss. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: https://stud.epsilon.slu.se/2845/1/henriksson_j_110617.pdf [2018-04-10]
- Kang, J. (2005). Numerical modeling of the sound fields in urban squares. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 117. ss. 793-813
- Kjellström, L. (2008). *STADSKLIMAT/ GATUKLIMAT*. Diss. Ultuna: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: https://stud.epsilon.slu.se/12065/1/kjellstrom_1_171108.pdf [2018-04-23]
- Klein, M.P. & Galvez, M.J. (2015). Flow and turbulence characteristics in a suburban street canyon. *Environmental Fluid Mechanics*, Vol. 15, ss. 419–438 DOI:10.1007/s10652-014-9352-5
- Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Bandrup, B.J. & Schipperjin, J. (2005). *Urban Forests and Trees*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Naturvårdsverket (2017a). *Luftföroreningar och dess effekter*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/> [2018-04-05]
- Naturvårdsverket (2017b). *Luftövervakning*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Luft/Luftovervakning/> [2018-04-05]
- Naturvårdsverket (2017c) *Miljö kvalitetsnormer för utomhusluft*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Luft-och-klimat/Miljokvalitetsnormer-for-utomhusluft/> [2018-04-18]
- Naturvårdsverket (2018). *Vem gör vad i bullerfrågan?*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Buller/> [2018-04-06]
- Näringsdepartementet (2010) *Plan-och bygglagen (2010:900)*. Tillgänglig: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan--och-bygglag-2010900_sfs-2010-900 [2018-05-02]
- Näringsdepartementet (2015). *Förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader*. Tillgänglig: <http://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2015:216>. [2018-05-01]
- Oke. T.R (1978). *Boundary Layers climates*. London, Beccles & Colchester: William Clowes and Sons.
- Peng, J., Bullen, R. & Kean, S. (2014). The effects of vegetation on road-traffic noise. *Inter.noise*, Vol. 24, ss. 1-10. Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/271020849_The_effects_of_vegetation_on_road_traffic_noise [2018-05-01]

- Pijpers-van Esch, M. (2015). *Designing the Urban Microclimate A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process*. Diss. Delft: Delft University of Technology, Faculty of Architecture and Built Environment, Department of Urbanism, Department of Architectural Engineering + Technology. Tillgänglig: <https://books.bk.tudelft.nl/index.php/press/catalog/view/455/466/313-1> [2018-03-25]
- Pressman, N. (1995) *Northern Cityscape -Linking design to climate*. Yellowknife: Winter Cities Association
- Rivas, M., Rojas, E., Araya, M.C. & Calaf, M. (2015). Ultraviolet light exposure, skin cancer risk and vitamin D production. *Onocology letters*, Vol. 10, ss. 2259-2264. Tillgänglig: https://www.researchgate.net/publication/271020849_The_effects_of_vegetation_on_road_traffic_noise [2018-04-20]
- Rizell, M., Gille, J., Groth, K., Modig, S., Lindqvist, M., Danilovic, A., Knappe, M., Pettersson, E., Backman, M. & Lembre, K. (2013). *Stadens ljud*. Tillgänglig: http://centralaavstaden.goteborg.se/wp-content/uploads/2012/01/Stadens_ljud_slutrappport_maj.pdf [2018-04-12]
- SCB (2012). *Levnadsförhållande rapport 126, Arbetstider och arbetsmiljö 2010–2011*. Tillgänglig: https://www.scb.se/statistik/_publikationer/LE0101_2012A02_BR_00_LE126BR1201.pdf. [2018-04-15]
- Sjöman, D., Hirons, A. & Sjöman, H. (2015a). Branch Area Index of Solitary Trees: Understanding Its Significance in Regulating Ecosystem Service. *Journal of Environmental Quality*, DOI:10.2134/jeq2015.02.0069
- Sjöman, J.D., Sjöman, H. & Johansson, E. (2015b). Staden som växtplats I: Sjöman, H., Slagstedt J, (red) *Träd i Urbana Landskap*. Lund: Studentlitteratur.
- SMHI *Normal årsmedeltemperatur*. Tillgänglig: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/normal-arsmedeltemperatur-1.3973> [2018-04-16].
- Svenska Miljöinstitutet . (2009). *Quantification of population exposure to PM2.5 and PM10 in Sweden 2005*. Umeå: IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd. (B 1792) Tillgänglig: <http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b754c/1446710048540/B1792.pdf> [2018-05-01]
- Taffin, F, A.-W., J, Engström, L, Lindberg, H, Jacobsson, M, Sjöström, E, Helgesson, M, (2013). *Stångbykatalogen 2013-2014*.
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A. & Huang, J. (1988) Residential Cooling Loads and the Urban Heat Island the Effects of Albedo. *Building and Environment*, Vol. 23, ss. 271-283. Tillgänglig: https://ac.els-cdn.com/0360132388900339/1-s2.0-0360132388900339-main.pdf?_tid=1c55b546-47a3-47a8-983b-1748de29d520&acdnat=1525249943_bc8714f4fc65171f6c4e5df2152488ab [2018-05-02]
- The HOSANNA project, (2013). Novel solutions for quieter and greener cities. Tillgänglig: http://www.hosanna.bartvanderkaa.com/includes/upload/DELIVERABLES/HSNNA_SUMMARY_BROCHURE_JANUARY_2013.pdf [2018-04-16]
- Trafikverket (2017). *Trafikbuller och vibrationer*. Tillgänglig: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/normal-arsmedeltemperatur-1.3973> [2018-04-05].
- Valsson, S. & Bharat, A. (2009). Urban Heat Island: Cause for microclimate variations. *Architecture - Time Space & People*, ss. 20-25 <http://environmentportal.in/files/Architecture.pdf> [2018-04-22]

- Van Kempen, E.E., Kruize, H., Boshuizen, H.C., Ameling, C.B., Staatsen, B.A. & de Hollander, A.E. (2002). The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Health Perspect*, Vol. 110, ss. 207-17. Tillgänglig: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240772/pdf/ehp0110-000307.pdf> [2018-04-15]
- Williamson, K. (2005) High-Rise tower blocks in Pendleton Tillgänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:High_Rise_Flats,_Pendleton.jpg [2018-05-09]
- WHO (1999). *Guidelines for community noise*. Stockholm: Stockholm university, Karolinska institutet. Tillgänglig: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/66217> [2018-04-02]
- WHO (2005). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Geneva. Tillgänglig: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=B6EC9F6BBBF0F9EDD1EB9D1469CA6655?sequence=1 [2018-04-18]
- WHO (2006a). *Heat-waves: risks and responses*. Vol. 2. Köpenhamn. Tillgänglig: <http://www.who.int/uv/publications/solaradgbd/en/> [2018-03-25]
- WHO (2006b). *Solar Ultraviolet Radiation - Global burden of disease from solar ultraviolet radiation*. Geneva. Tillgänglig: <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/heat-waves-risks-and-responses> [2018-04-30]
- WWF (2018) *Konsekvenser*. Tillgänglig: <http://www.wwf.se/wwfs-arbete/klimat/konsekvenser/1124276-konsekvenser-klimat> [2018-04-16].
- Yassin, F.M. & Jañour, Z.K. (2008) Impact of street intersections on air quality in an urban environment. *Atmospheric Environment*. Vol. 42, ss. 4948-4963 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.02.019>