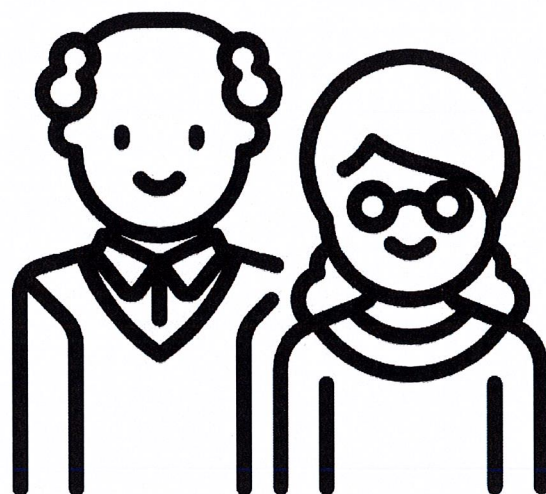


ÄLDRE OCH VARMT VÄDER

En studie kring hur värme i utomhusmiljöer
kan mätas och simuleras genom WBGT vid
vård- och omsorgsboenden i Göteborg



Evelina Bladh
Karl Ljungstedt

Degree of Bachelor of Science
with a major in Geography
15 hec

Department of Economy and Society, Human Geography &
Department of Earth Sciences
University of Gothenburg
2022 B-1185

Faculty of Science



UNIVERSITY OF GOTHENBURG

ÄLDRE OCH VARMT VÄDER

En studie kring hur värme i utomhusmiljöer
kan mätas och simuleras genom WBGT vid
vård- och omsorgsboenden i Göteborg

Evelina Bladh
Karl Ljungstedt

ISSN 1400-3821

B1185
Bachelor of Science thesis
Göteborg 2022

Sammanfattning

Värmeböljor kommer i takt med den globala uppvärmningen att öka gällande antalet, längden och intensiteten. Vid värmeböljor är den äldre befolkningen mer känsliga för de höga temperaturerna då det har negativa effekter på hälsan. Ur ett folkhälsoperspektiv är det viktigt att förstå sig på och undersöka äldres problematik vid varmt väder.

Syftet med studien är att undersöka den termiska utomhuskomforten vid Annedals vård- och omsorgsboende samt Ekparkens vård- och omsorgsboende, belägna i Göteborg stad. Den termiska utomhuskomforten undersöktes genom mätningar och simuleringen av Wet Bulb Globe-temperatur (WBGT). WBGT är ett termiskt empiriskt index som används för att beskriva hur värme upplevs. Mätningar genomfördes vid 5 mätplatser vid respektive vård- och omsorgsboende. Simulering av WBGT utgick från mätplatserna och genomfördes i GIS med SOLWEIG i insticksprogrammet UMEP, där solinstrålning simulerades samt vindsimuleringar via URock, vilka är komponenter som behövs för beräkning av WBGT. WBGT-simuleringarna jämfördes därefter med mätningarna. Genom informantintervjuer med enhetscheferna på respektive vård- och omsorgsboenden samlades information om hur äldre använder utomhusmiljöer vid varmt väder.

Resultatet visar att WBGT skiljer sig spatialt i respektive studieområde då mätplatser utsatt för varierande skugga, sol och vind under olika tidpunkter av dagen. Variationerna av mikroklimat leder till att platser belägna i lä med hög solinstrålning har högre WBGT än platser belägna i blåsiga och skuggiga förhållanden. Skillnader i mätningar och simuleringar är att 25 av 36 simuleringar överestimerar WBGT. Uträkningen av WBGT är känslig för solinstrålning och vind, vilket använda metod har svårt att detektera beroende på närliggande komplexa miljöer. Under intervjuerna med enhetscheferna på de båda boendena framkom det att hur äldre vistas utomhus är varierande beroende på mobilitet och personliga preferenser, men att värmen påverkar äldre är något som är tydligt. Utomhusvistelsen för äldre under varmare dagar är mindre och anpassade för att minska risken för termisk stress.

Nyckelord: WBGT, klimatsimulering, äldre, mikroklimat, värmestress

Abstract

Heat waves will result in an increase in amount, length, and intensity due to global warming. During heat waves, the elderly population is more sensitive to elevated temperatures as it has negative health implications. Therefore, from a public health perspective, it is important to understand and examine the problems of the elderly in hot weather.

The study aims to investigate the thermal outdoor comfort at Annedals nursing home and Ekparkens nursing home, located in Gothenburg. The thermal outdoor comfort was examined by measuring and modelling Wet Bulb Globe Temperature (WBGT). WBGT is an empirical thermal index used to describe how heat exposure is experienced. The measurements were carried out at five measuring spots at the respective nursing homes. Simulations of WBGT were based on the measuring spots. It was conducted in GIS with SOLWEIG in the plugin UMEP, where solar radiation was simulated and URock which created wind simulations, which are components needed for the calculation of WBGT. The WBGT simulations were then compared with the measurements. Through interviews with nursing home unit managers, information was gathered on how elders use outdoor environments when it is hot.

The results show that WBGT differs spatially in each study area as measuring sites are exposed to varying shade, sun, and wind at various times of the day. The variations of microclimate lead to places located in lee with high solar radiation having higher WBGT than places located in windy and shady conditions. Differences in measurements and simulations are that 25 out of 36 simulations overestimate WBGT. Used WBGT-calculation is sensitive to solar radiation and wind which can lead to difficulties due to nearby complex environments. During the interviews with the unit managers at the nursing homes, it emerged that how the elderly stay outdoors varies depending on mobility and personal preferences, but that the heat affects the elderly is clear. The outdoor stay for the elderly during the warmer days becomes adapted and shorter to reduce the risk of thermal stress.

Keywords: *WBGT, climate simulation, elderly, microclimate, heat stress*

Förord

Följande uppsats är en kandidatuppsats skriven vid Göteborgs universitet under vårterminen 2022 inom geografi med naturgeografisk fokus. Uppsatsen är avslutet av tre års studier inom geografi.

När handledare Professor Sofia Thorsson och Docent Fredrik Lindberg presenterade ämnet och metoderna för oss blev vi snabbt intresserade. Med ett stort intresse för klimatförändringar och värmestress blev valet att fokusera på äldre tydligt under hela våren 2022. Mätningar och klimatsimuleringar är två viktiga metoder som används i ämnesområdet, därav fanns det ett stort intresse för lära sig delar av dessa.

Vi vill börja med att tacka kursansvariga Professor Sofia Thorsson och Universitetslektor Jonas Lindberg, för goda tips, råd och lärorika synpunkter under arbetets gång. Sedan vill vi rikta ett stort tack till vår huvudhandledare Docent Fredrik Lindberg som inspirerade, stöttade samt givit oss kunskaper inom sitt forskningsområde. Vi vill även tacka biträdande handledare Professor Sofia Thorsson, som likaväl gav oss stor kunskap och stöd under arbetet. Tack till post-doc Jérémy Bernard för hjälp med vindsimulering i URock som Bernard utvecklar.

Vi vill också tacka alla deltagande informanter, Frida Wendin och Magnus Johnsson från Annedals vård- och omsorgsboende samt Weronica Hålsjö Möller från Ekparkens vård- och omsorgsboende. Utan ert engagemang och deltagande hade det inte blivit något arbete, vilket vi är tacksamma för.

Avslutningsvis vill vi även tacka våra kurskamrater för denna kurs där ni har bidragit med viktigt stöd, konstruktiv kritik och uppmuntrande ord.

Tack!

Evelina Bladh & Karl Ljungstedt, 2022-05-25

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	6
1.1 Syfte	7
1.1.1 Frågeställningar.....	7
2. Teori.....	8
2.1 Äldre och värme	8
2.2 Termisk komfort	9
2.2.1 WBGT- index.....	9
2.3 Beräkningar av WBGT	10
2.4 Mikroklimat	11
3. Studieområde.....	13
3.1 Annedals Vård- och omsorgsboende	14
3.2 Ekparkens Vård- och omsorgsboende	16
4. Metod.....	18
4.1 Informantintervjuer	18
4.2 Mätningar av WBGT	19
4.2.1 Precisions- & aklimatiseringstest.....	20
4.3 Data	21
4.4 Urban Multiscale Environmental Predictor (UMEP)	23
4.5 Vindsimulering - URock	24
4.6 WBGT beräkning	25
5. Resultat.....	26
5.1 Äldres användning av utomhusmiljöer	26
5.3 WBGT-mätningar	28
5.4 Jämförelse mellan uppmätt och simulerat WBGT	30
6. Diskussion.....	34
6.1 Metoddiskussion	38
6.2 Vidare studier	40
7. Slutsatser.....	41
8. Referenser.....	42
9. Bilagor.....	49

1. Introduktion

I takt med att jordens medeltemperatur ökar genom den globala uppvärmningen kommer extrema väderhändelser öka (IPCC, 2018). Ett exempel på extremt väder är värmeböljor. Sedan mitten av 1900-talet har frekvensen, längden och intensiteten av värmeböljor ökat successivt (IPCC, 2018). En värmebölja är enligt Svenska Meteorologiska Hydrologiska Institutet [SMHI] (2011) ”en sammanhängande period då dygnets högsta temperatur överstiger 25 °C minst fem dagar i sträck”. Under sommaren 2018 utsattes stora delar av nordvästra Europa av en långvarig och allvarlig värmebölja, som påverkade såväl människors hälsa som naturen (Kueh & Lin, 2020). Under värmeböljan 2018 ökade antalet döda i Sverige med cirka 8 %, 700 fler än normalt (Åström, Bjelkmar & Forsberg, 2019).

I takt med den globala uppvärmningen förväntas antalet, längden och intensiteten av värmeböljor att öka i Sverige (Kjellström m.fl., 2014). Detta leder till en ökad risk för värmestress där riskgrupper kan försättas i svåra hälsotillstånd om individen utsätts för detta fenomen (Wallenberg, Thorsson, Lindberg och Holmer, 2018). Enligt Socialstyrelsen (2021), kommer klimatförändringarna påverka den äldre befolkningen på ett negativt sätt. Inte bara genom direkta hälsoeffekter och dödsfall utan även att nuvarande boendesituationer kommer behöva förändras, för anpassning till det varierande klimatet.

Enligt Statistiska centralbyrån [SCB] (2022) väntas andelen av befolkningen över 65+ i Sverige att öka successivt från 20 % till 26 % år 2070. Med en åldrande population och en framtid med ökade temperaturer, är det ur ett folkhälsoperspektiv viktigt att förstå sig på konsekvenserna av värmen då äldre är känsligare för värme (Folkhälsomyndigheten, 2015). Stadens utformning påverkar hur värme distribueras inom staden där bland annat skuggor, markunderlag och vegetation påverkar temperaturer (Wallenberg m.fl., 2018). Detta ger tydliga skäl till att undersöka hur värmen är distribuerad spatial och skiljer sig i äldres utomhusmiljöer, utifrån närliggande miljöer som reglerar värme. För att kunna optimera infrastruktur för minskandet av värmen i äldres utomhusmiljöer.

Termisk komfort är ett tillstånd som uppstår när värmeflödet mellan människokroppen och dess omgivning är i balans (Wallenberg m.fl., 2018). För att beskriva hur vädret upplevs och graden av värmestress används olika termiska index. Ett vanligt index är WBGT (Wet Bulb

Globe Temperature) (Kownacki, Gao, Kuklane & Wierzbicka, 2019). WBGT används idag av USA och Japan i väderleksrapporter (National Weather Service, u.å.; Ministry of the Environment, u.å.). WBGT används främst inom arbets- och miljömedicin samt idrottsmedicin som ett screeningsverktyg för att bedöma värmestress vid olika sportevenemang, exempelvis Olympiska Spelen (Bergeron m.fl., 2012). Det finns potential till att använda WBGT för rekommendationer och riktlinjer för äldres vistelser och aktiviteter utomhus. Detta kan ge en bättre bild av den termiska komforten än vad enbart lufttemperatur gör, som används idag.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att undersöka den termiska utomhuskomforten vid två olika vård- och omsorgsboenden i Göteborg samt hur den påverkar äldres användning av utemiljöer. Detta genom att göra mätningar och klimatsimuleringar av WBGT-indexet. Samtalsintervjuer används för att få insikt i äldres användning av utemiljöer.

1.1.1 Frågeställningar

- ❖ Hur används utemiljöer av äldre på de undersökta vård- och omsorgsboendena under varma dagar?
- ❖ Hur skiljer sig WBGT spatialt i studieområdena i utomhusmiljön i nära anslutning till boendena?
- ❖ Vilka är skillnaderna i resultatet mellan simulering och mätningar av WBGT?

2. Teori

Följande kapitel beskriver teori som kan bidra till förståelse av framtagna resultat kring äldre och värme, termisk komfort, WBGT, beräkningar av WBGT och stadsklimat.

2.1 Äldre och värme

Det finns epidemiologiska bevis på att den äldre befolkningen (65+) är specifikt känsliga för höga temperaturer då det har negativa effekter på hälsan (Folkhälsomyndigheten, 2015). Underliggande åldersrelaterade kroniska sjukdomar, exempelvis typ-2 diabetes samt hjärt- och kärlsjukdomar, kan leda till problematik vid förhöjda temperaturer (Meade m.fl., 2020). Siffror visar på mortaliteten och sjukligheten hos äldre påverkas av meteorologiska faktorer (Rocklöv & Forsberg 2010).

När temperaturen kring kroppen ökar måste kroppstemperaturen regleras för att upprätthålla en kroppstemperatur på 37 °C. Här avleds överskottsvärmen genom svettningen. Vid ökad svettning kan vätske- och saltförluster förekomma, vilket i sin tur leder till att blodet blir mer koncentrerat och risken för blodpropp ökar. Hjärtfrekvensen ökar för att kunna kyla blodet under huden vilket leder till större påfrestning på hjärtat, något som kan vara farligt under långa perioder av förhöjda temperaturer (Folkhälsomyndigheten, 2015). Negativa effekter av värme som påverkar människors hälsa är varierande, det kan vara allt från uttorkning till kramper och värmeslag. Värmerelaterad dödlighet är också ett faktum då, dödsfallen under varma dagar är högre vilket inte enbart beror på värmeslag utan stora delar av dödsfallen är på grund av hjärt-kärlsjukdomar och hjärtsvikt (Folkhälsomyndigheten, 2015).

Enligt Malmquist, Hjerpe, Glaas, Karlsson och Lassi (2022), är individer som är beroende av extern vård för att hantera vardagliga aktiviteter och har en begränsad fysisk rörlighet i större utsträckning mer utsatta för värmeproblematik än andra grupper. Äldre får även anpassa sig till vädret och ändra sina dagliga mönster på grund av förhöjda utomhustemperaturer (Malmqvist m.fl., 2022).

2.2 Termisk komfort

Termisk komfort är ett tillstånd som uppstår när värmeflödet mellan människokroppen och dess omgivning är i balans (Wallenberg m.fl., 2018). Vid dessa förhållanden är upptaget av värme respektive utsläppet av värme från kroppen densamma (Oke, Mills, Christen & Voogt, 2017). Det finns fyra meteorologiska parametrar som påverkar människans energibalans: lufttemperatur, luftfuktighet, vindhastighet och strålningstemperatur. Det finns även två individuella variabler som påverkar, dessa är metabolism och kläder (Oke m.fl., 2017). Enligt Folkhälsomyndigheten (2015) är värmestress i urbana miljöer en av framtidens stora problematik. Värmestress är när kroppen inte längre har förmågan att reglera sin egen temperatur vilket kan leda till stor hälsoproblematik.

Termiska index används för att beskriva hur värmeexponering upplevs (Kownacki m.fl., 2019). Det finns flertalet index som kan beskriva hur värmeexponering upplevs, exempelvis Physical Equivalent Temperature (PET), Equivalent Temperature (ET) samt Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) (Kownacki m.fl., 2019). Det finns två olika typer av index, rationella och empiriska. Rationella index baseras på människans energibalanser och inkluderar samtliga meteorologiska variabler samt fysisk aktivitet, klädsel, kön och vikt. Empiriska index är baserade på mätningar och följer nödvändigtvis inte någon teori utan anger den samlade effekten av två eller flera meteorologiska variabler (Wallenberg m.fl., 2018).

2.2.1 WBGT- index

WBGT är ett empiriskt index som först användes av den amerikanska militären under 1950-talet för att övervaka värmeslag och diverse sjukdomar relaterade till värmen under träningsläger (Budd, 2008). WBGT beräknar hur värmeexponeringen upplevs med hjälp av den naturliga våttemperaturen (T_{nw}), globtemperaturen (T_g) och lufttemperaturen (T_a) enligt följande formel:

$$WBGT = (0,7 \times T_{nw}) + (0,2 \times T_g) + (0,1 \times T_a) \quad (1)$$

Där T_{nw} är den lägsta temperaturen som kan nås via så kallad evaporativ kylning eller även kallad avdunstningskylning. När T_{nw} är låg är den upplevda kylan högre. Vidare mäter T_g solinstrålning på instrumentet och T_a mäter luftmolekylernas rörelseenergi vilket är hur varm respektive kall luften är (Alfano, Palella, & Riccio, 2012). Det finns ett antal svenska studier

som använder sig av WBGT-indexet inom idrottsmedicin och miljömedicin (till exempel Thorsson m.fl., 2021). I tabell 1 presenteras risk för värmeslag och riktlinjer för aktivitet vid specifika WBGT. Detta är ett exempel på hur indexet kan användas, som riktlinjer för minskade av värmerelaterade sjukdomsfall.

Tabell 1. Varningar och riktlinjer baserat på WBGT. Källa: Modifierad från Japan Society of Biometeorology "Guidelines for prevention of heat disorders in everyday life" (2013).

Table 1. Warning and guidelines based on WBGT. Source: Modified from Japan Society of Biometeorology "Guidelines for prevention of heat disorders in everyday life" (2013).

WBGT-temperatur	Risk för värmeslag	Riktlinjer
≥ 31 °C	Mycket allvarlig (Stoppa all fysisk aktivitet)	WBGT är varmare än hudens temperatur, all daglig aktivitet bör undvikas för att minska risken för dödliga konsekvenser. Äldre bör stanna inomhus i svala utrymmen.
28 - 31 °C	Allvarlig (Varning)	Allvarliga risker vid daglig aktivitet. Undvik direkt solljus vid vistelse utomhus. Personer som inte är vana vid varma temperaturer bör undvika fysisk aktivitet.
25 - 28 °C	Hög (Uppmärksam)	Vid fysisk aktivitet finns det en risk för värmeslag, ha pauser ofta, vatten bör drickas kontinuerligt och det är viktigt att vara uppmärksam på tecken för värmeslag.
<25 °C	Medel	Allt över 21 °C kan leda till värmeslag främst vid fysiska aktiviteter. Viktigt att dricka vatten och vara uppmärksam på tecken för värmeslag.

2.3 Beräkningar av WBGT

Vid beräkning av WBGT genomförs det en rad olika simuleringar för att få fram den spatiala skillnaden i stadsklimatet. Meteorologiska parametrar som behövs vid simuleringar av WBGT är solinstrålning (W/m^2), temperatur (°C), lufttryck (mb), luftfuktighet (%) och vind (m/s, °). Geografiska informationssystem (GIS) kan användas för att se spatiala skillnader genom att simulera vind och värme. Det finns olika verktyg för att beräkna hur vinden rör sig 3D i

stadsmiljöer. Ett av dessa är URock som beräknar vind mönstret. Vart det skapas lä och ger upphov till vind mönstren är beroende av vindriktning och stadens geometri (Lindberg & Bernard, 2022). Vidare genom simuleringar kan det beräknas hur mycket en punkt nås av solinstrålningen. (Lindberg m.fl., 2012) Till att mäta solinstrålningen finns det olika verktyg som RayMan, ENVI-met och SOLWEIG (Wallenberg m.fl., 2018). För WBGT beräkningar används solinstrålning och vindens hastighet för den specifika platsen då det kan ha stora variationer (Liljegren, Carhart, Lawday, Tschopp & Sharp, 2008).

När simulering av vind och värme har skapats för platser av intresse så finns olika beräkningar som kan göras för att få fram WBGT-indexet (Lemke & Kjellström, 2012). En av dessa är Liljegren m.fl. (2008) beräkning av WBGT, där metrologiska data ska vara så lokal som möjligt används simulerad data av vindhastighet och solinstrålning. Känsligheten i Liljegrens m.fl. (2008) WBGT-script är beskrivet av Lemke & Kjellström (2012). Där beskrivs hur vind, solinstrålning, temperatur och luftfuktighet kan påverka resultatet av WBGT. Utifrån de fasta parametrarna solinstrålning = 500 W/m^2 , luftfuktighet = 55 %, lufttemperatur = $30 \text{ }^\circ\text{C}$ och vind = 1 m/s . Där ändrar de på en av parametrarna i taget för att se hur beräkningen reagerar.

När Lemke & Kjellström (2012) ändrar en av de fasta parametrarna i taget så visas det att vinden har störst påverkan på WBGT. Känsligheten på vinden är som störst mellan $0,1 \text{ m/s}$ till $0,2 \text{ m/s}$ där WBGT minskar med $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Från $0,1 \text{ m/s}$ till $0,7 \text{ m/s}$ så sänks WBGT med $4,5 \text{ }^\circ\text{C}$. När vinden överstiger $0,7 \text{ m/s}$ så har den en mindre påverkan på WBGT. Luftfuktigheten har en låg påverkansfaktor, från 25% till 35% luftfuktighet sker en ökning av WBGT ($1,5 \text{ }^\circ\text{C}$). Luftfuktighetens påverkan avtar när den ökar. När lufttemperatur ändras med $1 \text{ }^\circ\text{C}$, ändras WBGT linjärt cirka $0,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Solinstrålningens påverkan på WBGT är också linjär med cirka $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ per 100 W/m^2 .

2.4 Mikroklimat

En stads fysiska planering och material påverkar stadsklimatet (Oke m.fl., 2017). Faktorer som påverkar klimatet i en stadsmiljö är bebyggelsegeometri, material- och ytegenskaper, växtlighet, antropogen värme och luftföroreningar (Oke, 1988). Skillnader i dessa faktorer ger upphov till skillnader i lufttemperatur, luftfuktighet, vind och strålning inom staden, vilket ger upphov till skillnader i den termiska komforten.

Bebyggelsens geometri är en av de viktigaste faktorerna, då den påverkar hur mycket solinstrålning som kan värma upp i utomhusmiljöerna. Genom himmels faktorn går det att se hur mycket solinstrålning som når en plats för ett givet klockslag (Oke, 1981). Hur byggnader och vägar är orienterade bestämmer mängden solinstrålning under olika tider på dygnet (Erell, Pearlmutter, Bohne & Kutiel, 2013). Husfasader som är placerade söderut är mer utsatta för solinstrålning än fasader placerade norrut. En stad med låg bebyggelse ger inte upphov till mycket skuggning, det ger högre temperaturer under dagen då den utsätts för mer solinstrålning än en stad med högre byggnader (Lindberg, Johansson & Thorsson, 2012). Skuggiga områden skapar svalare platser, vilket ger en stad med högre byggnader som mer skuggor en lägre temperatur under dagen (Lindberg, Thorsson, Rayner & Lau, 2016).

Vinden blandar luften vilket leder till att luften inte hinner värmas upp på samma sätt som ett stilla luftpaket (Erell & Williamson, 2007). I en urban miljö så finns det många hinder för vinden som skapar turbulens respektive lä. Om vinden skall svalka är den beroende av öppna ytor som gator och torg samt att det ligger i vindriktningen (Erell m.fl., 2013). De varmaste platserna i en stad skapas på ställen med lä och hög solinstrålning (Konarska, Holmer, Lindberg & Thorsson, 2016).

Material och ytor har olika albedo, vilket avgör hur mycket solstrålning som en yta absorberar eller reflekterar. Ett material som har lågt albedo absorberar stora delar av solstrålningen och värms därmed upp under dagen. Medan ett material med högt albedo reflekterar större delen av solstrålningen och därmed inte värmer upp materialet lika mycket (Wallenberg m.fl., 2018). Hårdgjorda ytor leder snabbt bort vatten och kan därför fortare värmas upp och ger upphov till högre yt- och lufttemperatur (Wallenberg m.fl., 2018). Permeabla ytor är ytor med till exempel växtlighet eller grusplaner som kan hålla mer vatten och hålla kvar vattnet längre. Detta leder till en ökad avdunstning och avdunstning under längre tid. När vatten avdunstar tas värme från omgivningen vilket leder till lägre yt- och lufttemperatur (Oke, 1982). Vid dessa ytor finns oftast träd som har transpiration som ger upphov till lägre lufttemperaturer. Träd ger vidare upphov till skuggor som sänker möjligheten för solinstrålningen (Erell & Williamson, 2007).

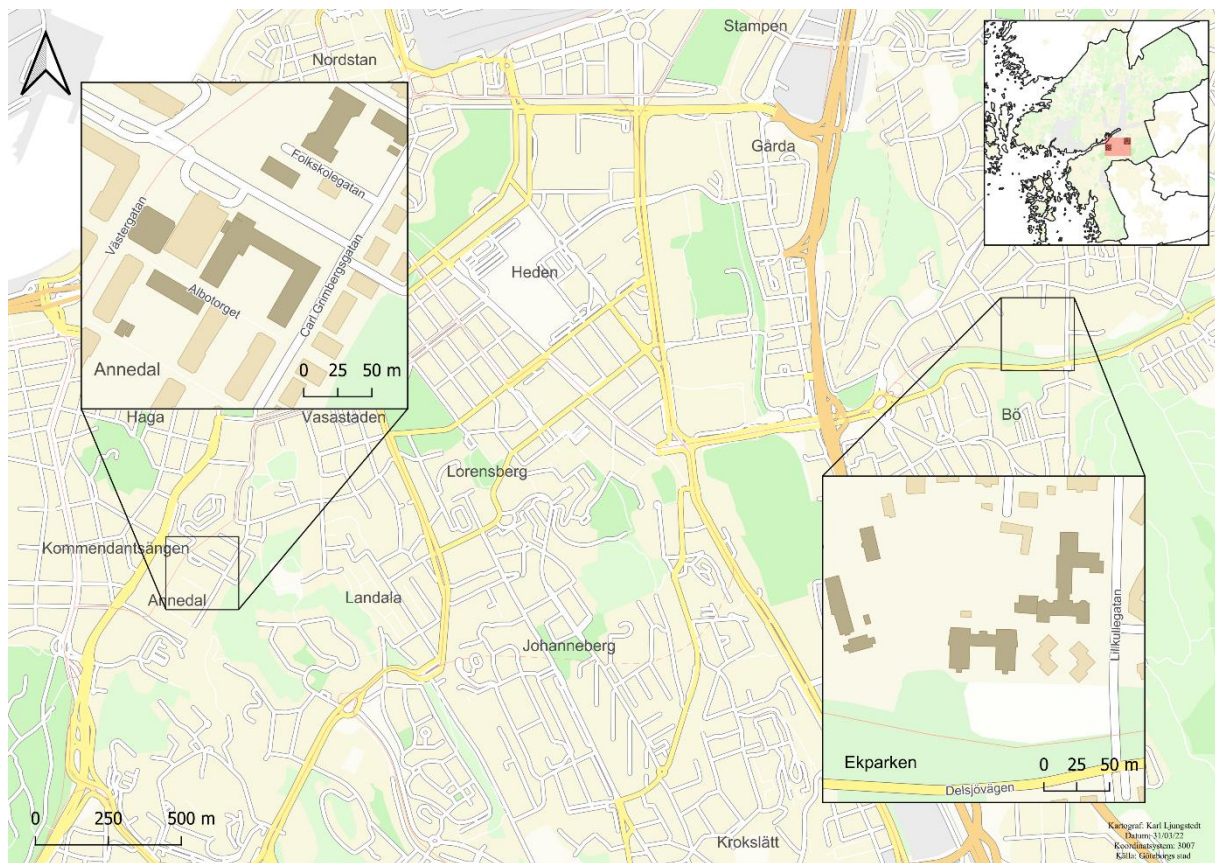
3. Studieområde

Studieområdena för denna studie är Annedals vård- och omsorgsboende respektive Ekparkens vård- och omsorgsboende. Boendena är belägna i Göteborgs kommun i stadsdelarna Annedal respektive Örgryte. I kommunen finns det 65 vård- och omsorgsboenden, var av 18 av dessa är privat ägda (Göteborg stad, u.å.). Valet av studieområde har sitt ursprung i att respektive boende har varierande närmiljöer, exempelvis byggnads geometri och grönska. Detta är intressant vid studerandet av mikroklimat på respektive plats för att se hur fysisk planering av olika karaktärer kan leda till olika resultat av WBGT.

Göteborgs kommun, även kallad för Göteborgs stad, är beläget i Västra Götalands län, Sverige (57° 42' N, 11° 59' E). Kommunen har ett invånarantal på 580 000 invånare varav cirka 92 300 är över 65 år gamla, vilket motsvarar cirka 14 % av den manliga befolkningen och 17 % av den kvinnliga befolkningen (SCB, 2021). I kommunen finns det procentuellt mer grönområden, skog och vatten än bebyggda områden, där skogen består av tempererade lövskogar som blommar generellt sett i april till maj månad (Göteborg stad, 2014; Gundersen m.fl., 2015).

Göteborgs geografiska placering på den svenska västkusten påverkar klimatet i området. Klimatet är ett marint västkustklimat med relativt kalla somrar samt att golfströmmens påverkan leder till relativt milda vintrar, lufttemperaturen (T_a) under vintern är cirka -0,4 °C respektive cirka 16,3 °C under sommaren (Thorsson m.fl., 2007; Thorsson m.fl., 2017). Soltimmar varierar beroende på säsong på grund av den höga latituden som studieområdena är belägna på. Under juli månad är det cirka 16 soltimmar respektive 6 under december månad (Thorsson m.fl., 2007).

Anomalier i Göteborgs kommuns väder är exempelvis den högsta temperaturen 34,1 °C som uppnåddes 2018-07-31. Under sommarmånaderna juni, juli och augusti 2018 hade medeltemperaturen en avvikelse från den normala på cirka 2,5 °C (SMHI, 2018). Sommaren 2018 tillhör en av historiens varmaste och längsta värmeböljor som Göteborgs kommun har bevittnat hittills.



Figur 1. Karta över studieområden i Göteborgs kommun.
Figure 1. Map over study areas in Gothenburg municipality.

3.1 Annedals Vård- och omsorgsboende

Annedals vård- och omsorgsboende beläget i stadsdelen Annedal ($57^{\circ} 41' N$, $11^{\circ} 57' E$), är ett kommunalt boende för äldre med demens- och somatiska sjukdomar eller hinder. Med somatiska sjukdomar menas begränsning av en individs fysik. Andelen demens respektive somatiska nedsatta äldre på boendet är 22 respektive 76 (M. Johnsson, personlig intervju, 28 mars, 2022).

Fastigheten som boendet är beläget i är U-formad med huskroppen riktad i sydväst-nordostlig riktning vilket leder till att innergården är solbelyst större delen av dagen (figur 2). På innergården finns det hårdgjorda ytor som kantas av sittplatser. I mitten av innergården finns en gräsyta med varierande växtlighet med bänkar, en pergola som kan skapa skugga samt ett miljöhus. På husets fasad finns det inglasade balkonger på respektive våning och diverse solmarkiser. Närliggande bebyggelse är hög med ett snitt på cirka 7 våningar. Vidare i rapporten kommer boendet endast hänvisas till som Annedals.



Figur 2. Karta över Annedals vård- och omsorgsboende med ut markerade mätplatser. Plats 2 är referensmätare.

Figure 2. Map over Annedals nursing home with measure spots marked out. Measure spot 2 is the referencespot.

Tabell 2 visar respektive mätplats vid Annedals vård- och omsorgsboende och dess kännetecknande attribut. Attributen beskriver den närliggande miljön och observerat väder under mätserien (För bilder se bilaga 9.1).

Tabell 2. Tabell över Annedals mätplatser och kännetecknande attribut.

Table 2. Table of Annedals measure spots and their characteristics attribute.

Plats	Attribut
Plats 1	Står på gräs fritt, 2 m från ett buskage, lä, i sol.
Plats 2 (Referensmätare)	Stenplattor, närhet till sittplatser, cirka 3 m från träd utan lövverk, låg vind, i sol.
Plats 3	Stenplattor, pergola, placerad bredvid bänk och bord, blåsig, i skugga.
Plats 4	Stenplattor, pergola, blomlådor, varierad vegetation av buskage, måttlig vind, varierad solinstrålning.
Plats 5	Stod fritt på gräsmatta utan objekt i närheten, måttlig vind, i sol.

3.2 Ekparkens Vård- och omsorgsboende

Det andra studieområdet är ett kommunalt vård- och omsorgsboende, beläget i Örgryte vid namn Ekparkens vård- och omsorgsboende (57° 42' N, 12° 00' E). Boendet har 40 lägenheter avsedda till boende med demens och äldre som är i behov av psykiatrisk vård (W. Möller, personlig intervju, 31 mars, 2022). På boendet bor det även ett antal respektive till dem som är i behov av vård.

Fastigheten är belägen i en söderslutning utan någon direkt skuggning. Inngården är omsluten av fastigheten vars utformning är som ett U (figur 3). Boendets innergård består av stenplattor, mindre träd, och planteringar. Det finns bord och diverse sittmöjligheter. Ekparkens är beläget i ett villaområde med en glesbebyggd miljö med gröna ytor bestående av gräsmattor och träd (figur 3). Med närhet till promenadstråk, skog och utanför rinner Delsjöbäcken. Närområdet har väl tilltagna grönytor, de hårdgjorda ytorna som finns är gångbanor och parkering i området. Vidare i rapporten kommer boendet hänvisas till som Ekparkens.



Figur 3. Karta över Ekparkens vård- och omsorgsboende med ut markerade mätplatser. Plats 1 är referensmätare

Figure 3. Map over Ekparkens nursing home with measure spots marked out. Measure spot 1 is the referencespot.

Tabell 3 visar respektive mätplats vid Ekparkens vård- och omsorgsboende och dess kännetecknande attribut. Attributen beskriver den närliggande miljön och observerat väder under mätserien (För bilder se bilaga 9.2).

Tabell 3. Tabell över Ekparkens mätplatser och kännetecknande attribut.

Table 3. Table of Ekparkens measure spots and their characteristics attribute.

Plats	Attribut
Plats 1 (Referensmätare)	Jordunderlag, nära parkering med antropogen påverkan, måttlig vind, i sol.
Plats 2	Stenplattor, under en balkong, lä, i sol.
Plats 3	Stenplattor, nära buskage och bänk, låg vind, i sol.
Plats 4	Stenplattor, närhet till gräs, blåsig, varierad solinstrålning
Plats 5	Stenplattor, nära buskage och växtlighet närhet till bord och bänkar, låg vind, i sol.

4. Metod

I följande kapitel kommer metoder som har använts för att skapa resultat beskrivas utifrån följande ordning, informantintervjuer, mätningar av WBGT och klimatsimulering med hjälp av UMEP och en WBGT beräkning.

4.1 Informantintervjuer

Samtalsintervjuer har använts för att få en förståelse för hur aktiviteter påverkas av förhöjda temperaturer samt som komplement till mätningar och klimatsimulering. Informantintervjuer har använts för att belysa oväntade svar på frågeställningar (Esaiasson, Gilljam, Oscarsson, Towns & Wängnerud, 2017, s. 160). Vidare har informantintervjuer varit utformade som samtalsintervjuer där syftet var att förstå hur informanterna tänker och uppfattar ämnet utifrån tematiska frågor (Esaiasson m.fl., 2017, s. 262). Vid genomförda intervjuer har det varit av stor vikt att innefatta den etiska aspekten och därtill att alla som har intervjuats är medvetna om studien som genomförs, ett så kallat informerat samtycke (Esaiasson m.fl., 2017).

Vid rekrytering av informanter har centralitet använts (Esaiasson m.fl., 2017, s. 267). Centralitet i denna kontext betyder att det fanns en idé om vilka informanter som var relevanta att intervjua för studiens syfte. Formen av urval har varit ett strategiskt urval där det har gjorts ett aktivt val av vilka som intervjuas. Informanter på de båda boenden kontaktades via mejl. Informanter som kontaktades var Magnus Johnsson, enhetschef för avdelningen Haga & Linne på Annedals och ansågs vara central i arbetet i och kring boendet. Under samtalsintervjun deltog även enhetschef för avdelningen Slottsskogen & Stigberget, Frida Wendin. Wendin är även fastighetsansvarig för Annedals, vilket innebar att hon hade insikt i fastigheten och dess utformning. Weronica Hålsjö Möller, enhetschef för demensboendet på Ekparkens, kontaktades via mejl. Möller ansågs också vara central i arbetet i och kring boendet samt berättigad till att besvara frågor i en intervju.

Intervjuguide har använts med tematiska frågor, däribland frågor kring vård- och omsorgsboendet, platser som boende vistas på samt om värme upplevs som ett problem (För fullständig intervjuguide; bilaga 9.3). *Intervju 1* genomfördes den 2022-03-28, med Magnus Johnsson och Frida Wendin på Annedals vård- och omsorgsboende. *Intervju 2* genomfördes den 2022-03-31 med Weronica Hålsjö Möller vid Ekparkens vård- och omsorgsboende.

Frågor ställdes på samma sätt vid båda intervjuerna. Frågorna ställdes så det skapades kunskap kring vart äldre vistas i studieområdet. Det gjordes genom att informanterna presenterade platser i studieområdet vars koordinater antecknades via applikationen SW Maps (Google play, 2022) i en mobiltelefon. Dessa koordinater användes sedan för observationer och simuleringar på dessa specifika platser. Intervjuerna spelades in och transkriberades i syfte av att kunna säkerställa exakta citat från intervjuerna.

4.2 Mätningar av WBGT

Tre instrument av varianten PCE-WB 20SD användes för att mäta WBGT. Instrumenten monterades på 3 kamerastativ av varianten Gear Up LH-3740 Tripod. En av mätarna användes som referens, vilket innebar att den stod på samma plats under hela mätningen. Resterande två instrument flyttades runt i studieområdet så varje mätplats blev mätt tre gånger under de 3 h som mätningen pågick.

Då jämförelse mellan respektive studieområde gjordes, var det av relevans att meteorologiska likheter skulle finnas eftersom WBGT-indexet påverkas av dessa parametrar. Därav gjordes mätningarna på respektive plats vid liknande förutsättningar, gällande temperatur, vind och solinstrålning. Dagarna där mätningar genomfördes var 2022-04-20 vid Annedals respektive 2022-04-21 vid Ekparkens. Mätningarna genomfördes under dagens varmaste timmar som ansågs vara mellan klockan 11 och 14. Vädret den 2022-04-20 hade en medeltemperatur under mätserien på 15,3 °C, medelvindhastighet på 5,3 m/s och medelkortvågig inkommandestrålning på 748,5 W/m² (Se bilaga 9.4). Vädret den 2022-04-21 hade en medeltemperatur under mätserien på 15,8 °C, medelvindhastighet på 4,7 m/s och medelkortvågig inkommandestrålning på 755,9 W/m² (Se bilaga 9.4).

Vidare genomfördes mätningarna på en höjd av 1,1 m, vilket representerar det gravitetiska centrumet för en genomsnittlig människokropp (ISO 7726, 1998). Instrumentet fästes på respektive stativ så mitten av klotet var på 1,1 m (figur 4). Mätningarna gjordes med 60 s intervall under 30 min på vardera mätplats. Tidsramen på 30 min bestämdes utifrån ett aklimatiseringstest som visade på att minst 11 min krävdes för att instrumentet skall nå sin jämvikt. Mätplatser kan ses i figur 2 och 3, platserna var utvalda utifrån informantintervjuer. Referensmätarnas placering utgick ifrån relevansen av att placera mätaren på en yta

exponerad av direkt solstrålning under hela mätperioden. Efter 30 min mätning flyttades instrumenten till nya mätplatser, där mätningen startades igen. Under mätningarna skrevs en fältdagbok, detta gjordes för identifiering av omgivningen kring respektive mätpunkt (exempelvis information kring underlag, skugga och närliggande träd). Bilder togs för dokumentation under fältarbete och komplement till fältdagbok.

Mätinstrumenten som användes för att uppmäta WBGT var tre PCE-WB 20SD-instrument från PCE instruments (figur 4). Det svarta klotet som finns på mätarna har en diameter på 75 mm, vilket är en mindre variant av glob vilket gör den fördelaktigt användbar vid mätningar utomhus då den kan reagera snabbare på uppvärmning eller avkyllning. Detta eftersom utomhusmiljöer kännetecknas av snabba väderväxlingar och stora rumsliga skillnader (Budd, 2008).



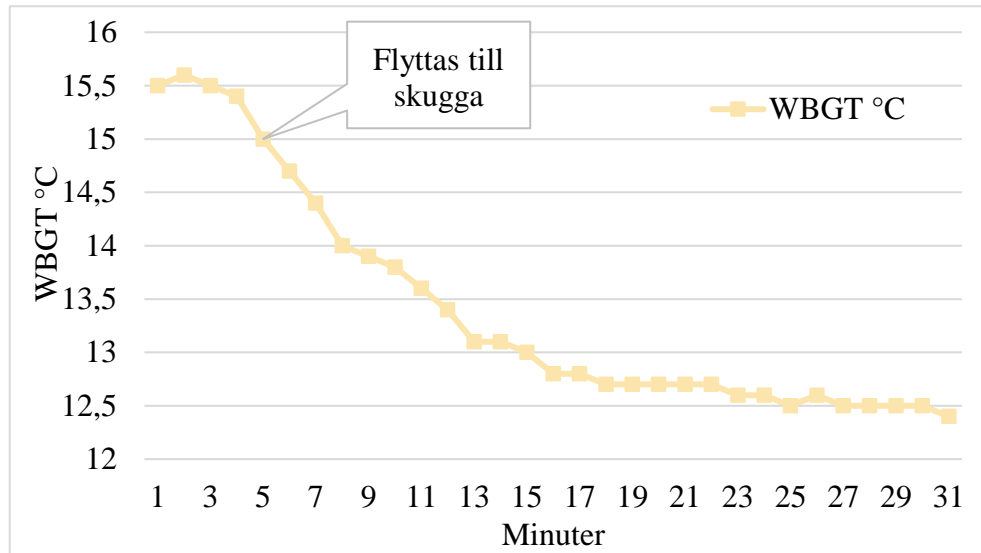
*Figur 4. Mätinstrument under mätning.
Figure 4. Measurement instrument during the measuring.*

4.2.1 Precisions- & acklimatiseringstest

Då tre mätinstrument användes, genomfördes ett precisionstest. Precisionstestet gjordes för att upptäcka eventuella skillnader mellan instrumenten och om de behövdes intern kalibreras. Vid precisionstestet placerades instrumenten i direkt solljus cirka 10 cm från varandra på en höjd av 50 cm, där instrumenten roterades varannan minut. Testet utfördes 2022-03-24 mellan klockan 12.50 och 13.30 med en mätintervall på 2 min.

Precisionstestet visade att WBGT under mätserien har en skillnad mellan respektive mätare (9,1, 9,3 och 9,1 °C). Skillnaden mellan mätinstrumenten är inte högre än 0,2 °C, vilket ligger inom den kända precisionen på instrumentet vilket är ± 1 °C för WBGT (PCE instruments, u.å.). Detta leder till att standardavvikelsen som är mellan använda instrument är inom den kända felmarginalen vilket ledde till att en kalibrering ej genomfördes.

Vidare genomfördes ett aklimatiseringstest för att se hur lång tid mätinstrumenten behöver för att aklimatisera sig till sin omgivning och nå jämvikt. Testet genomfördes 2022-04-19. Mätinstrument placerades först i sol i 25 min och därefter i skugga i 25 min. Figur 5 visar att instrumentet når ett jämviktsläge efter 11 minuter.



Figur 5. Graf över aklimatiseringstest. Y-axel är WBGT i °C och X-axel är minuter, efter fem minuter förflyttas instrumentet från solen till skuggan.

Figure 5. Graph from acclimatization test. The Y-axis is WBGT in °C and the X-axis is minutes, after 5 minutes the instrument is moved from sun into shadow.

4.3 Data

Följande är en tabell över data som har använts vid genomförandet av klimatsimuleringar och WBGT-index. Tabellen beskriver datainnehållet i respektive dataset samt vart och när datasetet är hämtad.

Tabell 4. Data använd för GIS-simulering.

Table 4. Data used for GIS-simulations.

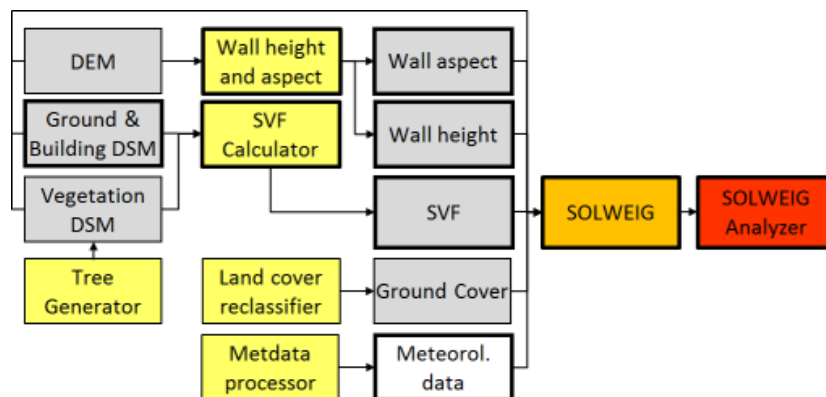
Data	Källa	Beskrivning
Canopy digital surface model (CDSM) (1x1m)	Stadsbyggnadskontoret Geodataavdelning, Göteborgs Stad (2010)	Höjd på vegetationens kronor.
Digital elevation model (DEM) (1x1m)	Stadsbyggnadskontoret Geodataavdelning, Göteborgs Stad (2010)	Höjd på marken.
Digital surface model (DSM) (1x1m)	Stadsbyggnadskontoret Geodataavdelning, Göteborgs Stad (2010)	Höjd på marken och bebyggelse.
Markanvändning (1x1m)	Stadsbyggnadskontoret Geodataavdelning, Göteborgs Stad (2010)	Lager över markanvändning.
Meteorologiska data (Temperatur (°C), relativ luftfuktighet (%), inkommande kortvågig strålning (W m ⁻²) & vind (m/s + riktning i grader°)	Göteborgs universitet, meteorologiska station vid institutionen för geovetenskaper (2022-04-21 & 2011-04-22). Stations nr: 71 420	Meteorologiska data från de dagar som mätningar med WBGT har gjorts.
Byggnader	Lantmäteriet (2019)	Vektor data för byggnader i Göteborg

4.4 Urban Multiscale Environmental Predictor (UMEP)

Vid klimatsimulering har Geografisk informationssystem (GIS) använts. GIS visar geografisk information om platser knutna till geografiska lägen (Lantmäteriet, u.å.). Till simulering har QGIS (3.24.2) använts som programvara, vilket är ett open source baserat program (QGIS, u.å.). Verktöget som har använts för klimatsimuleringar är en open source baserad modell som heter Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP). Data som har använts vid simulering beskrivs i avsnittet 4.3 Data.

UMEP är ett insticksprogram till QGIS. Programmet är uppbyggt i tre delar - en preprocessor, som består av verktyg som förbereder data; en processor för att modellera data; och en postprocessor för att analysera resultatet (Lindberg m.fl., 2018). Processorn som denna studie har använt är SOLar and LongWave Environmental Irradiance Geometry model (SOLWEIG) som simulerar strålningstemperaturen (T_{mrt}) över studieområdet (UMEP Tutorials, u.å., a).

SOLWEIG användes för att beräkna solinstrålning (K_{down}) för studieområdet och de olika mätpunkterna, för att se skillnaden i studieområdet. Ett arbetsflöde för processen som beräknar K_{down} visas i figur 6 (Lindberg m.fl., 2018).



Figur 6. Arbetsflöde SOLWEIG-processen. Källa: Lindberg m.fl., 2018.

Figure 6. Workflow SOLWEIG-process. Source: Lindberg et al., 2018.

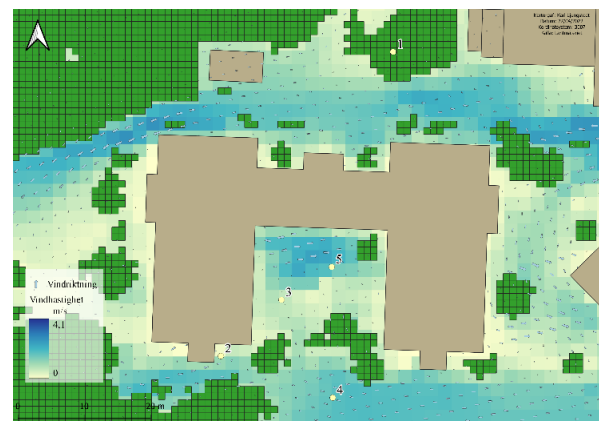
För beräkning av K_{down} i SOLWEIG användes preprocessor-verktyget Urban Geometry: Wall height aspect, som räknar ut formen och riktningar på DSM lagret med mark och byggnader, för att få ut höjden och riktningen på byggnaderna. Verktöget Urban Geometry: Sky view factor (Himmels faktorn), användes vidare i preprocessor för att genom CDSM

samt DSM-data kunna beräkna himmels-faktorn, vilket är mängden av strålningsratio som träffar en given punkt på mark och byggnader samt vart skuggor kan hittas, där vegetationens stam höjd sattes till 25 % av höjden (UMEP Tutorials, u.å., b).

Meteorologisk data som användes var lufttemperatur (°C), relativ luftfuktighet (%), inkommande kortvågig strålning (W/m^2) och vindhastighet (m/s) för POI (Point Of Interest) (UMEP Tutorials, u.å., b). För CDSM data med växtlighet sattes genomsläppligheten 50% av solstrålningen då det saknades lövverk vid mätningstillfället (Konarska, Lindberg, Larsson, Thorsson, & Holmer, 2013). Resultat som skapades av processorn i verktyget var K_{down} , T_a och luftfuktighet meteorologisk data. I figur 7 visas K_{down} för Ekparkens där det går att se hur skuggorna faller och hur mycket solinstrålning som når mätplatserna för kl. 12.00.



Figur 7. Ekparkens simulerad (SOLWEIG) solinstrålning (K_{down}) klockan 12:00.
Figure 7. Ekparkens simulated (SOLWEIG) solar radiation (K_{down}) at 12:00 o'clock.



Figur 8. Ekparkens simulerad (URock) vindhastighet (m/s) klockan 12:00.
Figure 8. Ekparkens simulated (URock) windspeed (m/s) at 12:00 o'clock.

4.5 Vindsimulering - URock

Det finns ett flertal verktyg i GIS som beräknar vind på ett 3 dimensionellt sätt. Det är komplext och svårt att få in små vindmönster som skapas i urbana miljöer. Studiens vindsimuleringar är gjorda i URock som är en ny komponent till UMEP som är under utveckling. Verktyget använder sig av Röckles zoner för att beräkna vinden. Den använder byggnader och vegetations positioner för att beräkna vindflödet genom höjden och geometrin av dessa samt stam höjden på vegetationen (Bernard & Lindberg, 2022).

Syftet vid användandet av URock-modellen var att erhålla kunskap kring vinden i studieområdet på mätplatserna. Genom att se till hur vinden påverkas av områdets morfologi

så som vegetation och byggnader (European commission, 2022). Input data var byggnader i både vektor samt DSM och ett CDSM för vegetation samt vinddata. Simuleringen beräknade hur vinden för sig över studieområdet i olika profiler givet den vinddata som användes. Inställningen för vindprofilen var satt till Power, som är beräknat från power-law. Det möjliggör att se vindmönstret på olika höjder (Bernard & Lindberg, 2022). Höjden som användes var 1,1 m, då mätningar genomfördes på denna höjd. I figur 8 går det att se en URock simulering för kl. 12.00 över Ekparkens med en upplösning på 2 m.

4.6 WBGT beräkning

Ett Python skript har använts för att beräkna WBGT, det är baserat på Liljegren m.fl. (2008) och hämtad från Lieblich (2016). Till skriptet behövdes indata; år, månad, dag, timme, minuter, GMT, medeltid indata för meteorologi, urbant, latitud, longitud, solinstrålning (W/m^2), lufttryck (mb), lufttemperatur ($^{\circ}C$), luftfuktighet (%), vindhastighet (m/s), höjd för vindmätning och vertikal temperaturskillnad, för att räkna ut WBGT.

All indata för skriptet var från SOLWEIG, förutom lufttryck som hämtades från den meteorologiska stationen på Geovetarcentrums tak (se 4.3 Data). Det var av vikt att meteorologisk data för modellen skulle vara lokal för att få ett bra resultat (Liljegren m.fl., 2008). Data var tagen för alla platser i studieområdet, som var detsamma som mätplatser och tagna efter tiden som mätningen på plats var gjord. Data som användes var K_{down} (solinstrålning), T_a (lufttemperatur) och RH % (luftfuktighet). Från URock var vindhastigheten tagen på 1,1 m för att få en så precis uppskattning som möjligt (Liljegren m.fl., 2008).

WBGT beräkningarna har en felmarginal på $1^{\circ}C$ (Liljegren m.fl., 2008). För att förstå hur URock presterade och för att få en bild av hur vinden påverkar beräkningarna. Likt Lemke & Kjellström (2012) användes en fast vind på 1,1 m/s för undersökandet av hur WBGT beräkningen påverkas av en jämn vind över hela området, för att sedan jämföra vindens påverkan.

5. Resultat

I följande kapitel presenteras resultat från informantintervjuer, mätningar av WBGT-index och resultatet av klimatsimuleringarna som resulterade i beräkningar av WBGT, för att besvara studiens syfte och frågeställningar. Alla mätningar och simuleringar redovisas i siffror.

5.1 Äldres användning av utomhusmiljöer

Intervju 1 - Annedals

Frida Wendin och Magnus Johnsson är enhetschefer vid två avdelningar på Annedals vård- och omsorgsboende. Johnsson berättar att det finns en dagverksamhet i byggnaden, som används för avlastning, miljöombyte eller för olika sociala aktiviteter för de äldre i närområdet. Både boende och dagverksamheten använder sig av utemiljön vid Annedals vård- och omsorgsboende. Hos boende varierar mobiliteten menar Wendin, flertalet sitter i rullstol eller är sängliggande men det finns personer som inte har en begränsad rörlighet. Johnsson förklarade att på ett boende där mängden demenssjuka är större än somatiskt sjuka, är de boende generellt mer fysiskt starka och rörliga. I frågor gällande aktiviteter och rörelse utomhus besvaras det med svar kopplade till mobilitet, att mobilitet påverkar vistelserna. Johnsson nämner att personliga preferenser kring om man vill vara utomhus är varierande men att boendet har haft promenadgrupper och att aktiviteter under vår och sommaren förläggs ofta utomhus. Enligt Wendin är dessa aktiviteter exempelvis sittgympa eller musikunderhållning som äger rum på innergården i Annedal. Tiden som de boende vistas utomhus är varierande och individuella. Planerade aktiviteter är kring 45 minuter till en timme. Vidare menar Wendin, "...vissa sitter ute hela dagarna eller går ut väldigt ofta...men om man har en demenssjukdoms diagnos så orkar man inte att hålla fokus länge vilket gör att de planerade aktiviteterna är på 45 minuter."

Wendin nämner även att äldre påverkas negativt av värmen, "...många tål inte värmen på det sättet yngre gör". Att äldre är mer utsatta för problematiken kring värmen genomlysades i hela intervjun, Wendin och Johnsson talar flera gånger om åtgärder som genomförs bland annat ökandet av vätskeintag samt olika åtgärder för svalka såsom kepsar, parasoller och luftkonditionering. En av intervjufrågorna belyste vart boende befann sig när det var varmt och svaret som kom fram var blandat, att boende bestämmer det själv, men att de inglasade

balkongerna som finns på alla våningsplan används flitigt då dessa kan enligt Wendin "...vara ett mellanting av inne och utomhus på samma gång...". Vidare nämner Johnsson att balkongerna blir väldigt varma under "soliga sommardagar".

Intervju 2 - Ekparkens

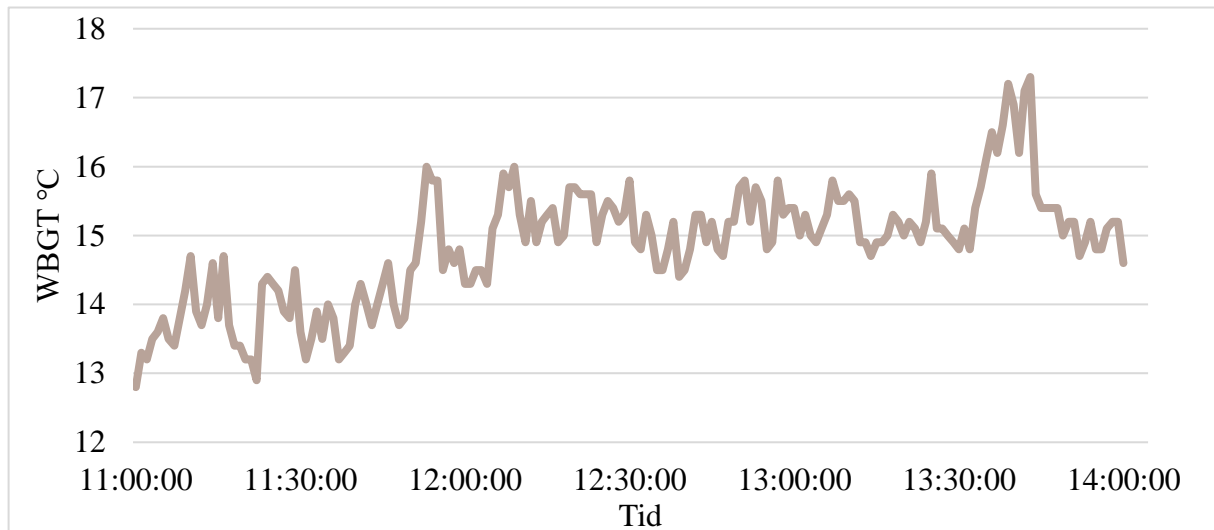
Intervju med Ekparkens vård- och omsorgsboende var genom Weronica Hålsjö Möller. Hålsjö Möller berättar att Ekparkens har boende med demenssjukdomar och boende med psykiatriska sjukdomar. Ekparkens boende varierar i mobilitet men att det finns likväl som hos Annedal, boende som är väldigt aktiva och mobila till immobila. Informanten berättar att demenssjuka får så småningom fysiska hinder och detta försöker Ekparkens boende jobba emot, genom att försöka få alla på boendet att röra på sig. På boendet finns det även en lösning som gör att de äldre som har visat samtycke bär en GPS vilket ger dem frihet till att röra sig mer fritt trots deras sjukdom, berättar Hålsjö Möller.

Hålsjö Möller berättar att boende vistas dels i närområdet kring boendet och på balkonger som finns på varje våningsplan. Det finns boende som behöver hjälp för att komma utomhus, där regleras tiden till uppemot en timmes vistelse. Hålsjö Möller betonar att de äldre bestämmer själv men att personal på boendet kan "tipsa och råda" om hur vistelse i värmen bör ske. Uteaktiviteter på Ekparkens, består exempelvis av rörelse till musik eller konserter. Aktiviteterna som är organiserade av personalen varar mellan 1 och 1,5 timme vid respektive tillfälle.

Hålsjö Möller berättar att de boende påverkas jättemycket av värmen, både inomhus och utomhus. På tredje våningen i huset blir det som Hålsjö Möller kallar för en varm grotta. Hon menar även att personer som sitter i en så kallad komfortstol som inte kan förflytta sig själv blir väldigt stilla och har svårt att uttrycka om de är törstiga eller varma vilket leder till att personalen är mer ansvariga för de äldre. Dessa personer är mer utsatta menar Hålsjö Möller. Hålsjö Möller nämner även att preferenser kring värme är väldigt individuellt hos de äldre. Vidare förklaras det att hos Ekparkens är det både varmt inne och utomhus oftast samtidigt vilket blir problematiskt där detta regleras med hjälpmedel som Hålsjö Möller beskriver som, barnpooler för fötter, portabla luftkonditioneringar och parasoller.

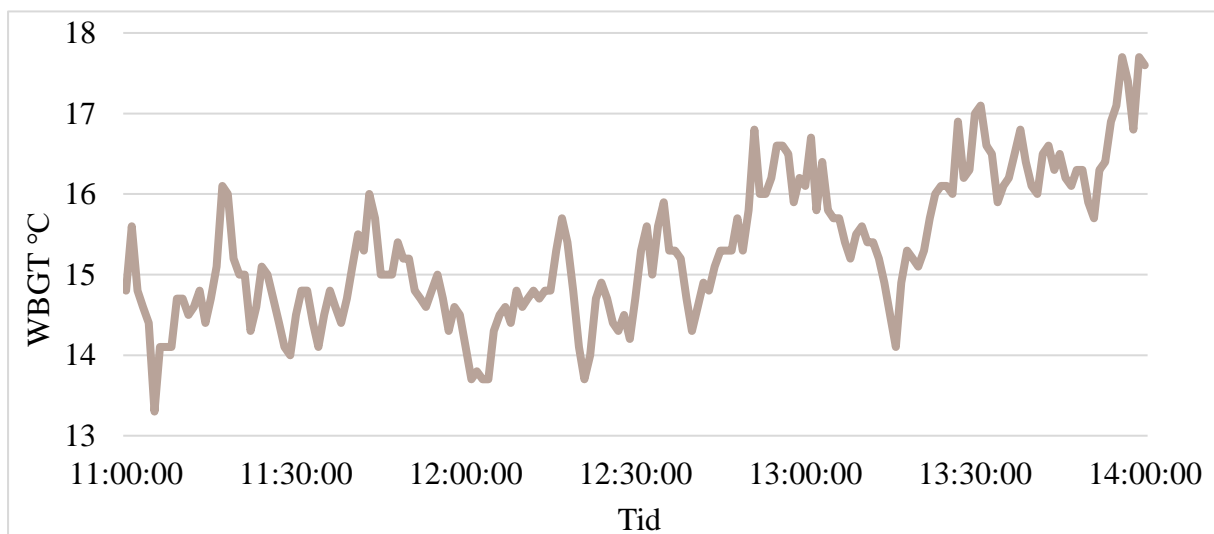
5.3 WBGT-mätningar

Figur 9 visar hur WBGT på referensmätaren (plats 2) vid Annedals vård- och omsorgsboende varierar mellan kl. 11:00 och 14:00, den 2022-04-21. Den högsta WBGT som uppmätts var 17,3 °C och mätes strax innan 14 och den lägsta WBGT som uppmättes var 12,8 °C som mätes klockan 11. WBGT-indexet uppvisar snabba variationer och ökar under dagen.



Figur 9. WBGT mätningar för plats 2 Annedal.
Figure 9. WBGT measurements for spot 2 Annedal.

Figur 10 visar hur WBGT på referensmätaren (plats 1) vid Ekparkens vård- och omsorgsboende, varierar mellan kl. 11:00 och 14:00, den 2022-04-22. Den högsta WBGT som uppmättes var 17,7 °C och mätes strax innan klockan 14. Lägsta WBGT som uppmättes var 13,3 °C och mätes vid kl. 11:05. WBGT-indexet uppvisar snabba variationer och ökar under dagen.



Figur 10. WBGT mätningar för plats 1 Ekparkens.
Figure 10. WBGT measurements for spot 1 Ekparkens.

Tabell 5 visar uppmätt WBGT på de olika mätplatserna och skillnaden från referensmätaren vid Annedal mellan klockan 11:30 och 14:00. Skillnader på upp till 5,5 °C uppmäts mellan solbelysta och skuggade platser. Högst WBGT uppmäts till 18,1 °C på plats 1 kl. 12:30. Det lägsta WBGT är 10,4 °C vid plats 3 kl. 11:30.

Tabell 5. Mätningar av WBGT (°C) från Annedals.
Table 5. Measurements of WBGT (°C) from Annedals.

	Tid	Sol/Skugga	WBGT (°C)	WBGT-referens (plats 2) (°C)
Plats 1	11:30	Sol	15,9	2,1
Gräs, buskage, låg vind	12:30	Sol	18,1	2,7
	13:30	Sol	17,9	2,8
Plats 3	11:30	Skugga	10,4	-3,5
Stenplattor, pergola, blåsig	12:30	Skugga	14,0	-1,5
	13:30	Skugga	12,1	-3,0
Plats 4	12:00	Skugga	15,4	0,4
Stenplattor, pergola, måttlig vind	13:00	Skugga	12,8	-2,6
	14:00	Sol	16,3	1,3
Plats 5	12:00	Sol	14,0	-1,0
Gräs, måttlig vind	13:00	Sol	15,9	0,5
	14:00	Sol	15,9	0,9

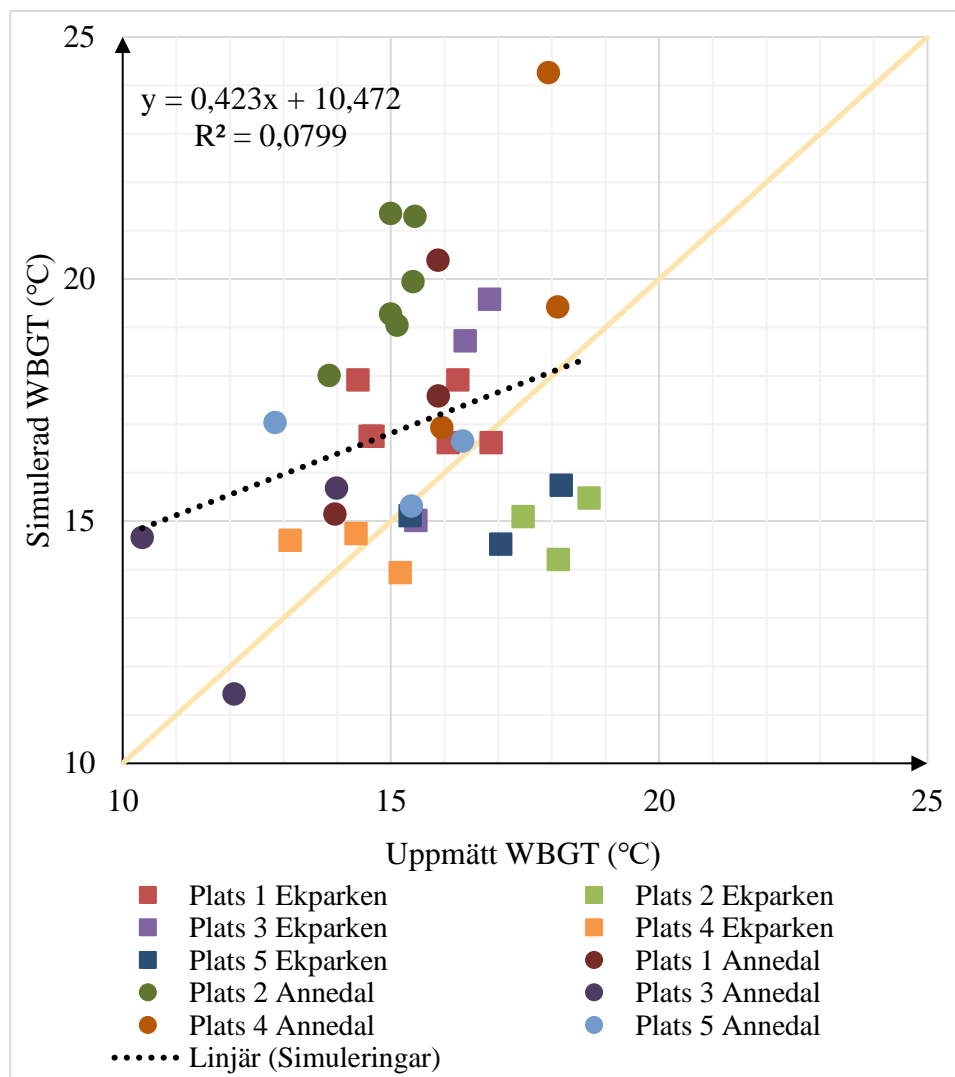
Tabell 6 visar motsvarande uppmätta WBGT vid Ekparkens. Liksom vid Annedals varierar WBGT mellan platserna, men inte lika mycket (<3,7 °C), vilket kan förklaras av att samtliga mätplatser utom en var solbelysta under mätperioden.

Tabell 6. Mätningar av WBGT (°C) från Ekparkens.
Table 6. Measurements of WBGT (°C) from Ekparkens.

	Tid	Sol/Skugga	WBGT (°C)	WBGT-referens (plats 1) (°C)
Plats 2	11:30	Sol	17,5	2,9
Stenplattor, lä, sol	12:30	Sol	18,1	3,7
	13:30	Sol	18,7	2,6
Plats 3	11:30	Sol	15,5	0,9
Innergård, stenplattor, nära buskage, relativt lä	12:30	Sol	16,4	2,0
	13:30	Sol	16,8	0,8
Plats 4	12:00	Sol	14,4	-0,3
Stenplattor, blåsig	13:00	Sol	15,2	-1,1
	14:00	Skugga	13,1	-3,7
Plats 5	12:00	Sol	15,4	0,7
Innergård, stenplattor, nära växtlighet, låg vind	13:00	Sol	17,0	0,8
	14:00	Sol	18,2	1,3

5.4 Jämförelse mellan uppmätt och simulerat WBGT

Figur 11 är en regressionsanalys som visar simulerade WBGT i förhållande till uppmätta WBGT för samtliga mätplatser vid de båda vård- och omsorgsboendena. Det går att urskilja att en majoritet av simuleringarna överestimerar WBGT gentemot mätningarna, exempelvis plats 2 Annedals där överestimeringen är cirka 5 °C. Figuren visar vidare att det sker en underestimering av simuleringen vid exempelvis plats 2 Ekparkens, med cirka 3 °C. Trendlinjen i grafen skär y-axeln vid cirka 10,5, vilket tyder på att simuleringar och mätningar skiljer sig från varandra. R-värdet som framgår av analysen är 0,08. Det visar på att det finns näst intill inget linjärt-samband mellan simuleringar och mätningar. Vid beräkning av Mean Absolute Error (MAE), vilket är en statistisk beräkning av felet mellan simulerade och det som anses vara det rätta vilket i studiens fall är mätningar, hade MAE ett värde på 2,5. Detta tolkas att vid varje simulering beräknas WBGT i snitt 2,5 °C fel gentemot mätningen.



Figur 11. Graf där simuleringar (oberoende variabel) är Y-axeln och mätningar (beroende variabel) är X-axeln.

Figure 11. A graph where simulations (independent variable) are Y-axis and measurements (dependent variable) is X-axis.

I tabell 7 och 8 belyses skillnader mellan resultat från respektive metod och studieområde. Simuleringarna har värden som befinner sig över och under mätningarna. Färgerna i skillnaderna är för att notera vilka mätningar där skillnaden är inom respektive utom kända felmarginalen, vilket är ± 1 °C. Tabell 7 visar samtliga simuleringar som jämförts med mätningar vid Annedals. Den minsta skillnaden mellan metoderna kan hittas vid plats 4. Där når skillnaden i WBGT-indexet 0,1 °C vid kl. 14:00. Den största skillnaden i WBGT är kl. 14:00 vid plats 2 där temperaturen uppnår en skillnad på 6,4 °C. MAE vid Annedals är 3,1 vilket tolkas som att vid varje simulering beräknas WBGT i snitt 3,1 °C fel gentemot mätningen.

Tabell 7. WBGT (°C) i Annedal från mätningar och simuleringar samt skillnaden emellan dem.

Table 7. WBGT (°C) in Annedal from measurements and simulations with the difference between them.

	Tid	Sol/Skugga	Mätning	Simulering	Skillnad
Plats 1	11:30	Sol	15,9	16,9	-1,0
	12:30	Sol	18,1	19,4	-1,3
	13:30	Sol	17,9	24,3	-6,3
Plats 2	11:30	Sol	13,8	18,0	-4,2
	12:30	Sol	15,4	21,3	-5,8
	13:30	Sol	15,1	19,1	-3,9
Plats 3	11:30	Skugga	10,4	14,7	-4,3
	12:30	Skugga	14,0	15,7	-1,7
	13:30	Skugga	12,1	11,4	0,6
Plats 2	12:00	Sol	15,0	19,3	-4,3
	13:00	Sol	15,4	20,0	-4,5
	14:00	Sol	15,0	21,4	-6,4
Plats 4	12:00	Skugga	15,4	15,3	0,1
	13:00	Skugga	12,8	17,0	-4,2
	14:00	Sol	16,3	16,7	-0,3
Plats 5	12:00	Sol	14,0	15,1	-1,2
	13:00	Sol	15,9	17,6	-1,7
	14:00	Sol	15,9	20,4	-4,5

Ekparkens resultat för mätningarna och simuleringarna av WBGT finns representerade i tabell 8. Alla tidpunkter för respektive metod är representerade i tabellen. Den minsta noterade skillnaden mellan metoderna är plats 1 vid kl. 14:00 där skillnaden är 0,2 °C. Den största skillnaden är kl. 12:30, plats 2 där mätningen har ett högre värde än simuleringen, vilket leder till en skillnad på 3,9 °C. MAE för resultatet från simuleringarna i Ekparkens är 1,8, vilket är 0,8 över vad som är acceptabelt som felmarginal.

Tabell 8. WBGT (°C) i Ekparkens från mätningar och simuleringar samt skillnaden emellan dem.

Table 8. WBGT (°C) in Ekparkens from measurements and simulations with the difference between them.

	Tid	Sol/skugga	Mätning	Simulering	Skillnad
Plats 1	11:30	Sol	14,6	16,8	-2,1
	12:30	Sol	14,4	17,9	-3,5
	13:30	Sol	16,1	16,6	-0,6
Plats 2	11:30	Sol	17,5	15,1	2,4
	12:30	Sol	18,1	14,2	3,9
	13:30	Sol	18,7	15,5	3,2
Plats 3	11:30	Sol	15,5	15,0	0,4
	12:30	Sol	16,4	18,7	-2,3
	13:30	Sol	16,8	19,6	-2,7
Plats 1	12:00	Sol	14,7	16,8	-1,7
	13:00	Sol	16,2	17,9	-0,6
	14:00	Sol	16,9	16,6	0,2
Plats 4	12:00	Sol	14,4	14,7	-0,4
	13:00	Sol	15,2	13,9	1,2
	14:00	Skugga	13,1	14,6	-1,5
Plats 5	12:00	Sol	15,4	15,1	0,2
	13:00	Sol	17,0	14,5	2,5
	14:00	Sol	18,2	15,7	2,4

I tabell 9 visas simulerat WBGT med en konstant vind på 1,1 m/s samt simulerad (URock) för Ekparkens. Den visar på vindkänsligheten i WBGT, tillagt i tabell 9 är WBGT med en fast vind på 1,1 m/s och skillnaden från mätningarna. Där går det att urskilja den fasta vinden med 1,1 m/s ger ett mer överstämmande resultat med mätningarna. Där 10 av platserna visar WBGT som korrelerar bättre med mätningarna och 8 platser visar på ett WBGT längre ifrån den acceptabla felmarginalen. Med vinden på 1,1 m/s är MAE på 1,3, vilket är 0,3 ifrån vad som är den acceptabla felmarginalen gränsen på 1. (För samma tabell över Annedals resultat se bilaga 9.5)

Tabell 9. WBGT (°C) Ekparkens med 2 olika simuleringar och dess skillnad (Δ) gentemot mätning.

Table 9. WBGT (°C) Ekparkens with 2 different simulations and the difference (Δ) between simulations and measurements.

	Tid	WBGT Mätning (°C)	WBGT Simulering (URock) (°C)	Δ WBGT (mätning-URock) (°C)	WBGT Simulering (1,1 m/s) (°C)	Δ WBGT (mätning-1,1 m/s) (°C)
Plats 1	11:30	14,6	16,8	-2,1	13,7	0,9
	12:30	14,4	17,9	-3,5	14,4	0,0
	13:30	16,1	16,6	-0,6	14,7	1,4
Plats 2	11:30	17,5	15,1	2,4	13,7	3,8
	12:30	18,1	14,2	3,9	14,4	3,7
	13:30	18,7	15,5	3,2	14,7	4,0
Plats 3	11:30	15,5	15,0	0,4	15,5	0,0
	12:30	16,4	18,7	-2,3	16,2	0,2
	13:30	16,8	19,6	-2,7	16,6	0,2
Plats 1	12:00	14,7	16,8	-1,7	14,1	0,6
	13:00	16,2	17,9	-0,6	14,4	1,8
	14:00	16,9	16,6	0,2	16,4	0,5
Plats 4	12:00	14,4	14,7	-0,4	16,0	-1,7
	13:00	15,2	13,9	1,2	14,7	0,5
	14:00	13,1	14,6	-1,5	14,9	-1,8
Plats 5	12:00	15,4	15,1	0,2	15,9	-0,5
	13:00	17,0	14,5	2,5	16,2	0,8
	14:00	18,2	15,7	2,4	16,4	1,8

6. Diskussion

Enligt informantintervjuerna används respektive boendes utomhusarealer på liknande sätt med gemensamma utomhusaktiviteter där vistelser utomhus varar i snitt mellan 45 och 60 minuter. Enligt informanter påverkar personliga preferenser hur mycket äldre utnyttjar utemiljön. Vid Annedals ser möjligheten till att vara utomhus annorlunda ut än vid Ekparkens, då Ekparkens närområde är mer glesbebyggt och har en närhet till naturen som Annedals inte har. Intervjuer med informanter berör också det faktum att mobiliteten på äldre påverkar dess utomhusaktiviteter. Enhetschefer vid Annedals berättade att när man är somatisk sjuk har man oftast sämre mobilitet vilket leder till att man är i behov av hjälp för att vistas utomhus. Enhetschefen vid Ekparkens belyser att äldre som sitter i komfortstol som är mer somatiskt sjuka, blir väldigt stillasittande och kan ha svårt för att uttrycka sina behov vilket leder till att personalen är mer ansvariga för dessa äldre. Denna problematik nämner även en studie genomförd av Malmquist m.fl. (2022), där äldre med nedsatt mobilitet är mer utsatta för värmeproblematik då individen är i behov av resurser och tillgång till vård. Enhetscheferna informerade vidare om att äldre är mer utsatta och reagerar mer negativt på värmen. Enhetschefer vid Annedals nämner flertalet gånger att äldre tåler värmen sämre än yngre vilket en studie av Meade m.fl. (2020) påvisar. Meade m.fl. (2020) diskuterar det faktum att äldre är i stor utsträckning mer utsatta för konsekvenserna av värmestress. Annedals och Ekparkens har flera olika åtgärder för att reglera värmen åt äldre, luftkonditioneringar, parasoller och vätskeersättning är bara några av de åtgärder som tas. Däremot nämner Ekparkens enhetschef att vårdare och anställda på boendena kan bara råda och ge tips kring hur man vistas utomhus i varmare väder. I Malmquist m.fl. (2022) tas det upp exempel på att äldre får anpassa sig till vädret och ändrar sina dagliga aktiviteter, främst handlar det om att schemalägga vistelsen utomhus till andra tidpunkter än under dagens varmaste timmar.

Mätningarna visar att WBGT varierar såväl mellan som inom studieområden (tabell 5 & 6). Mätningarna på respektive mätplats ger olika resultat vilket kan bero på skillnader i byggnadsstrukturer och skillnader i vind och solinstrålning mot instrumentet (Oke m.fl., 2017). Skillnaden mellan studieområdena visar att Ekparkens medel WBGT-temperatur är cirka 2 °C varmare än Annedals vilket motsäger det faktum att tidigare studier menar på att områden som är tätbebyggda med många asfalterade ytor har ett lågt albedo vilket leder till

högre lufttemperaturer (Wallenberg m.fl., 2018). Därför borde Annedals mätningar resultera i ett högre WBGT-index än Ekparkens om man endast ser på respektive områdes markunderlag och närliggande byggnadsstrukturer. Däremot är det viktigt att undersöka respektive mätplats underlag för att kunna dra slutsatser kring dess påverkande faktorer. Ekparkens har en större mängd grönska i närområdet än vad som finns vid Annedals. Enligt Wallenberg m.fl. (2018) påverkar närheten till vegetation temperaturer, då vegetationens transpiration använder den omgivande energin vilket leder till att vegetationen sänker den omgivande temperaturen. I Annedals placerades mätinstrumenten mer i närheten av mikromiljöer med vegetation såsom blomlådor och buskar. Denna påverkan hade möjligtvis minskats om placering av instrumenten hade varit mer homogen mellan studieområdena, då hade det däremot varit svårare att se skillnader i mikroklimat. Vidare är vinden en faktor som inte har undersökts, vilket kan vara en av anledningen till att studieområdena har olika resultat som inte kan grundas i föregående teori kring markunderlag och byggnads strukturer. För att undersöka vindens påverkan på WBGT hade det varit av relevans att mäta vinden på för att kunna notera skillnader i vindhastighet vid mätplatserna. Oke m.fl. (2017), nämner att högre byggnader är ett problem i städer då det flyttar snabba vindar ner till marknivå vilket kan möjligtvis påverka mätningarna, då vinden kan påverka WBGT-instrumentet.

Vid Annedals uppmättes det höga och låga WBGT (tabell 5). Den plats där resultatet av mätningar uppnår låga temperaturer är plats 3 som var placerad i skugga under en pergola där vinden kunde röra sig utan objekt som påverkade den. Resultatet visar jämfört med resterande mätplatser i området ett lägre WBGT som ligger på relativt låga 10,4 °C vid klockan 11:30. Detta kan bero på att mätinstrumentet påverkas av solinstrålningen vilket gör att när solens strålning är låg kommer även WBGT vara lågt. En studie av Farjami (2020) påvisar att WBGT kan påverkas mer av sol och skugga än markunderlag. Det kan vara en av orsakerna till att platser generellt i studien som var placerade i skugga hade lägre WBGT än de som var placerade i direkt solinstrålning. Däremot uppnås högst WBGT vid Annedals klockan 13:00 vid plats 4 (18,1 °C). Plats 4 är placerad i en pergola, i måttlig vind och på grund av solinstrålningens lutning och utformningen av pergolan var instrumentet placerad i sol vid klockan 13:00. Denna mätare var placerad på en stenlagd yta, vilket kan påverka mätarens resultat genom underlagets albedo, som Alghoul m.fl. (2017) och Wallenberg m.fl. (2018) nämner. Högsta och respektive lägsta WBGT vid Ekparkens (tabell 6) kan ses vid plats 4

klockan 14:00 (13,1 °C) respektive plats 2 13:30 (18,7 °C). Plats 4 vid Ekparkens var placerad på en öppen hårdgjord yta med mätare riktad mot söder. Vid klockan 14 hade instrumentet belagts i skugga från närliggande träd och den upplevda vinden hade ökat på platsen, vilket sänker människans upplevda temperatur och där med WBGT. Instrumentet vid plats 2 var exponerat för hög solinstrålning och lä, vilket gav ett högt WBGT.

Vid jämförelsen av resultaten som respektive metod har genererat framkommer det att 11 av 36 simuleringar visar ett lägre WBGT och resterande visar ett högre WBGT än mätningarna (figur 11). Regressionsanalysen visar att korrelationskoefficienten är cirka 0,08. Där 0 betyder att det finns ingen befintlig korrelation mellan mätningar och simuleringar. Med låg korrelation tolkas som att det finns inget som tyder på att mätningar och simuleringar visar samma resultat. Den låga korrelationen mellan använda metoders resultat kan bero på flertalet faktorer, bland annat vindens påverkan, närliggande byggnaders geometri eller använda metoder. En beräkning av Mean Absolut Error visade att simuleringen i snitt beräknade WBGT 2,5 °C fel utifrån mätningarna. Detta visar likväl som den låga korrelationskoefficienten att det är svårt att hitta underlag för att validera metodernas resultat med varandra.

Den tydligaste skillnaden mellan metoderna kan identifieras av den observerade vinden och den simulerade vinden. Vinden påverkar WBGT-instrumentet på en lokal skala (Lemke & Kjellström, 2012). Vid Ekparkens plats 2 och 5 har vindsimuleringen i URock en högre vind än den som observerades på platsen. Detta kan noteras vid flera andra punkter, att det är en högre vind i simuleringen än vid mätningarna. De simuleringarna som har ett mycket högre WBGT gentemot mätningarna, har i simuleringen låg vind vilket inte observerades på någon av platserna vid mätningarna. Eftersom vinden blandar luften och kyler så speglas detta på WBGT då denna är lägre vid mätningar än simulering (Erell & Williamson, 2007). För att kunna diskutera om vindens faktor skiljer metodernas resultat åt, behövs vinddata från respektive mätning. Detta hade krävt egna mätningar av vind, för att kunna eliminera eller stärka vindens påverkan av resultatet. Det är komplext att skapa vindmodeller som tar hänsyn till den turbulens som skapas i urbana områden vid olika byggnadsstrukturer. Simuleringen av WBGT uppskattar vidare till viss del för låga WBGT. Plats 2 Ekparkens visar detta genom att mätningarna vid denna plats har högre WBGT vid mätningarna än vad simulering visar

(Tabell 8). Vid Ekparkens plats 2, var mätaren placerad under en balkong i lä men i direkt solljus vilket troligtvis simuleringen inte kan ha simulerat.

I tabell 7 kan man vidare se resultatet av simuleringar och mätningar vid Annedals plats 2, där det är en tydligare trend med att simuleringar överestimerar WBGT-temperaturen med ett snitt på 4.8 °C under hela tidsperioden. Vid undersökandet av de respektive delarna av beräkningen av WBGT-indexet kan det noteras att denna plats har relativt låg vindhastighet vilket det inte kändes som på platsen. Detta skulle kunna knytas till det faktum att det fanns ett miljöhus placerat i närheten av mätplatsen. Miljöhuset kan ha påverkat simulationen i URock genom att simuleringen antytt att plats 2 var i lä från vinden vilket ökar platsens WBGT (Oke m.fl., 2017). Som nämnts tidigare har beräkningen av WBGT-indexet i simulationen svårare att ge ett korrekt resultat vid låga vindhastigheter (Lemke & Kjellström, 2012), vilket kan vara en av orsakerna till en problematik vid lägre vindhastigheter. Det är av relevans att notera de faktum att mätningar och simuleringar är baserade på 2 dagar mellan klockan 11:00 och 14:00 vid WBGT mellan 10 °C till 25 °C vilket leder till att det inte går att påvisa hur mycket mätningar och simuleringar korrelerar med varandra utöver vid dessa förutsättningar.

Avslutningsvis kan WBGT-indexet vara ett verktyg för att estimerar om det är säkert att vistas utomhus för äldre. Som Budd (2008) beskriver, används indexet idag till att ge riktlinjer till utomhusaktiviteter inom arbets- och miljömedicin samt idrottsmedicin. Vid framtida studier finns det av intresse att modifiera indexet, för användning och implementering för äldre och deras vistelse utomhus. Enhetscheferna från vård- och omsorgsboendena informerar om vid värmeböljor vistas de äldre på boendena inne och ute då respektive boende har varma förhållande både inomhus och utomhus. Detta kan leda till att de äldre har begränsade platser att vistas på vilket kan gör det omöjligt att undkomma risken att utsättas för värmestress och dess komplikationer. Den problematiken ligger utanför studiens syfte, men är relevant för att förstå det faktum att boendesituationen vid vård- och omsorgsboenden står inför en problematisk framtid. Då dagens värmeböljor påverkar negativt kommer framtidens klimat vara ett ännu större problem för äldre och dess välmående. Dessutom finns det en större problematik kring det faktum att dagens generation kommer leva längre än föregående generationer vilket leder till fler utsatta äldre i ett varmare klimat.

6.1 Metoddiskussion

Det är komplicerat att undersöka mikroklimat i komplexa miljöer som i en stad, där många faktorer inverkar på stadsklimatet. Detta ställde stora krav på att simuleringarna ska på ett korrekt sätt urskilja byggnaders geometri, ytor, växtlighet och vind vid simuleringar för mikroklimat. Data som har en upplösning på 1 m blir i det grövsta laget för att kunna simulera klimat på mikronivå. Vinddata på 2 m upplösning ledde till komplikationer vid replikeringen av vinden på en mikronivå. Eftersom mätningar har genomförts på en mikroskala för att uppfatta skillnaden i studieområdet, har det ansetts att 1 m respektive 2 m upplösning på data var stort. Därmed hade data med bättre upplösning med fördel kunnat användas, då det hade kunnat gett mer korrelerade resultat mellan mätningar och simuleringar. Vid eftertanke så hade vidare komplexa mätningar såsom Annedal plats 3 och 4 fått andra platser, för att få bort faktorn av vegetations genomsläpplighet av strålning (50 %) och pergola samt blomlådor. Dessa faktorer gör det till komplexa miljöer att simulera, då data setet inte har parametrerar som blomlådor med i sin data. Det gör det också till komplicerade simuleringen för vegetationen som inte har en default stam höjd på 25 % av höjden. Träden i pergolan hade en hög stam som var på cirka 50–60 % av höjden. Det är saker som skulle kunna ha justerats för ett mer optimalt resultat på de två platserna. Att ha med komplicerade miljöer i studien visar också på att det inte finns en korrekt åter givning av miljön på den upplösningen som använts. Å andra sidan finns det en mening med att göra mätningar på valda platser då det är dessa platser äldre befinner sig på i studieområdena. I en mindre komplex miljö hade simuleringens resultat möjligtvis korrelerat mer med mätningarna. Det har vid granskning setts att plats 1 Ekparkens som observerades var placerad i solen hela mätserien har simuleringen angivit en lägre solstrålning än vad full sol är. Detta kan bero på att vegetationen räknat en för låg trunk zone på 25 % som inte har släppt in solstrålning till mätpunkten. Då solinstrålningen på platsen uppvisar samma värde som för skogen på 50 % av den egentliga. Solinstrålningen mitt på dagen är cirka 650 till 800 W/m² och en halvering av det ger en sänkning av WBGT med cirka 1,95 till 2,4 °C enligt Lemke & Kjellström (2012).

Plats 2 vid Ekparkens är den platsen som genomgående visar lägsta värden från den tendensen till att överskatta WBGT i simuleringarna. I fallet med Ekparkens plats 2 så är det placerat precis under fasaden som skapar en ficka där det var lä under stora delar av mätperioden. Vinddata vid simuleringen för platsen var i snitt 0,83 m/s vilket är högre än vad som upplevdes vid genomförande av mätningarna. Vinden är en stor faktor i hur högt WBGT

uträkningen blir i Liljegren m.fl. (2008) WBGT-beräkning. För varje 0,1 m/s så har det en stor effekt på WBGT upp till 0,7 m/s där den stora effekten börjar avta och blir mindre påtaglig (Lemke & Kjellström, 2012). Detta kan förklaras av att värmen förs bort så effektivt efter ett visst antal m/s att det inte har så stor påverkan på modellens beräkningar då luften som värms upp förs bort (Erell & Williamson, 2007).

Att simulera vind i urbana miljöer är ytterst svårt, med speciella vindmönster skapas det lokal turbulens som skapas på mikroskala. Den vinddata som används är simulerad i URock. URock tar inte hänsyn till att det var lövfria träd och buskar, som den gör med genomsläpplighet på 50 % i solinstrålning i SOLWEIG-verktyget. URock skapar i stället block av vegetationens kronhöjd som den beräknar vindflödet runt (Bernard & Lindberg, 2022). Blocken av trädkronorna som den beräknar syns i figur 8. Bernard & Lindberg (2022) har med simulering av URock en simulering som lämpar sig bättre på att kolla generella vindmönster, än på de mikroklimatet som undersöks i studien. Det kan vara en faktor till varför simuleringen visar en lägre vind än vad som upplevdes på många av platserna. Vilket ger ett högre WBGT än om det hade varit högre vindhastigheter. Resultatet som sticker ut mest från mätningarna är den som har mycket högre eller lägre vind än andra mätningarna. Vilket skulle kunna bero på att det bara är tagna vid ett tillfälle var 10 min i stället för att räkna ut ett snitt av den totala vinden under en 10 min period likt det är gjort för mätningarna. Det är värt att poängtera att URock-modellen är i fortsatt utveckling och är inte en färdig modell. Detta kan leda till att URock i sig är en felkälla som är värd att vi vidare studier jämföra mot andra vindmodeller. Vilket troligen kan påvisas med plats 5 Ekparkens, där det skapas en acceleration av vinden. Där vinddata ligger långt över resterande punkters datavärde. Plats 5 Ekparkens är också en plats som ligger lägre än mätningarna av WBGT och avviker från den generella trenden att överestimera WBGT. Detta är till stor del beroende på det vindmönster som skapas på platsen.

För att undersöka hur mycket vinden påverkade resultatet vid Ekparkens som hade två platser som underestimeras och tre platser som överestimeras. Då genomfördes en ny beräkning av WBGT med vinden som en fast parameter på 1,1 m/s för att se hur en generell vind hade förändrat simuleringens resultat. I tabell 9 så finns skillnaden från båda simuleringarna av WBGT. I tabellen syns det att en fast vind för samtliga platser utan simulering av spatiala skillnader ger ett resultat som avviker mindre från mätningarna. Detta blir tydligt vid

beräkning av MAE för WBGT-resultat som visar på 1,3 °C (1,1 m/s vind) i stället för 1,8 °C (URock vind). Det är inte på alla platser upplevelsen av vinden var så hög som 1,1 m/s, som plats 2 Ekparkens som stod i lä vilket också kan ses i tabell 9 har värden över URock simuleringarna med en lägre vind. Det ger dock en större förståelse till hur vindens påverkan är på Liljegren m.fl. (2008) beräkning av WBGT vilket lyfter känsligheten i att kolla på det på en mikroskala. Det visar avslutningsvis att det går att få ett mer korrelerat resultat om det finns en data som är mer generell som visar på en mesoskala.

6.2 Vidare studier

Under arbetets gång har luckor uppstått och områden som går att studera mer i detalj har identifierats. Exempelvis hade ytterligare mätningar varit relevant för möjligheten att validera modellen för mer än bara denna avgränsning i spatiala, meteorologiska samt tidsmässiga parametrar. Om studiens mätningar och simuleringar genomförts i mindre komplexa områden hade simuleringarna möjligtvis korrelerat mer med mätningarna. De mätplatser som användes i denna studie kan vara svåra att simulera i 1 m upplösning vilket påverkar resultatet. De optimala förhållandena för validering av simuleringen är vid vind fri dag och att mätplatserna var på homogena ytor för att underlätta för komplexa simuleringar.

Då studien visar att vinden är en potentiell faktor för skillnaderna i resultat mellan simuleringar och mätningar, hade vinden varit en viktig faktor att undersöka närmare. Detta genom att exempelvis mäta vinden vid varje mätning med en vindmätare. Vinddata på mikroskala kan användas för att undersöka hur mycket vinden påverkar WBGT samt för att se skillnaden mellan vindsimuleringen och den faktiska vinden på platsen. Vidare kan det vara av syfte att genomföra metoden men med andra former av vindmodeller för att se möjliga felkällor med använd vindmodell. Vidare kan det vara av relevans att applicera metoden på andra studieområden för möjligheten att dra slutsatser kring WBGT på en större skala som omfattar större spatiala områden.

WBGT-indexets riktlinjer är idag inte anpassat till äldre och deras aktiviteter, vilket kan vara relevant att utveckla för användandet av metoden för minskning av risken för värmeslag. Avslutningsvis kan det finnas ett intresse i att undersöka och intervjua äldre som bor i studieområdena med syfte att få en ännu större inblick i problematiken kring äldre och varmt väder.

7. Slutsatser

- ❖ Utemiljöerna används i den dagliga verksamheten på respektive vård- och omsorgsboende. Den termiska komforten tas hänsyn till och vistelser utomhus begränsas under varma dagar. Åtgärder vidtas för att minska påfrestningar hos boenden där personliga preferenser och mobilitet påverkar vistelser utomhus.
- ❖ WBGT skiljer sig mellan olika mätplatser i studieområdena eftersom skugga, sol och vind varierar under olika tidpunkter av dagen. Variationer av mikroklimatet återses i skillnader i WBGT mellan platser i respektive studieområde.
- ❖ 25 ut av 36 simuleringarna överestimerar WBGT gentemot mätningarna med i snitt 2,5 °C.
- ❖ Uträkningen av WBGT är känslig för solinstrålning och vind. Rätt vinddata samt solinstrålning behövs för ett korrelerat resultat vid vidare studier.

8. Referenser

Alfano, Francesca & Palella. (2012). On the Problems Related to Natural Wet Bulb Temperature Indirect Evaluation for the Assessment of Hot Thermal Environments by Means of WBGT. *The Annals of Occupational Hygiene*. 56(9), 1063-1069.

Bergeron, M., Bahr, R., Bärtsch, P., Bourdon, L., Calbet, J., Carlsen, K., . . . Engebretsen, L. (2012). International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 46(11), 770–779.

Budd, G. M. (2008). Wet-bulb globe temperature (WBGT)—its history and its limitations. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(1), 20-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.07.003>

Erell, E., Pearlmutter, D., Boneh, D., & Kutiel, P. (2014). Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons. *Urban Climate*, 10(2), 367–386. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2013.10.005>

Erell, E., & Williamson, T. (2007) Intra-urban differences in canopy layer air temperature at a mid-latitude city. *International journal of climatology*. 27: 1243–1255, 2007. DOI: 10.1002/joc.1469

Esaiasson, P., Gilljam, M., Oscarsson, H., Towns, A., & Wängnerud, L. (2017). *Metodpraktikan: Konsten att studera samhälle, individ och marknad* (Femte upplagan ed.).

European Commission. (2022). Urban air temperature and wind speed variability: Empirical modeling to improve planning applications. Hämtad 2022-03-25 från <https://cordis.europa.eu/project/id/896069>

Farjami, A. (2020). How Are the Wet Bulb Globe Thermometer Components Affected by the Microclimatic Environment?. (Kandidatuppsats, Göteborgs universitet, Sverige). Hämtad 2022-05-02 från

https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/66397/gupea_2077_66397_1.pdf;jsessionid=91A1089CD4EEB1670D7C335549E269ED?sequence=1

Folkhälsomyndigheten. (2015). Hälsoeffekter av höga temperaturer – En kunskapssammanställning.

Hämtad 2022-05-12 från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/e39b425555f44a3ba05aa0dbaa956c43/haloeffekter-hoga-temperaturer-15048-webb.pdf>

Google Play. (2022). SW Maps - GIS & Data Collector. Hämtad 2022-05-09 från <https://play.google.com/store/apps/details?id=np.com.softwel.swmaps&hl=en&gl=US>

Gundersen, V., Frivold, L.H., Löfström, I., Jørgensen, B.B., Falck, J. & Bernt-Håvard Øyen, B.-H. (2005). Urban woodland management – The case of 13 major Nordic cities, Urban Forestry & Urban Greening. 3. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2005.03.001>.

Göteborg Stad. (2014). Grönstrategi för en tät och grön stad. Hämtad 2022-04-04 från: <https://goteborg.se/wps/portal/start/kommun-o-politik/kommunens-organisation/forvaltningar/park--och-naturforvaltningen/vara-verksamheter/gronstrategi-for-en-tat-och-gron-stad>

Göteborgs stad. (u.å.). Hitta vård- och omsorgsboende. Hämtad 2022-04-25 från <https://goteborg.se/wps/portal/start/aldre/boenden-for-aldre/vardotsorgsboende/hitta-vardotsorgsboende/?page=1>

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press.

ISO 7726, E. N. (1998). Ergonomics of the thermal environment—instruments for measuring physical quantities. *Geneva Int Stand Organ.*

Kjellström, E., Abrahamsson, R., Boberg, P., Jernbäcker, E., Karlberg, M., Morel, J., m.fl.. (2014). Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget, SMHI. Hämtad 2022-05-12 från <http://smhi.diva-portal.org/smash/get/diva2:948090/FULLTEXT01.pdf>

Konarska, J., Holmer, B., Lindberg, F., & Thorsson, S. (2016). Influence of vegetation and building geometry on the spatial variations of air temperature and cooling rates in a high latitude city. *International Journal of Climatology*, 2016, Vol. 36, Iss. 5, 36(5), *International Journal of Climatology*, 2016, Vol. 36, Iss. 5. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4502>

Konarska, J., Lindberg, F., Larsson, A., Thorsson, S., & Holmer, B. (2013). Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees—application for outdoor thermal comfort modelling. *Theoretical And Applied Climatology*. 117. 1–14. DOI: 10.1007/s00704-013-1000-3.

Kownacki, K. L., Gao, G., Kuklane, K., & Wierzbicka, A. (2019). *Heat Stress in Indoor Environments of Scandinavian Urban Areas: A Literature Review*. *int. j. environ. res. public health* 2019, 16 (4), 560. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1444. DOI: <https://10.3390/ijerph16040560>

Kueh, M. & Lin, C. (2020). The 2018 summer heatwaves over northwestern Europe and its extended-range prediction. *Scientific Reports*, 10(1), 19 283.

Lantmäteriet. (u.å.). Vad är ett GIS? Hämtad 2022-03-24 från <https://www.lantmateriet.se/sv/Om-Lantmateriet/lantmateriet-i-skolan/geoskolan/lektioner-med-gis-for-grundskolan/vad-ar-ett-gis/>

Lemke & Kjellström. (2012). Calculating Workplace WBGT from Meteorological Data: A Tool for Climate Change Assessment. *Industrial health*. 50. 267-78.

Liljegren, J. C., Carhart, R. A., Lawday, P., Tschopp, S., & Sharp, R. (2008). Modeling the Wet Bulb Globe Temperature Using Standard Meteorological Measurements, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 5:10, 645-655, DOI: [10.1080/15459620802310770](https://doi.org/10.1080/15459620802310770)

Lindberg, F. & Bernard, J., (2022) Method Description-UROCK. Manuskript framläggas för publikation.

Lindberg, F., Johansson, P., & Thorsson, S. (2012). Rumslig variation av strålningstemperatur i Hjorthagen och på Östermalm. Hämtad 2022-05-04 från <https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/klimat/varme/Str%C3%A5lningstemperatur-Hjorthagen-%C3%96stermalm-2012.pdf>

Lindberg, F., Thorsson, S., Rayner, D., & Lau, K. (2016). The impact of urban planning strategies on heat stress in a climate-change perspective. *Sustainable Cities and Society*, 2016, Vol. 25, Pp. 1-12, 25, 1-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.004>

Lindberg, F., Grimmond, C.S.B., Gabey, A., Huang, B., Kent, C.W., Sun, T., ..., Xue, L. (2018). Urban Multi-Scale Environmental Predictor (UMEP): An integrated tool for city-based climate services. *Environmental Modelling & Software*, 99, 70–87, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.09.020>

Lindberg, F., Holmer, B., & Thorsson, S. (2008). SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. *Int J Biometeorol* 52, 697–713 (2008). <https://doi.org/10.1007/s00484-008-0162-7>

Lieblisch, M. (2016) *wbgt.c*. University of Washington, 2016 <https://github.com/mdljts/wbgt/blob/master/src/wbgt.c>

Malmquist, A., Hjerpe, M., Glaas, E., Karlsson, H., Lassi, T. (2022) *Elderly People's Perceptions of Heat Stress and Adaptation to Heat: An Interview Study*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(7):3775.

<https://doi.org/10.3390/ijerph19073775>

Meade, R.D., Akerman, A.P., Notley S.R., McGinn, R., Poirier, P., Gosselin, P., Kenny, G.P. (2020). *Physiological factors characterizing heat-vulnerable older adults: A narrative review*. *Environment International*, Volume 144, 105909, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105909>.

Ministry of the environment. (u.å). Heat stress index: WBGT. Hämtad 2022-05-10 från https://www.wbgt.env.go.jp/en/graph_ref_td.php?region=03&prefecture=44&point=44132

National weather service. (u.å). WetBulb Globe Temperature. Hämtad 2022-05-10 från <https://www.weather.gov/tsa/wbgt>

Oke, T. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1(3), 237-254.

Oke, T. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 1982; 108 (455): 1-24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>

Oke, T. (1988). The urban energy balances. *Progress in Physical Geography*. 1988;12(4):471-508. DOI: 10.1177/030913338801200401

Oke, T., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. (2017). *Urban Climates*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781139016476

PCE Instruments. (2021). Heat Stress Meter PCE-WB 20SD [Broschyr]. PCE Instruments.

QGIS (u.å) QGIS - The Leading Open-Source Desktop GIS. Hämtad 2022-03-25 från <https://www.qgis.org/en/site/about/index.html>

Rocklöv, J., & Forsberg, B. (2008). The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998--2003: a study of lag structures and heatwave effects. *Scandinavian journal of public health*, 36(5), 516–523. <https://doi.org/10.1177/1403494807088458>

Svenska Meteorologiska Hydrologiska Institutet [SMHI]. (2011). Värmeböljor i Sverige. Hämtad den 2022-05-12 från https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.16889!/webbFaktablad_49.pdf

Svenska Meteorologiska Hydrologiska Institutet [SMHI]. (2018). Sommaren 2018 - Extremt varm och solig. Hämtad 2022-05-21 från [https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/arets-vader/sommaren-2018-extremt-varm-och-solig-1.138134#:~:text=I%20st%C3%B6rre%20delen%20av%20G%C3%B6taland%20och%20Svealand%20var%20%C3%A5rets%20sommar,%20och%20G%C3%B6teborg%20\(1860\).](https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/arets-vader/sommaren-2018-extremt-varm-och-solig-1.138134#:~:text=I%20st%C3%B6rre%20delen%20av%20G%C3%B6taland%20och%20Svealand%20var%20%C3%A5rets%20sommar,%20och%20G%C3%B6teborg%20(1860).)

Socialstyrelsen. (2021). *Vård och omsorg för äldre - Lägesrapport 2021*. Hämtad 2022-04-14 från <https://www.socialstyrelsen.se/globalassets/sharepoint-dokument/artikelkatalog/ovrigt/2021-3-7249.pdf>

Statistiska Centralbyrån [SCB]. (2021). *Befolkningsstatistik*. Hämtad 2022-03-27 från <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/>

Statistiska Centralbyrån [SCB]. (2022). *Osäker framtid med anledning av invasionen av Ukraina*. Hämtad 2022-04-14 från <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningsframskrivningar/befolkningsframskrivningar/pong/statistiknyhet/sveriges-framtida-befolkning-2022-2070/>

Thorsson, S., Rayner, D., Lindberg, F. m.fl. Present and projected future mean radiant temperature for three European cities. *Int J Biometeorol* 61, 1531–1543 (2017). <https://doi.org.ezproxy.ub.gu.se/10.1007/s00484-017-1332-2>

Thorsson, S., Lindberg, F., Eliasson, I. and Holmér, B. (2007). *Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting*. *Int. J. Climatol.*, 27: 1983–1993. <https://doi.org/10.1002/joc.1537>

Thorsson, S., Rayner, D., Palm, G., Lindberg, F., Carlström, E., Börjesson, M., . . . Holmer, B. (2021). Is Physiological Equivalent Temperature (PET) a superior screening tool for heat stress risk than Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) index? Eight years of data from the Gothenburg half marathon. *British Journal of Sports Medicine*, 2021, Vol. 55, Pp. 825-830, 55, 825–830.

UMEP Tutorials. (u.å.). (a). Introduktion. Hämtad 2022-03-25. från <https://umep-docs.readthedocs.io/en/latest/Introduction.html>

UMEP Tutorials (u.å.). (b). Thermal Comfort – Introduction to SOLWEIG. Hämtad 2022-03-25 från <https://umep-docs.readthedocs.io/projects/tutorial/en/latest/Tutorials/IntroductionToSolweig.html>

UMEP Tutorials (u.å.). (c). 14.2. SOLWEIG Manual. Hämtad 2022-03-25 från <https://umep-docs.readthedocs.io/en/latest/OtherManuals/SOLWEIG.html>

Wallenberg, N., Thorsson, S., Lindberg, F., & Holmer, B. (2018). *Värmestress I Urbana Utomhusmiljöer – Förekomst Och Möjliga åtgärder I Befintlig Bebyggelse*, 2018. Hämtad 2022-03-29 från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/e5286456e91c442a923c6884d84f79be/varmestress-urbana-utomhusmiljoer-18061-webb-181112.pdf>

Åström, C., Bjelkmar, P., & Forsberg, B. (2019). Ovanligt många dödsfall i Sverige sommaren 2018 - Drygt 600 kan ha dött till följd av värmeböljan [High mortality during the 2018 heatwave in Sweden]. *Lakartidningen*, 116, FLFH.

9. Bilagor

9.1 Mätplatser – Annedals

Plats 1:



Plats 2:



Plats 3:



Plats 4:



Plats 5:



9.2 Mätplatser – Ekparkens

Plats 1:



Plats 2:



Plats 3:



Plats 4:



Plats 5:



9.3 Intervjuguide

Informantintervju

Introfrågor

- ❖ Kan du berätta lite om dig själv och din uppgift/ansvar här på äldreboende

Frågor kring äldreboendet

- ❖ Vilket typ av boende är det?
- ❖ Vilka personer har ni som boende? Mobilitetsförmåga?

Platser som äldre vistas på

- ❖ Vart är platserna (koordinater)?
- ❖ Hur länge vistas det på platserna?
- ❖ Vilka ute-aktiviteter sker?
- ❖ Har boende tillgång till att röra sig fritt?
- ❖ Är det en del av er dagliga verksamhet att vistas utomhus? Vilka timmar?

Hur upplevs värmen?

- ❖ Påverkar värmen de äldre hos er? I så fall hur?
- ❖ Upplever ni utomhus värmen som en problematik hos er?
- ❖ När det väl är varmt, vart befinner ni er då främst? och vart är ni inte?
- ❖ Finns det några kända åtgärder som görs vid hög värme?

Övrigt

- ❖ Har du något som du vill ta upp med oss?

9.4 Meteorologisk data

2022-04-21

Tid	Vindriktning (°)	Vindhastighet (m/s)	T _a (°C)	Luftfuktighet (%)	Tryck (mb)	K _{down} (W/m ²)
11:30	79,2	5,9	14,5	34,9	1010	752,7
12:00	81,1	6	14,7	34,3	1010	806
12:30	82	5,1	15,8	31,0	1010	751,9
13:00	84,8	5,5	15,8	31,3	1010	747,9
13:30	76,9	4,7	16,2	32,3	1010	735
14:00	76,8	4,8	16,2	33,4	1010	697,8

Källa: Göteborgs universitet, meteorologiska station vid institutionen för geovetenskaper, stations nr: 71 420

2022-04-22

Tid	Vindriktning (°)	Vindhastighet (m/s)	T _a (°C)	Luftfuktighet (%)	Tryck (mb)	K _{down} (W/m ²)
11:30	81	4,8	14,8	41,1	1010	742,4
12:00	80,3	4,7	15,2	39,4	1010	810
12:30	80,4	4,5	15,8	38,3	1010	754,2
13:00	90,8	5,6	16,6	35,0	1010	774,7
13:30	97,9	5,2	16	34,9	1010	742,2
14:00	71,4	3,5	16,8	34,5	1010	711,9

Källa: Göteborgs universitet, meteorologiska station vid institutionen för geovetenskaper, stations nr: 71 420

9.5 Annedals vindjämförelse

Tabell över Annedals mätningar, simuleringar och skillnaden mellan dessa. Enheten är °C.

	Tid	Mätning	Simulering (URock)	Δ (mätning- URock)	Simulering (1,1 m/s)	Δ (mätning- 1,1m/s)
Plats 1	11:30	15,9	16,9	-1,0	16,7	-0,8
	12:30	18,1	19,4	-1,3	17,2	0,9
	13:30	17,9	24,3	-6,3	17,1	0,9
Plats 2	11:30	13,8	18,0	-4,2	16,2	-2,4
	12:30	15,4	21,3	-5,8	16,7	-1,3
	13:30	15,1	19,1	-3,9	16,8	-1,7
Plats 3	11:30	10,4	14,7	-4,3	14,1	-3,8
	12:30	14,0	15,7	-1,7	14,8	-0,8
	13:30	12,1	11,4	0,6	11,4	0,7
Plats 2	12:00	15,0	19,3	-4,3	17,2	-2,2
	13:00	15,4	20,0	-4,5	16,6	-1,2
	14:00	15,0	21,4	-6,4	17,0	-2,0
Plats 4	12:00	15,4	15,3	0,1	14,8	0,6
	13:00	12,8	17,0	-4,2	15,3	-2,5
	14:00	16,3	16,7	-0,3	15,1	1,2
Plats 5	12:00	14,0	15,1	-1,2	14,7	-0,7
	13:00	15,9	17,6	-1,7	16,9	-1,0
	14:00	15,9	20,4	-4,5	16,7	-0,9