

FEBRUARI 2022 rev 2022-04-25
FÖR NACKA PORT FASTIGHETS AB

LOKALKLIMATUTREDNING FÖR NACKA PORT, KVARTERET KLINTEN

Marie Haeger-Eugensson, Christine Achberger, Frans Olofson,
Marian Ramos Garcia och Sara Jäger

COWI

FEBRUARI 2022 rev 2022-04-25
FÖR NACKA PORT FASTIGHETS AB

LOKALKLIMATUTREDNING FÖR NACKA PORT, KVARTERET KLINTEN

PROJEKTNR. DOKUMENTNR.
A134186 A134186-4-02-RAP-004

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
3	Februari 2022	Uppdaterad rapport	Marie Haeger-Eugensson Christine Achberger Frans Olofson Marian Ramos Sara Jäger	Helen Nygren	

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	6
2	Inledning	7
2.1	Bakgrund	7
2.2	Syfte	7
2.3	Planområdet	8
3	Klimatkomfort och hälsoaspekter utomhus	9
3.1	Vind och den mänskliga upplevelsen av vind	9
3.2	Termiska förhållanden	11
4	Metod	13
4.1	Modellering av vind och strömningsförhållanden i området	13
4.2	Termisk komfort utomhus	15
5	Resultat	17
5.1	Vindstudien	17
5.2	Strålningstemperatur	25
6	Diskussion	28
6.1	Vindförhållanden	29
6.2	Strålningstemperatur	30
7	Referenser	31

BILAGOR

Bilaga A	Beskrivning TAPM-modellen
Bilaga B	Beskrivning MISKAM-modellen
Bilaga C	Tidigare genomförda vindberäkningar

1 Sammanfattning

På uppdrag av Nacka Port Fastighets AB har COWI utfört en utredning avseende lokalklimat i samband med planläggning av kvarteret Klinten, i Sickla, Nacka kommun. Syftet med utredningen är att kartlägga lokalklimatet i det planerade kvarteret avseende vindkomfort och utomhus temperatur i gatunivå. I tillägg har vindkomforten bedömts på takterrasser och två större balkonger som ligger på olika höjder över marken. I kvarteret kommer det att uppföras byggnader med en höjd på upp till 133 m, vilket påverkar utomhusförhållanden betydligt med avseende på vind- och solförhållanden.

Vind i markplan: Vid bedömning av vindförhållanden har tre olika vindkomfortskriterier använts som är lämpliga för olika typer av aktiviteter: a) långvarigt stillasittande (t ex parker och uteserveringar), b) kortvarigt stillasittande (t.ex. busshållplats) och c) kortvarig vistelse för passage, (t ex GC-banor). Utredningen visar att förutsättningar för långvarigt stillasittande i markplan i kvarteret är generellt goda på "Södervänd plats" inom Klinten och "Bostadsgård" då dem ligger skyddade. Gång- och cykelstråken runt kvarteret är något mindre skyddade för vinden, men uppfyller kraven för kortvarigt stillasittande, vilket även är av fördel för områden och stråk som är främst avsedda för passager. För kortvarigt stillasittande finns det i stort sett inte några begränsningar vare sig inne i eller utanför öster om kvarteret. Det kan dock bli en viss vindförstärkning in emellan husen. De högsta vindhastigheterna återfinns på platsen öster om kv. Klinten.

Vind på takterrasser: Beräkningar visar att det finns goda förutsättningar för god vindkomfort på terrass G, som ligger mellan tornen och är den lägst belägna terrassen. Vid Fronten har delar av takterrasserna på byggnad A, C och E så pass god vindkomfort att man kan planera för långvarigt stillasittande. Byggnaderna B och D är något högre och därmed mer exponerade för vinden. Kungsbalkongerna på dessa två byggnader och byggnadernas takterrasser blir enligt dessa beräkningar för blåsiga för att klara kriteriet för långvarigt stillasittande. Åtgärder avseende både vertikala skärmar och gärna i kombination med vegetation rekommenderas på Kungsbalkongerna.

Temperaturförhållanden: Kvarterets temperaturförhållanden präglas av de höga tornen och den kompakta bebyggelsen. Bostadsgården beläget mellan den planerade bebyggelsen är i skugga mer än hälften av tiden, även på våren och sommaren. Det är därför risk att Bostadsgården kommer uppfattas som kylig under stora delar av året. Gångvägen öster om kvarteret i anslutning till Uddvägen är solbelyst under första delen av dagen på våren och sommaren, vilket kan ge en viss risk för höga strålningstemperaturer under varma och soliga sommardagar. Risken finns att planområdet kan uppfattas som kyligt under stora delar av året på grund av begränsad solinstrålning samt att bebyggelsen förstärker vinden på vissa platser.

Eventuella åtgärder: Beroende på ytornas funktion kan det finnas behov av åtgärder för att skydda mot vinden och på så sätt förbättra vindkomforten. Områden där vindförstärkning har identifierats skulle till exempel åtgärder som inkluderar vegetation kunna bromsa vinden.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Västra Sicklaön i Nacka kommun ska enligt planen för området utvecklas till en tät och blandad stad. Planområdet pekas ut som potentiellt lämplig plats för att pröva högre bebyggelse, enligt kommunens dokument "Förhållningssätt till höga hus i Nacka stad".

I Sickla pågår för närvarande flera parallella stadsbyggnadsprojekt som omfattar både bostadshus och kontorshus. Denna utredning omfattas av enbart Nacka port, kvarteret Klinten, med byggnader på upp till 40 våningar. I de angränsande områdena finns redan idag en hel del bebyggelse, även högre punkthus. Omgivande bebyggelse har dock varit inkluderad i de genomförda vindberäkningarna varpå effekten av även dessa byggnader finns inkluderade i beräkningarna.

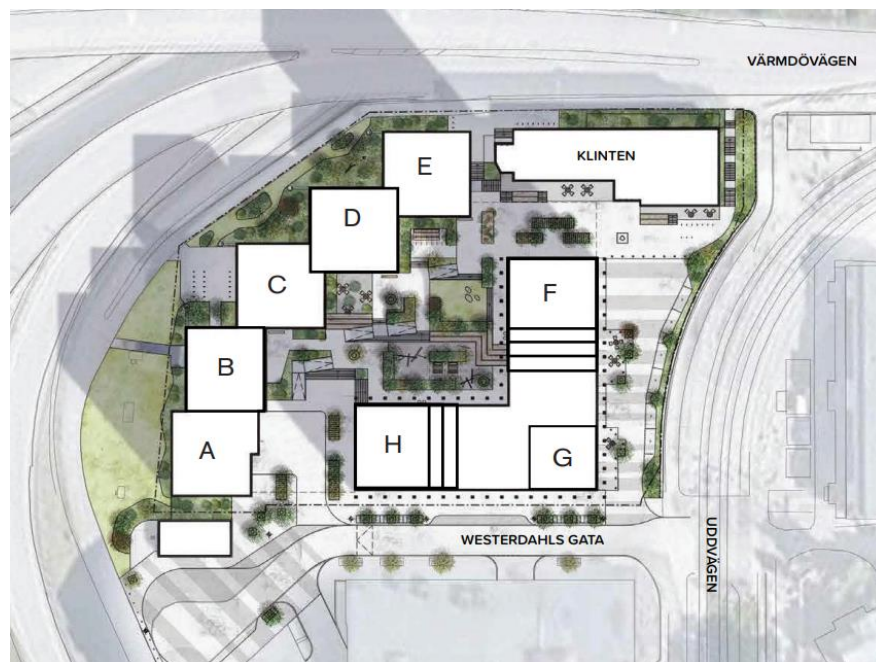
Eftersom bebyggelsen i området är och kommer vara hög vill man få bättre förståelse för hur den nya bebyggelsen inverkar på lokalklimatet i den omgivande miljön med avseende på främst vind och solljus och dagsljus.

2.2 Syfte

Syftet med utredningen är att kartlägga lokalklimatet i det planerade kvarteret Klinten, Nacka port i Sickla i Nacka kommun avseende vind, temperatur och dagsljus. En bättre förståelse av de lokalklimatologiska förhållandena underlättar planarbetets mål att skapa attraktiva platser utomhus för olika ändamål och aktiviteter (t.ex. vindstilla lekplatser, innegårdar med solljus). I områden med hög och tät bebyggelse är det särskilt viktigt att ta hänsyn till de lokalklimatologiska förhållandena redan tidigt i planeringen för att dels undvika mörka och blåsiga områden, men även områden som kan bli för varma på sommaren p.g.a. för lite skugga och för mycket hårdgjorda ytor.

2.3 Planområdet

Planområdet omgärdas av Värmdövägen i norr och Uddvägen i öster. Söder om planområdet ligger Westerdahls gata. De nya byggnader som kommer att uppföras i planområdet är markerade med bokstäverna A till G i *Figur 1*, "Klinten" är en befintlig byggnad.



Figur 1: Situationsplan över planområdet Nacka Port, kvarteret Klinten. Byggnaderna som kommer att uppföras är markerade med bokstäverna A till G, "Klinten" är en befintlig byggnad.

Vid utvärderingen av resultaten i denna utredning har kommer nedanstående fokusområden att diskuteras. I *Tabell 1* ges en kort förklaring till punkterna och i vissa fall den planerade användningen av området.

Tabell 1. Fokusområden och deras läge.

1	Westerdahls gata, gång- och cykelväg	
2	Södervänd plats	
3	Bostadsgård	
4	Plats framför Klintens färgfabrik	
14	Gångväg mellan Uddvägen och Värmdövägen samt plats framför Klinten	

3 Klimatkomfort och hälsoaspekter utomhus

Människors upplevelse av utomhusförhållanden med avseende på väder styrs av en rad faktorer där temperatur, solinstrålning, vind och luftfuktighet påverkar kroppens värmebalans och människans upplevelse. När det blåser kraftigt samtidigt som temperaturen är låg (<10 °C) upplevs temperaturen som lägre än vad termometern visar. Riktigt varma sommardagar kan å andra sidan en fläktande vind ge tillräcklig svalka för att det ska bli komfortabelt. När det är varmt och luftfuktigheten samtidigt är hög upplevs temperaturen ofta som varmare än vad termometern visar, eftersom den höga luftfuktigheten gör att svettning inte är lika effektivt för avkylning som vid låg luftfuktighet. Andra faktorer som påverkar upplevelsen är vilken typ av aktivitet man utför och hur mycket kläder man har på sig. Generellt kan sägas att människor är mest tillfreds med de termiska förhållandena när dessa är "neutrala", det vill säga när det varken är för kallt eller för varmt. Det är vid dessa förhållanden som vi upplever "thermal comfort", termisk komfort.

Till följd av sitt vindutsatta läge har klimatudredning för Sickla särskilt fokuserat på vindkomfort, men även termisk komfort kommer att beaktas. Nedan ges en kort introduktion till hur komfort avseende vind och temperatur kan beräknas.

3.1 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind

I vårt nordliga klimat med övervägande låga temperaturer har vinden en stor inverkan på hur människor upplever vistelsen utomhus. Vid låga vindhastigheter upplevs "olägenheter" till följd av dels vinden s.k. byighet (d.v.s. när vinden byter riktning plötsligt och ofta) dels dess avkylande effekt. Vindens effekt och därmed dess olägenhet ökar snabbt med vindhastigheten. Vid högre vindhastighet och ökad byig vind blir vindtrycket den effekt som ger försämrad komfort. När det blåser > 5 m/s upplevs därmed vinden ofta som störande, men i vilken grad den upplevs som besvärande är individuellt och beror mycket på aktivitet.

Vid utvärdering av vindkomforten används ofta den "upplevda vinden" istället för den uppmätta vinden. Då byigheten i bebyggda områden ofta är högre än på exempelvis ett öppet fält, är den upplevda vindhastigheten i bebyggda områden för det mesta något högre än den uppmätta eftersom byigheten är högre. Enligt Glaumann och Westerberg (1988) kan den upplevda vindhastigheten relateras till den uppmätta, d.v.s. inklusive byigheten, enligt:

$$u_{upplevd} = 0,85 * (1 + I) * u_{uppmätt} \quad (1)$$

där I är mått på turbulensintensiteten. Ett typiskt värde för I är 0,6, t ex om man befinner sig nedströms om en byggnad. Med hjälp av denna omräkning kommer till exempel värdet 5 m/s, som är gränsvärdet för årsmedel som ej bör överskridas på gång och cykelbanor, överskridas redan när den *uppmätta* vindhastigheten är 3,7 m/s eller högre. I Tabell 2 redovisas årsmedelvärden för upplevda och uppmätta vindhastigheter som ej bör överskridas i olika typer av miljöer.

Vindmiljön bedöms i vilken grad människor upplever en sämre komfort, baserat på några olika kriterier som visas i Tabell 2.

För att en plats ska ha godtagbara vindförhållanden krävs det att den upplevda vindhastigheten för respektive aktivitet inte ska överskridas under mer än en viss procentuell andel av tiden under ett genomsnittligt år (Tabell 2).

Generellt gäller att godtagbara vindförhållanden för stillasittande/stillastående aktiviteter innebär både lägre gränsvärde för årsmedelvindhastigheten och mindre andel av tiden som detta gränsvärde får överskridas, än vid rörliga aktiviteter så som promenad eller cykling. Även vistelsetiden spelar roll. Detta innebär att på platser som främst är avsedda för kortvariga vistelser och där man förväntas vara i rörelse som t ex gång- och cykelvägar kan högre vindhastigheter under en större andel av tiden accepteras, jämfört med torg eller lekplatser där människor förväntas vistas längre och vara stillasittande.

Tabell 2. Bedömningsgrunder för vindkomfort enligt Glaumann och Westerberg 1988. Blåmarkerad kolumn avser uppmätt vindhastighet vilken används i denna studie.

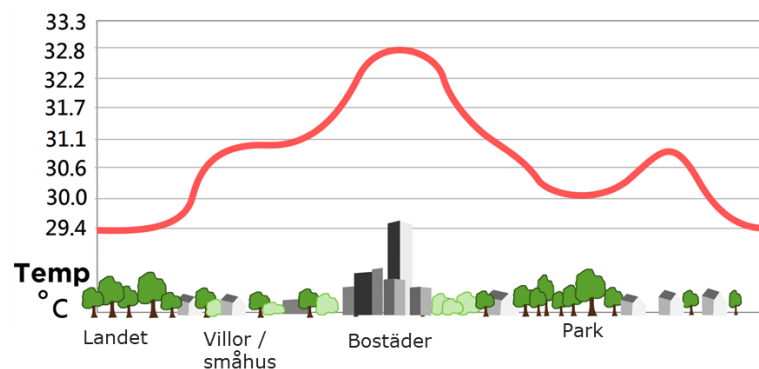
Vistelsemiljö	Årsmedelvärde för upplevd vindhastighet som ej bör överskridas (m/s)	Årsmedelvärde för uppmätt/bereknad vindhastighet som ej bör överskridas (m/s)	Andel timmar under ett år (%) som vinden ska understiga den upplevda vinden
Gång- och cykelvägar – risk för personskador	5	3,7	50 %
Kortare uppehåll, (torg, hållplatser) – gräns för acceptabla förhållanden	3	2,2	80 %
Längre uppehåll stillasittande (uteplatser, lekplatser) – gräns för önskvärda förhållanden	1,5	1,1	99,5 %

3.1.1 Vind i tätbebyggda områden

Jämfört med öppna ytor ger bebyggelsen skydd mot vinden på den aktuella platsen. Detta innebär att medelvindhastigheten i marknivå blir lägre jämfört med om platsen hade varit utan bebyggelse. Å andra sidan ökar bebyggelsen markytans råhet, vilket gör att turbulensen och bygheten ökar. Höga byggnader kommer dessutom i kontakt med luftskikt högre upp över marken där vindhastigheten är större än i markplan där människorna vistas. Detta kan leda till att höga byggnader leder ner de kraftigare vindarna till markplan, särskilt vid byggnader som är betydligt högre än omgivningen. I kombination med bebyggelsens rumsliga struktur kan detta leda till att det uppstår speciellt blåsiga ställen runt huskropparna, i gaturum eller på torg.

3.2 Termiska förhållanden

Förutom vinden är även de termiska förhållandena mycket avgörande för upplevelsen av utomhuskomforten i det urbana rummet. Även höga temperaturer kan ge negativa hälsoeffekter på människor vilket har uppmärksammats mer under senare år. De termiska förhållandena, s.k. termisk komfort (utomhus), är delvis ett subjektivt begrepp och styrs av lufttemperatur, vind, luftfuktighet, solinstrålning, metaboliskt värme och kläders förmåga att isolera (Mukherjee och Mahanta, 2014). På senare år har man även funnit att den termiska komforten beror på den så kallade strålningstemperaturen, som i sin tur styrs av solinstrålningen, materialet i marktäcket samt möjligheten till reflektioner av utgående värmestrålning (se vidare kap 3.4). Till skillnad från obebyggda områden finns större andel hårdgjorda ytor i staden som till exempel vägar, trottoarer, husfasader, tak etc. Hårdgjorda ytor har andra egenskaper än naturliga ytor med avseende på värmelagringsskapacitet, reflektion av inkommande solinstrålning och hur mycket av solenergin som kan gå till avdunstning. De lodräta byggnadsfasaderna i staden gör att det finns en mycket större yta som kan värmas upp av solinstrålningen och som kan lagra värme jämfört med om samma markyta hade varit obebyggd. Av den anledningen är städer, särskilt stora, tätbebyggda sådana, ofta några grader varmare än den omgivande landsbygden, vilket kallas för urban värmeö. Medan det kan anses som en positiv effekt, särskilt i kallt klimat, kan det förstärka värmebelastningen under varma sommardagar. Effekten kan ses i Figur 2 som visar en temperaturprofil tvärs genom en stad. De centrala delarna är i detta fall > 3 °C varmare än omgivande områden. Här ses också att parken har en avkylande effekt.



Figur 2. Temperaturprofil tvärs genom en stad.

När det gäller hälsoeffekter till följd av höga temperaturer finns det flera studier som visar att högst hälsopåverkan ses då nattetemperaturen överstiger 26°C under minst 3 dygn i rad (källa: Climate Model Berlin, Department for Urban Development and Housing). Förklaringen är att människor påverkas i högre utsträckning om det inte finns en möjlighet att ventilerar ut bostaden under natten och därmed erhålla dräglig temperatur nattetid. I flera länder, däribland Sverige, utfärdas därför numer varningar för höga temperaturer (se Tabell 3) så att t.ex. sjukvård och äldreboende blir mer förberedda, samt människor generellt kan planera aktiviteter efter värmen.

Tabell 3. Befintliga gränser för varningar vid värmeböljor avseende lufttemperatur.

Typ av varning	Gräns temperatur och tidslängd
48 timmars förvarning	Om maxtemperaturen förväntas bli minst 26 °C under 3 dygn i följd.
Klass 1-varning till allmänheten	Om maxtemperaturen förväntas bli minst 30 °C under 3 dygn i följd
Klass 2-varning till allmänheten	Om temperaturen förväntas bli minst 30 °C grader under mer än 5 dygn eller minst 33 °C under 3 dygn

3.2.1 Strålningstemperatur T_{mrt}

Under varma perioder lagrar tätbebyggda, urbana miljöer med många husfasader och hårdgjorda ytor stora mängder termisk energi från solinstrålningen dagtid. I takt med att huskropparna och markbeläggning värms upp börjar dessa också avge en del av värmen genom strålning och även konvektion. Detta leder till att luften värms upp av värmestrålning från väggar och varm mark. Dessutom sker ytterligare uppvärmning genom reflektion av solljus mot väggar och mark. Effekten av dessa processer blir tydligt märkbara när man befinner sig nära en solbelyst vägg. I den urbana, mera "slutna" miljön är därför lufttemperaturen en otillräcklig indikator för människans termiska upplevelse. Istället är den s.k. "mean radiant temperature" (T_{mrt}), den "genomsnittliga strålningstemperaturen", en bättre indikator. Denna tar hänsyn till både kortvågig (synligt ljus) och långvågig (värme) strålning som människan exponeras för. Det är således inte lufttemperaturen som är den viktigaste meteorologiska faktorn som styr människans energibalans och därmed den termiska komforten och påverkan på hälsan vid värmestress. Det är istället främst den summerade kort- och långvågiga strålningen, representerad av T_{mrt} .

I Sveriges övervägande kyliga klimat är det än så länge förhållandevis liten risk att långvariga höga sommartemperaturer och värmeböljor inträffar, dock är förekomsten av enstaka riktigt varma somrardagar inget ovanligt. Med den globala uppvärmningen ökar emellertid risken för att det kommer inträffa fler och även mer långvariga varma perioder i framtiden. Eftersom både framtida klimat och en tätare bebyggelse förväntas ge ökade urbana temperaturer är det viktigt att utreda lokala effekter från byggandet. Om det visar sig att den föreslagna bebyggelsen ger för höga lokala temperaturer kan åtgärder föreslås och även testas om dessa frågor hanteras redan i detaljplaneskedet.

Det finns i dagsläget inte lika tydliga bedömningsgrunder för vanlig lufttemperatur eller för strålningstemperatur som för vindstyrka. På senare år har det framkommit en hel del vetenskapliga studier som visar att strålningstemperaturen är ett bättre mått på hälsoeffekter till följd av höga temperaturer. Ett exempel är genomfört av Thorsson m.fl. (2014) där det framgår att strålningstemperatur ger en större förklaringsgrad relaterat till människors hälsa jämfört med lufttemperatur, Tabell 4. Vid strålningstemperaturer över ca 60°C identifierades en 10 % högre mortalitetsrisk för äldre över 80 år och dessa påverkas mest av höga temperaturer på dagen. Andra åldersgrupper är dock också utsatta för risk men inte i samma

utsträckning som den övre åldersgruppen där människor mellan 45-70 år påverkas mest av höga temperaturer på natten (Thorsson m.fl., 2014).

Tabell 4. Strålningstemperaturens koppling till ökad mortalitetsrisk för två olika åldersgrupper.

Ökning i mortalitetsrisk (%)	T_{mrt} (°C)	
	Ålder 45-79 år	Ålder 80+ år
5	58,8	55,5 (T. 55)
10	-	59,4 (T. 60)

I denna utredning har vi koncentrerat oss på den mest sårbara gruppen det vill säga människor på 80 +år. Gränserna för T_{mrt} för denna åldersgrupp är avrundade till 55 respektive 60°C och förkortas häfter till T. 55 respektive T. 60 (Tabell 5).

Baserat på ovanstående gränser för högre mortalitetsrisk kommer dessa strålningstemperaturer att användas i denna utredning för bedömning av risken för exponering av för höga temperaturer.

Tabell 5. Gränser för strålningstemperatur (T_{mrt}) använda i denna utredning.

Nivå	Gräns T_{mrt} (°C)
Övre gräns för hälsoeffekt av strålningstemperatur*	60°C
Nedre gräns för hälsoeffekt av strålningstemperatur	55°C

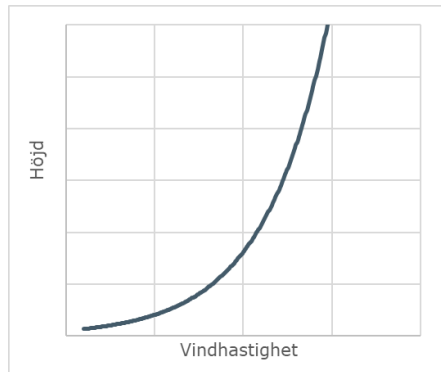
*Baserat på den mest sårbara gruppen i samhället d.v.s. människor på 80 +år

4 Metod

4.1 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området

4.1.1 Meteorologiska förhållanden

Vinden modifieras mer och mer ju närmare marken det är både avseende vindriktning och vindhastighet. Orsaken är naturligtvis att hinder i form av topografi, vegetation och byggnader m.m. bromsar och avlänkar vinden. Vindhastigheten ökar därför generellt inte linjärt med höjden utan ännu mer (logaritmiskt, se exempel Figur 3).



Figur 3. Generell bild över vindhastighetens ökning över marken.

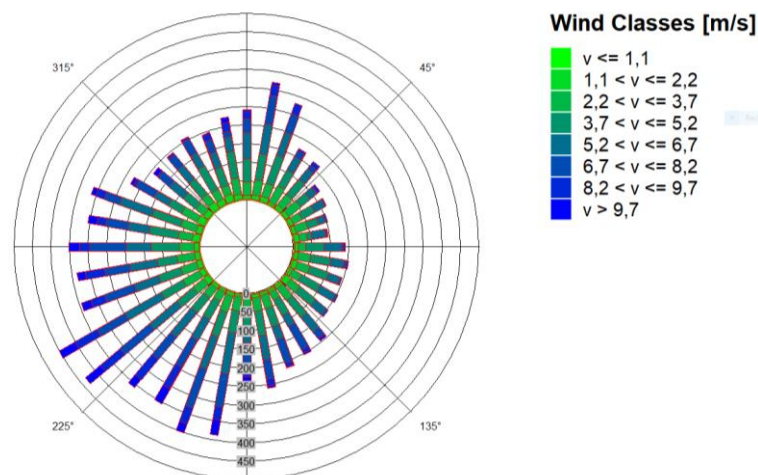
För att kunna beräkna realistiska vindförhållanden över ett område behöver Mikam-modellen meteorologiska indata som representerar de lokala förhållanden med avseende på vindhastighet och vindriktning. Då det inte finns någon meteorologisk mätstation i närheten med tillräckligt hög tidsupplösning (vindmätning varje timme), och inte heller på en relevant höjd (se nedan) har den lokala meteorologin beräknats med TAPM (The Air Pollution Model, se vidare Bilaga A). TAPM är en validerad meteorologisk prognosmodell (Chen m. fl. 2002) som tar hänsyn till bl.a. topografi, markanvändning, havstemperatur, markfukt m.m. varpå exempelvis sjö/landbris samt omlandsbris kan simuleras. Modellen beräknar vinden på allt ifrån markplan till flera tusen meters höjd men med en högre vertikal upplösning närmast marken.

De byggnader som är planerade i de aktuella detaljplanerna är i vissa fall mycket höga. För att kunna beräkna effekten av "neddraget" av höga vindhastigheten från hög höjd via de höga husen (> 100 m) har ingångsdata till de lokala beräkningarna hämtats från TAPM-beräkningarna från 100 meter över mark. Denna vindhastighet modifieras därefter i CFD-modellen så att relevant marknära vind erhålles.

4.1.2 Indata vindsimulering

Som meteorologisk indata till vindfältberäkningar används ofta antingen ett specifikt år eller ett statistiskt medelår. Vid användande av ett specifikt år finns risk att detta år inte återspeglar "normala" vindförhållanden eftersom klimatets mellanårsvariabilitet är stor i Sverige. Därför används i denna studie istället ett så kallat meteorologiskt typår som representerar de typiska vindförhållandena över en tidsperiod av flera år. För denna studie har det meteorologiska typåret för Stockholm använts, sammansatt av månader tagna från åren 2001 till 2007.

Figureerna nedan visar den vindindata som används som indata vid CFD-beräkningarna för vindfältet över detaljplaneområdet. Här visas fördelningen av vindhastighet och vindriktning över planområdet vid 100 m höjd för hela typåret (Figur 4). Staplarna i vindrosorna indikerar från vilket håll det har blåst och längden är ett mått på hur ofta vindriktningen har förekommit. Vindhastigheten indikeras med olika färger. För hela året är sydvästliga och västliga vindar dominerande, även nordliga är ganska frekventa. På 100 m höjd är vindhastigheten avsevärt högre än vid 10 m över marken, vilket förklarar den ganska stora andelen av hastigheter över 5 m/s.



Figur 4. Vindros för Sickla, Nacka, för typåret.

4.1.3 Detaljerad vindmodellering i detaljplaneområdet

För att modellera vinden i markplan i området har en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) använts, Miskam-modellen (Microscale Climate and Dispersion Model, se Bilaga B för mer information). I modellen byggs initialt en 3D-modell av bebyggelsen, och därefter beräknas ett tredimensionellt vindfält (strömningsmönster) med en detaljerad upplösning (3,5 x 3,5 m grid). Modellen simulerar både turbulens (virvelbildning) och strömningsförhållanden runt byggnader i mikroskala, exempelvis runt enskilda byggnader, i gaturum eller kvarter, och lämpar sig därmed väl för detaljerade vindstudier i tätbebyggda områden (Haeger-Eugensson m.fl. 2019). Förutom vindsimuleringar kan Miskam även användas för beräkning av spridningen av luftföroreningar.

Beräkningsområdet som inkluderats i modellen är mycket större än planområdet. Orsaken är att omkringliggande hus påverkar och modifierar vinden som kommer in över planområdet. Om ett för litet område inkluderas finns risk att den beräknade vindhastigheten överskattas då vinden inte i tillräcklig omfattning modifieras (bromsas) innan vinden når det aktuella kvarteret/området. Bebyggelse, särskilt när den består av en blandning av högre och lägre byggnader, ökar markytans råhet varpå turbulensen ökar, vilket ger lägre vindhastigheter nära marken. Höga hus nära planområdet kan också ha stor påverkan på vindförhållandena i markplan genom att dessa leder ner höga vindhastigheter från vindlager på högre höjd.

4.2 Termisk komfort utomhus

Modelleringsverktyget UMEP (Urban Multiscale Environmental Predictor) (Lindberg m.fl., 2018) är en modell för klimatutredningar och har använts för den här utredningen. I modellen kan beräkningar göras av termisk komfort utomhus (bl.a. T_{mrt}), urban energiförbrukning eller planering med avseende på klimatförändringar och även fördelningen av sol och skugga utomhus etc. UMEP används av arkitekter, stadsplanerare och klimatologer både inom forskning och för olika praktiska tillämpningar. Grunden för UMEP är ett modelleringsystem med olika moduler som tar hänsyn till de faktorer som styr det urbana klimatet (så som bebyggelsestruktur, geometri och markanvändning) och de relevanta processerna (t.ex. den urbana energi- och strålningsbalansen).

4.2.1 Indata termisk modellering

Indata till den termiska modelleringen är hämtad från Högdalsmasten (SLB Analys) knappt 6 km sydväst om utredningsområdet. Mätdata för lufttemperatur, luftfuktighet och globalstrålning är indata till UMEP för att beräkna strålningstemperaturen. Skugga är, som beskrivet tidigare, många gånger fundamentalt för den termiska komforten. Minskad solinstrålning, på grund av molnighet visar sig som en minskning av den uppmätta globalstrålningen. Var (hur högt och i vilket väderstreck) solen står på himlen i kombination med byggnadshöjd och -placering styr hur skuggmönstret fördelar sig över området.

Som ingångsdata har marktäckeskarta (Nationella marktäckedata (NMD), Bas-skikt, region B, Naturvårdsverket, 2018). Denna kan dock inte representera den framtida situationen i området men då det inte fanns någon information om detta så användes befintliga marktäckedata.

4.2.2 Sol- och skuggstudie utomhus

Beräkningar har gjorts för fördelningen av sol och skugga utomhus över området för några dagar på året. Det är den 20 mars, 15 april, 5 maj, 21 juni och 21 december. Vårdagsjämningen den 20 mars representerar vår- och höstförhållanden (dag och natt är lika långa), 15 april och 5 maj är tiden när utomhussäsongen kommer igång mer på allvar och representerar hur våren framskrider mot sommarsolståndet den 21 juni. Sommarsolståndet representerar högsommarförhållanden med maximal solhöjd och därmed de kortaste skuggorna och infaller vid en tid då många tar semester och eventuellt är hemma mer än under andra perioder. Vintersolståndet representerar årets mörkaste tid när dagarna är som kortast och solen står mycket lågt över horisonten, vilket ger längst skuggor.

4.2.3 Strålningstemperatur

Beräkningar av T_{mrt} inkluderar bl.a. den rumsliga fördelningen av kortvågig strålning (d.v.s. den synliga delen av solljuset) och långvågig värmeinstrålning och har gjorts för det aktuella området. Här inkluderas även skuggeffekter från byggnader och vegetation (träd) och hur skuggmönstren varierar i både tid (över dygn och året) och rum. Resultatet från dessa beräkningar anges i strålningstemperaturen, T_{mrt} . Denna beräknas 1,1 m över marken, vilket motsvarar ungefärligt masscentrum för en stående människa. Baserat på detta modellresultat kan risken för värmestress bedömas. Utredningen av lokalklimatet med avseende på temperaturen i planområdet fokuserar på olika vädersituationer på sommaren; dels soliga och varma sommardagar med höga luft- och strålningstemperaturer då det är risk för värmestress, men även mer "normalt" svenskt sommarväder samt kyliga sommardagar (se Tabell 6).

5 Resultat

5.1 Vindstudien

5.1.1 Vindkomfort markplan

Bedömning av vindkomforten baseras på klassificeringen i Tabell 2. Kriterierna beskriver var olika typer av aktiviteter lämpar sig så som långvarigt stillasittande som i en park eller uteservering, kortvarigt stillasittande som t.ex. busshållplats och slutligen område lämpligt för gång- och cykelbanor.

I Figur 5 visas områden lämpliga för långvarigt stillasittande och bedömningen kompletteras med mer information i Tabell 6. Områden som definierats enligt kriterier för kortvarigt stillasittande visas i Figur 6: Bedömning avseende komfortkriterium för **kortvarigt stillasittande**. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Blått: inga åtgärder behövs. Ljusblått: Ev. behövs åtgärder. Rosa: Ej ok för kortvarigt stillasittande men ok för gång/cykelbana. (Vita områden omfattas av analysen i Figur 5), kompletterande information finns i .

Som framgår av Figur 5 så förekommer mindre områden med mörkgrön färg, d.v.s. områdena där det är lämpligt med långvarigt stillasittande utan att det behövs någon åtgärd alls. Vid ljusgröna områden kan åtgärd behövas om det planeras t.ex. ett café, park eller bostadsgård.

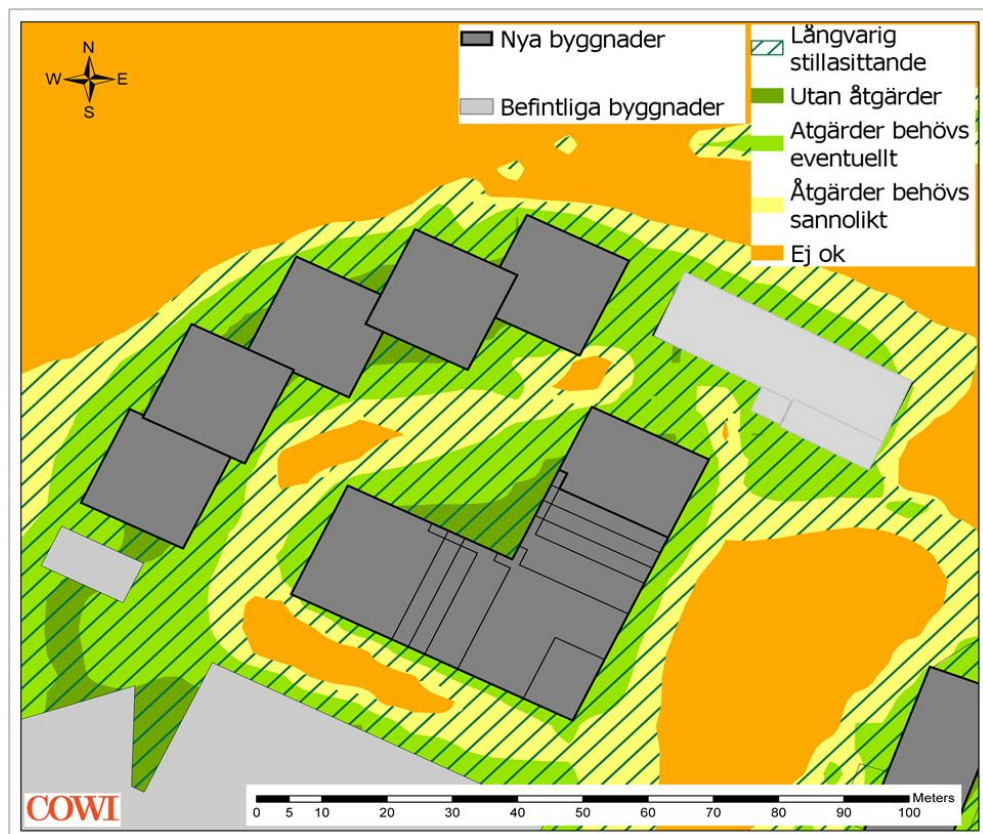
Vid gula områdena är vindhastigheten lite för hög under alltför många tillfällen för att långvarigt stillasittande kan rekommenderas utan åtgärder. Om däremot inte stillasittande aktiviteter planeras så uppvisar detta område sannolikt tillräckligt god vindinkomfort.

Orangea områden däremot indikerar områden där vindhastigheten kan bli okomfortabelt hög. Det gäller främst i några av passagerna inne i kvarteret vid fokuspunkt [4] (se Tabell 1) och även till viss del inne i området fokuspunkt [3] samt öster om kvarteret. Orsaken till de höga vindhastigheterna inne i kvarteret kan antingen bero på både att de höga byggnaderna leder ner höga vindhastigheter i markplan eller att vinden förstärks i dessa förträngningar.

Motsvarande analys har även gjorts för kortvarigt stillasittande där områden lämpliga för kortvarigt stillasittande visas i Figur 6 där färgsättningen baseras på . De områden som definierats enligt kriterier för kortvarigt stillasittande visar (vita områden i Figur 6 omfattas av Figur 5) att det i stort sett inte finns några begränsningar för kortvarigt stillasittande, vare sig inne i eller utanför kvarteret. För ljusblå områden kan det komma att behövas olika former av åtgärder om denna typ av aktivitet planeras här. Detta område är lokaliserat mellan kvarteret Klinten och Norra Nobelberget.

Tabell 6. I Figur 5 har respektive område klassificerats för att visa på områdets lämplighet avseende aktiviteter som innefattar långvarigt stillasittande. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 2. Resultaten är från aktuell bebyggelseförslag från 2022.

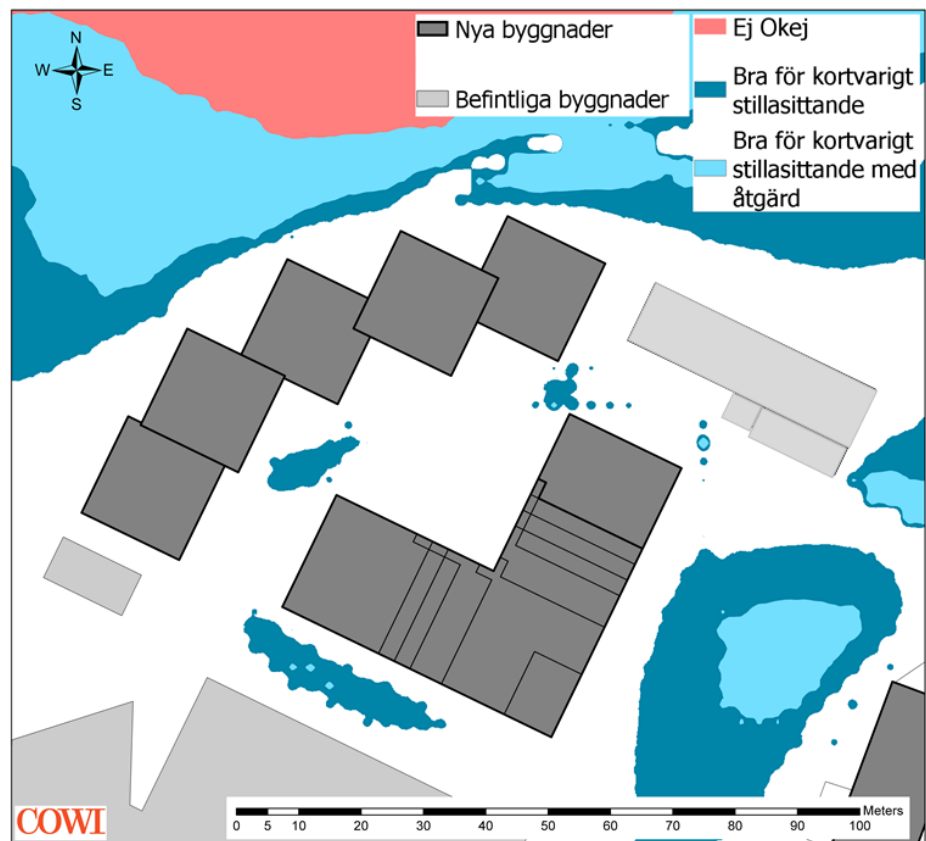
Klassificering av området	Vindexponering	Platsens lämplighet för långvarigt stillasittande
Mörkgrönt	Vindhastigheten är lägre än 1,1 m/s under 99,5 % av tiden	Mycket bra förutsättningar för långvarigt stillasittande
Ljusgrönt	Vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 80-99,5 % av tiden	Relativt bra förutsättningar, men vissa åtgärder kan behövas.
Gult	Vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 60-80 % av tiden	Åtgärder krävs för att området ska bli lämpligt för långvarigt stillasittande
Oranget	Vindhastighet högre än 1,1 m/s	Platsen olämpligt för att planera för långvarigt stillasittande



Figur 5. Bedömning avseende lämplighet för **långvarigt stillasittande**. Randig markeringen: områden generellt lämpliga för långvarigt stillasittande. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Mörkgrönt: inga åtgärder. Ljusgrönt: ev. behövs åtgärder. Gula områden: åtgärder behövs. Orange; ej ok.

Tabell 7. I Figur 6 har respektive område klassificerats för att visa på områdets lämplighet avseende aktiviteter som innefattar långvarigt stillasittande. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 2. Resultaten är från aktuell bebyggelseförslag från 2022.

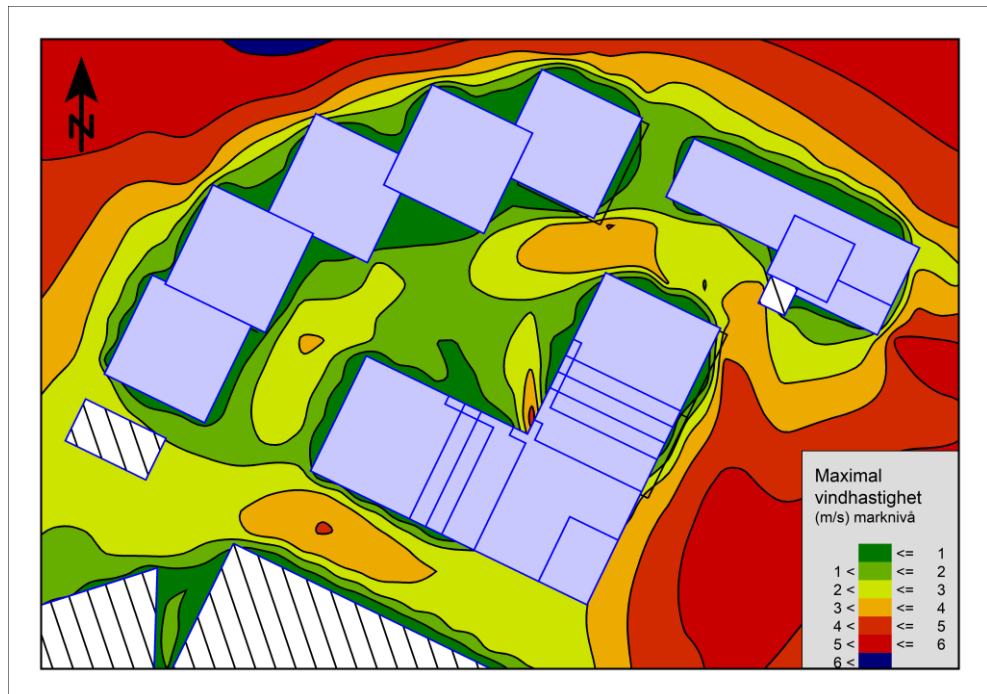
Klassificering av området	Vindexponering	Platsens lämplighet för kortvarigt stillasittande
Mörkblått	Vindhastigheten är lägre än 2,2 m/s under 80 % av tiden	Mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande.
Ljusblått	Vindhastigheter lägre än 2,2 m/s under 60-80% av tiden	Bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, men vissa åtgärder kan behövas.
Rött	Vindhastigheter högre än 2,2 m/s	Åtgärder krävs för att området ska bli lämpligt för kortvarigt stillasittande, men ok med gång/cykelbana.



Figur 6: Bedömning avseende komfortkriterium för **kortvarigt stillasittande**. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Blått: inga åtgärder behövs. Ljusblått: Ev. behövs åtgärder. Rosa: Ej ok för kortvarigt stillasittande men ok för gång/cykelbana. (Vita områden omfattas av analysen i Figur 5)

5.1.2 Områden med risk för vindförstärkningar markplan

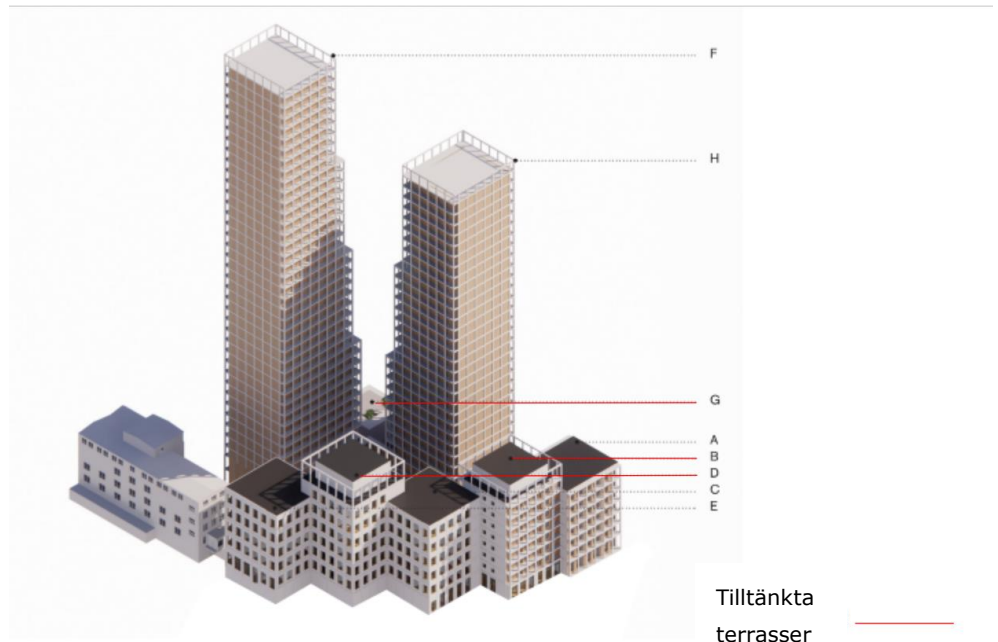
Det kan även vara av intresse att se om det kan förkomma höga vindhastigheter eller vindförstärkningar inom området samt på terrasserna. Enligt Oke (et al 2017) upplevs vindhastigheter > 5,4 m/s som okomfortabla och bör inte förekomma mer än maximalt 20% av tiden. Maximala vindhastigheter i markplan redovisas i Figur 7. Höga vindhastigheter uppträder naturligtvis främst vid situationer med allmänt höga vindhastigheter, men kan även uppstå lokalt vid områden med vindförstärkning. Detta ses emellan husen öster ifrån vid fokuspunkt [4] (se Tabell 1) och även till viss del inne i området fokuspunkt [3], men de högsta vindhastigheterna uppstår vid fokuspunkt [14] samt norr om utanför detaljplanen. En eventuell fasadändring på tornen, med ojämna nivåer istället för en jämn plan fasad, kan bidra med en positiv effekt på vindkomfort vid markplan (Oke et al 2017). Detta sker då fasadens ojämnheter bromsar in vinden och lättare kan leda bort den.



Figur 7. Maximala vindhastigheter i markplan för detaljplan kv. Klinten.

5.1.3 Vindhastigheten på terrasserna

Enligt illustrationen i Figur 8 planeras även att flera av terrasserna att användas till olika former av aktiviteter, som bl.a. innefattar stillasittande. Motsvarande vindanalys som genomförts i de tidigare kapitlen, har därför gjorts även för terrasserna och två större balkonger, s k Kungsbalkonger som återfinns på byggnad B och D. I Tabell 8 anges byggnadshöjder för byggnaderna i Figur 8.

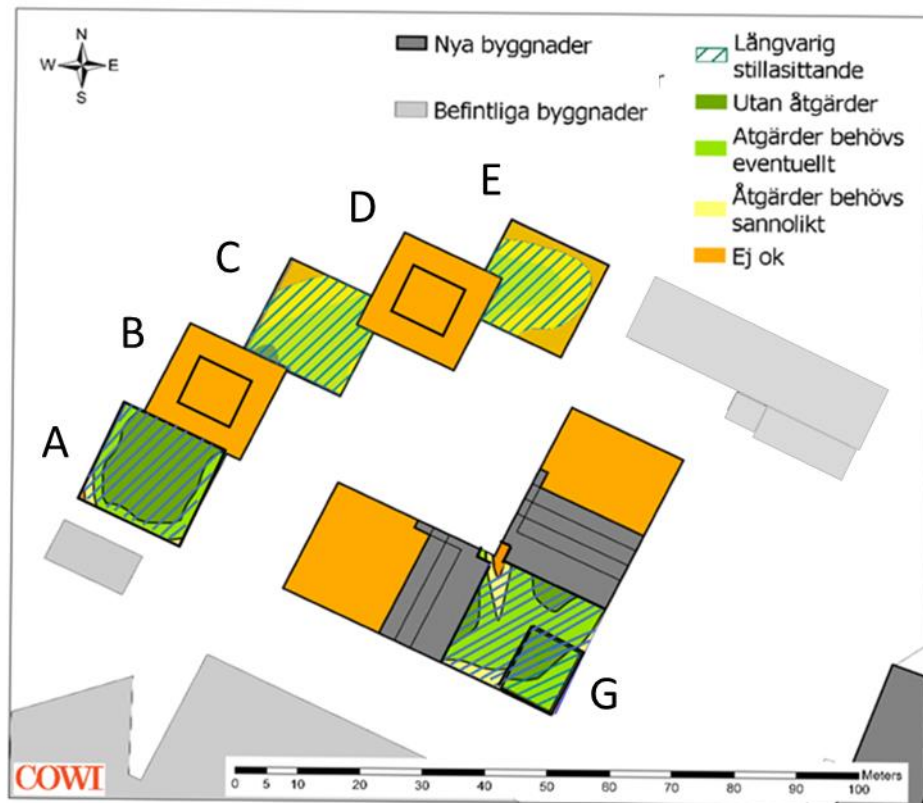


Figur 8: Bebyggelseförslag Nacka Port och läge för de tilltänkta terrasserna på byggnaderna B, D och G. Dessa är markerade med röd linje. För byggnaderna B och D planeras även balkonger på näst högsta våningen, så kallade "Kungsbalkonger"

Tabell 8. Byggnadshöjder tillhandahållna för de kompletterande rapporterna.

Byggnad	Höjder (m) uppdatering januari 2022
A	33,6
B	40,5
C	33,6
D	40,5
E	33,6
F	133,25
G	14,2 och 18,2
H	103,25

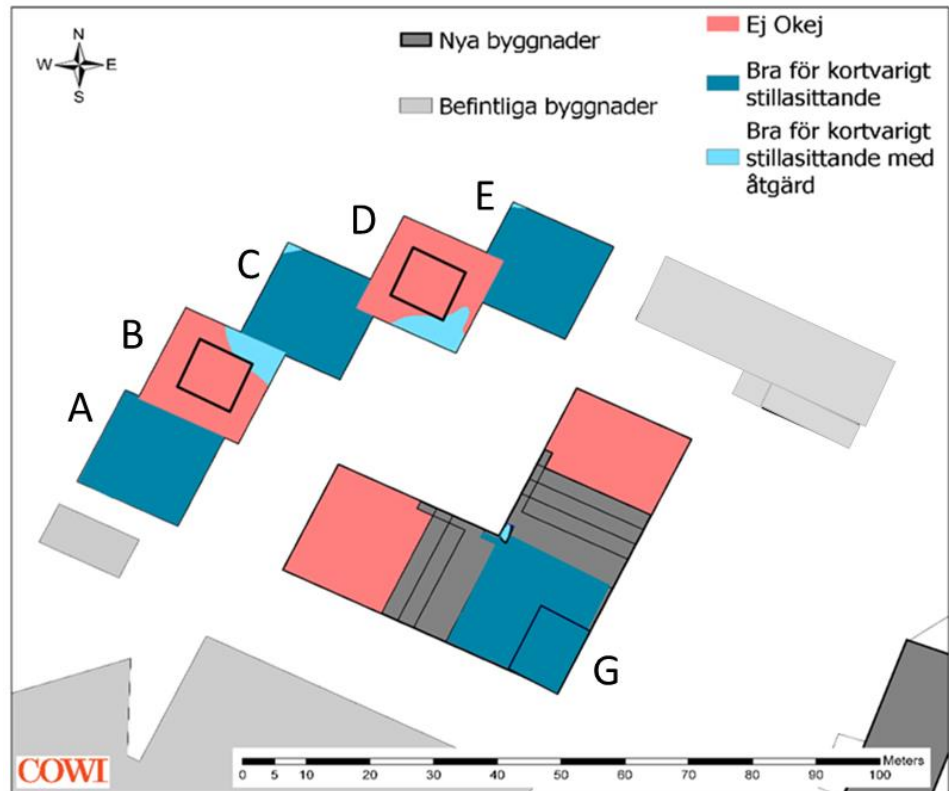
I Figur 9 och Figur 10 visas resultatet av beräkning av vindkomfort för långvarigt respektive kortvarigt stillasittande, i Figur 11 visas de maximala vindhastigheterna på respektive terrass.



Figur 9: Bedömning avseende lämplighet för **långvarigt stillasittande baserad på befintliga beräkningar (oktober 2020)** för terrasserna kv. Klinten. Bokstäverna A till G indikerar de olika takterrasserna och följer beteckningen i Tabell 8. För B och D har även de så kallade Kungsbalkongerna markerats, dessa ligger en våning lägre än takterrasserna. Randig markeringen: områden generellt lämpliga för långvarigt stillasittande. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Mörkgrönt: inga åtgärder. Ljusgrönt: ev. behövs åtgärder. Gula områden: åtgärder behövs. Orange; ej ok.

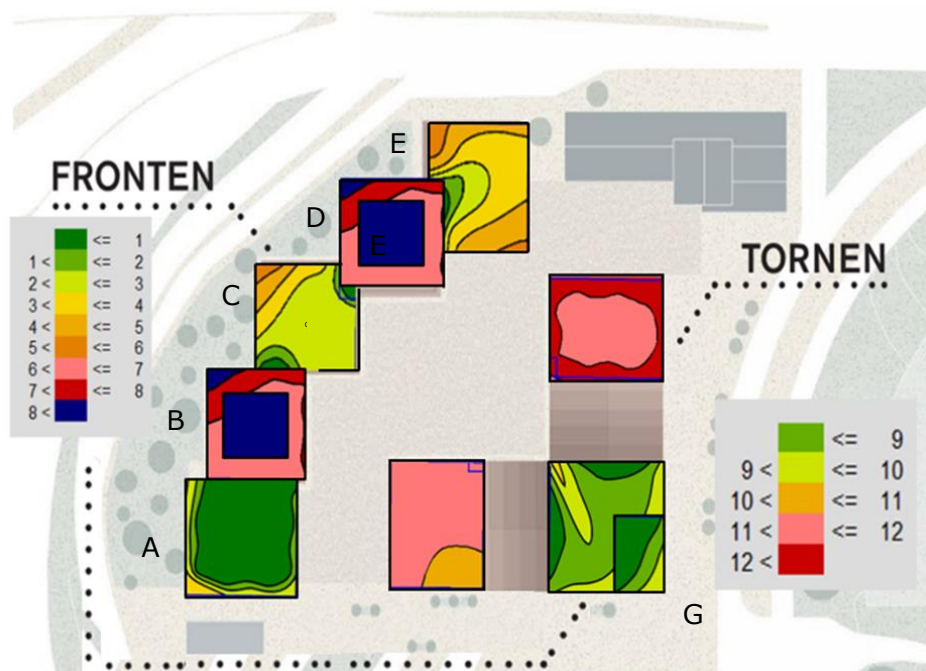
I Figur 9 framgår att det kommer att fungera att planera för långvarigt stillasittande på delar av de lägre terrasserna A, C, E, samt G. Resultaten visar dock att det behövs åtgärder för att förbättra vindkomforten på alla terrasser, för att säkerställa goda förhållanden för långvarigt stillasittande. Det är sannolikt att de yttre delarna av terrasserna A, C, E och G behöva någon typ av vindavskärmning. En åtgärd kan bestå av en skärmande glasvägg, gärna i kombination med vegetation. På terrasserna B och D och även Kungsbalkongerna krävs mer omfattande åtgärder om långvarigt stillasittande ska kunna rekommenderas. Den högre byggnadshöjden gör dessa terrasser och Kungsbalkongerna mera vindutsatta.

Motsvarande mönster ses även i Figur 10 som visar goda förhållanden för kortvarigt stillasittande på terrass A, C, E och G. Terrass B och D har sämre förhållanden för kortvarigt stillasittande och anses inte vara lämpliga för kortvarigt stillasittande.



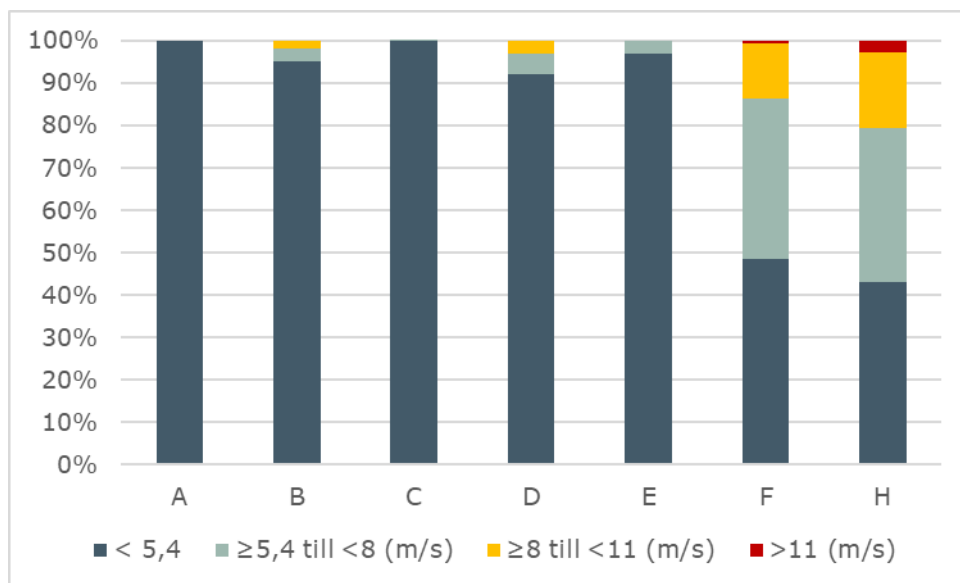
Figur 10. Bedömning avseende lämplighet för **kortvarigt stillasittande baserad på befintliga beräkningar (oktober 2020)** för terrasserna i kv. Klinten. Bokstäverna A till G indikerar de olika takterrasserna och följer beteckningen i Tabell 8. För B och D har även de så kallade Kungsbalkongerna markerats, dessa ligger en våning lägre än takterrasserna. Blått: Bra för kortvarigt stillasittande, inga åtgärder behövs. Ljusblått: ev. behövs åtgärder. Rosa: Ej ok för kortvarigt stillasittande.

I Figur 11 visas de maximala vindhastigheterna på de olika terrasserna. De högsta maximala vindhastigheterna (11-12 m/s) förekommer på taken av de två högsta tornen, som är mest exponerade för höga vindhastigheter. På de lägre byggnaderna A, C och E vid Fronten ligger de maximala vindhastigheterna <5 m/s, för B och D på 8 m/s. Kungsbalkongerna vid B och D är något mer skyddade, här förekommer maximala vindhastigheter på 6-7 m/s på stora delar av balkongytorna.



Figur 11. **Maximala vindhastigheter på terrasserna från tidigare utredning (oktober 2020) med tillägg för Terrass G i detaljplan kv. Klinten.** Den vänstra legenden gäller för Frontens byggnader och den högra för Tornen.

För att kunna bedöma risken/olägenheten av höga vindhastigheter har det även undersökts hur ofta höga vindhastigheter förekommer. Vindhastigheter bedöms bli okomfortabla vid hastigheter >5,4 m/s och om detta förekommer >20% av tiden. I Figur 12 framgår att frekvensen av vindhastigheter >5,4 m/s förekommer på de högsta taken som tillhör B och D i fronten, samt de två högsta tornen. På hus B förekommer dock höga vindhastigheter endast 5% av tiden, på hus A är det 2% av tiden och på hus D ca 10% av tiden. På byggnad F och H är 50-60% av tiden tillfällen med vindhastigheter >5,4 m/s. På torn F och H förekommer dessutom ännu högre vindhastigheter. Här ses att torn F har ca 15% respektive torn H drygt 20% av årets timmar med vindhastigheter på >8 m/s.



Figur 12. Frekvensen av maximala vindhastigheter på terrasserna på byggnaderna A-H (G exkluderat) (enl. Figur 8) i detaljplan kv. Klinten (oktober 2020).

5.2 Strålningstemperatur

I detta avsnitt presenteras resultaten från beräkningar av strålningstemperaturen T_{mrt} över planområdena. Dessa beräkningar avser förhållandena i markplan. Strålningstemperaturen ska dock inte förväxlas med lufttemperaturen då dessa kan skilja sig mycket. Beräkningarna i denna utredning baseras på olika typer av sommarväder. Eftersom denna utredning är genomförd i ett tidigt planeringsstadium saknas information om hur fördelningen av ny vegetation kommer att se ut i detalj. Däremot har befintliga marktäckesdata, d.v.s. hårdgjorda ytor, gräs, bar jord etc., inkluderats i beräkningarna.

5.2.1 Strålningstemperatur för olika typer av sommarväder

För beräkning av strålningstemperaturen har tre olika typer av "svenskt sommarväder" valts ut, för att representera att den skandinaviska sommaren kan bjuda på både soligt och varmt men även kyligt och molnigt väder. De utvalda tillfällena är en "mycket varm" dag som representeras av den 28 juli 2018, "normalt till varm" som representeras av två eftermiddagstimmar vid olika datum, samt två "kyligare" tillfällen. Väderförhållandena för dessa timmar presenteras i Tabell 9.

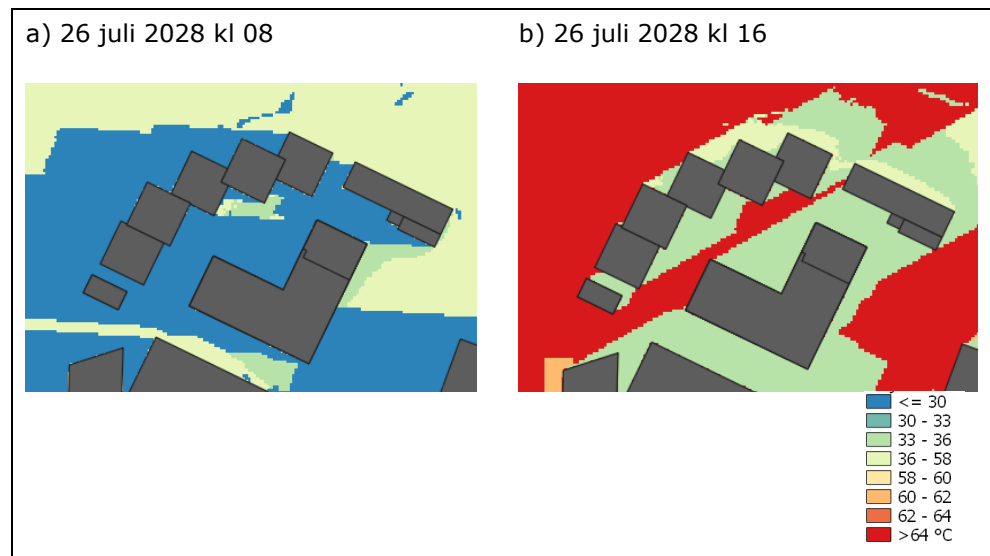
Tabell 9. Väderförhållanden timmar som strålningstemperaturen beräknades. Färgerna representerar olika typer av sommarväder: röd= varm sommardag (kl. 08 och kl. 16 samma dag), grön = "normalt sommarväder", blå = "kyligare sommarväder".

År	kl.	Vindhast. (m/s)	Vindrikt. (deg)	Lufttemp. (°C)	Rel. luftfuktighet (%)	Globalstrålning (W/m ²)	Direkt instrålning (W/m ²)	Diffus strålning (W/m ²)
20180726	08	2,1	207	24,2	58,6	318,9	270,1	188,7
20180726	16	3,3	151	30,4	32,7	675,4	760,5	243,0
20040810	16	1,8	114	24,7	50,7	417,8	716,3	298,5
20050705	16	3,2	127	23,8	35,5	529,9	795,4	265,5
20050714	16	3,2	130	21,7	55,7	360,2	289,4	70,8
20050723	16	0,9	329	16,2	85,4	167,6	52,3	115,3

I Figur 13 till Figur 15 presenteras strålningstemperatur över planområdet för respektive tidpunkt i Tabell 9.

Exempel på mycket varmt och soligt sommarväder

För den 26 juli 2018, som är klassad som en mycket varm dag, presenteras strålningstemperaturen både på morgonen kl.8 (Figur 13a) när lufttemperaturen redan var över 24 °C, och kl. 16 på eftermiddagen då lufttemperaturen hade stigit till över 30 °C.



Figur 13. Strålningstemperatur över planområdet beräknad för den 26 juli 2018, a) kl.8 på morgonen, b) kl 16 på eftermiddagen, baserad på indata i Tabell 9.

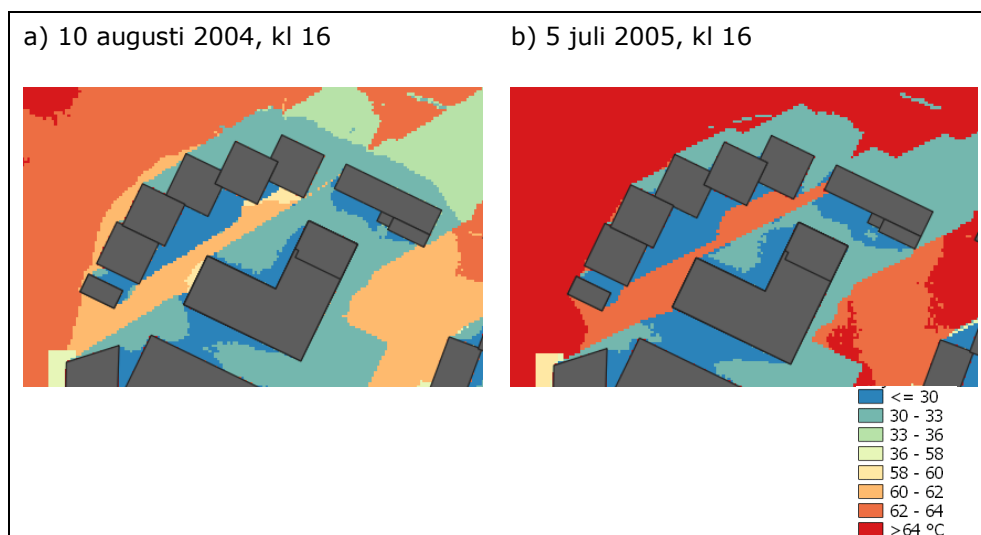
På morgonen skiljer sig yttemperaturen, och därtill kopplad värmestrålning, för hårdgjorda (t.ex. asfalt) och icke hårdgjorda områden inte nämnvärt åt. Över solbelysta områden varierar T_{mrt} mellan 35 och 39 °C. De kyligaste delarna (som inte ligger i skugga) återfinns vid denna tid på dygnet istället där solen inte kommit åt. Här ligger T_{mrt} under 30 °C.

På eftermiddagen kl.16 är mönstret annorlunda med lägst strålningstemperatur under 36 °C (Figur 13b) i skuggan norr om bebyggelsen. De högsta temperaturerna når upp över 64 °C och uppkommer över de solbelysta och öppna hårdgjorda områdena så som i mitten av kvarteret där solen kommit åt samt utanför området.

Enligt Tabell 4 finns risk för värmestress och hälsoeffekter vid strålningstemperaturer över 50°C. Beräkningen för eftermiddagssituationen 26 juli 2018 visar tydligt att delar av området når upp till dessa nivåer, under delar av eftermiddagen.

Exempel på varm och soligt sommarväder

10 augusti 2004 kl 16 (Figur 14a) representerar en situation med normalt soligt sommarväder. Lufttemperaturen kl. 16 är nästan 25 °C. Den 5 juli 2005 kl 16 (Figur 14b) är lufttemperaturen något lägre, strax under 24 °C, dock var den direkta solinstrålningen något större vilket förklarar de högre strålningstemperaturerna jämfört med Figur 14a (se Tabell 9 för ytterligare meteorologisk information om indata för beräkningar i Figur 14).

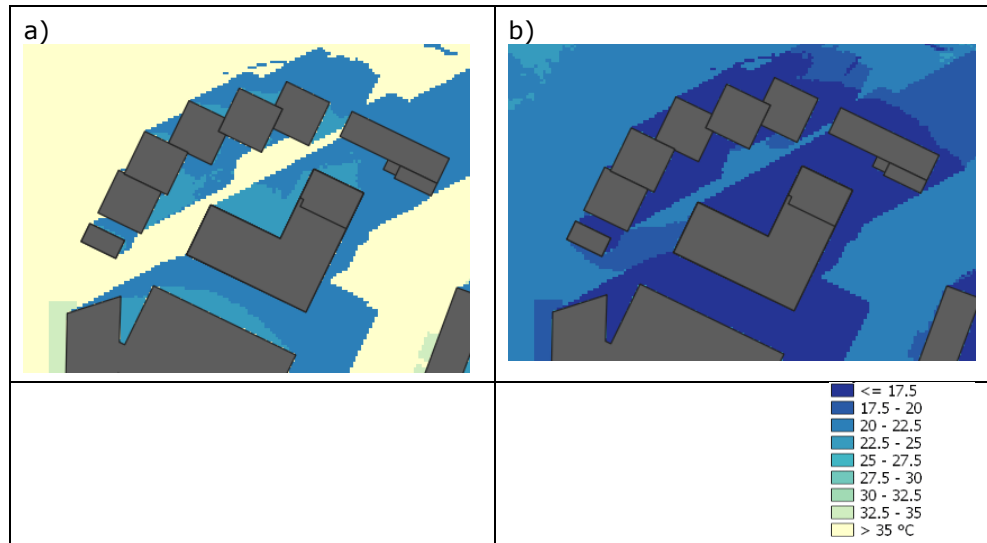


Figur 14. Strålningstemperatur över planområdet kl.16 på eftermiddagen beräknad för a) den 10 augusti 2004 och b) 5 juli 2005, baserad på indata i Tabell 9.

Det framgår av resultatet i både Figur 14a och Figur 14b att det i mitten av kvarteret Klinten förekommer stora skillnader mellan de delar som legat i skugga under en stor del av dagen (gröna-blåa delar), samt den delen där solen kommit åt. Där är T_{mrt} på >ca 60 vilket därmed klassas som okomfortabla.

Exempel på molnigt, men ganska varmt sommarväder

I Figur 15a visas den 14 juli 2005 kl.16 som exempel på molnigt men ändå ganska varmt sommarväder, med en lufttemperatur på strax under 22 °C och relativa luftfuktigheten 56 %. Det 23 juli 2005, kl 16 (Figur 15b) exemplifierar också en molnig sommardag men betydligt kyligare än 14 juli 2005. Lufttemperaturen var då endast 16°C samtidigt som relativa luftfuktigheten var relativt hög (85%).



Figur 15. Strålningstemperatur över planområdet kl.16 på eftermiddagen, beräknad för a) den 14 juli 2005 och b) 23 juli 2005, baserad på indata i Tabell 9.

Den 14 juli över asfalterade ytor ligger strålningstemperaturen i allmänhet >35°C. Varmast är det mellan höga hus där ändå solen kommer åt inne i kvarteret Klinten [2 & 3]. I skuggan ligger här T_{mrt} på 20-25 °C och över solbelysta ytor på >35 °C.

Den 23 juli ligger strålningstemperaturen i skuggan under 17°C, vilket innebär att den på vissa ställen till och med är lägre än lufttemperaturen. Detta beror sannolikt på att solinstrålningen är så låg att tidigare solbelyst mark inte kunnat värmas upp i någon nämnvärd omfattning. Högsta temperaturer är denna dag på mellan 20-22°C.

6 Diskussion

Studier av effekten av framtida klimatförändringar pekar på att frekvensen av extremväder i form av framför allt värmeböljor men även stormar kommer att öka (IPCC, SMHI och WHO m.fl.). Andra studier visar att enbart vissa urbana strukturer i sig riskerar att ge förhöjd temperatur (Thorsson m.fl. 2014). Redan på 1960-talet var det känt att hög bebyggelse, speciellt solitära byggnader och trattformationer kan skapa kraftiga vindförstärkningseffekter. Dessa kan vara okomfortabla och till och med farliga för till exempel cyklister eller vid utgångar från byggnader m.m. För att motverka de negativa effekter som det framtida klimatet kommer att innebära är det därför en mycket stor fördel att denna typ av studier genomförs, och då i ett så tidiga skede som möjligt vid nybyggnation. På så sätt kan vissa av de negativa klimateffekterna kompenseras eller mildras med en genomtänkt exploatering.

Denna lokalklimatstudie har genomförts baserat på dagens meteorologi, men för temperaturanalysen användes år 2018 vilket var ett år med en sommar som i vissa delar överensstämde med de sommartemperaturer som förväntas i framtiden (enl. SMHI).

I de områden där förhöjd risk för höga temperaturer har identifierats indikerar detta att dessa områden kan komma att bli än mer problematiska i framtiden då denna typ av väderförutsättningar förväntas öka. Behovet av åtgärder bedöms

därför vara viktigt för vissa av områdena (se vidare nedan i kap 7). För de områden där vindklimatet förväntas ge försämrade komfort eller bekymmer i form av vindförstärkningar beror behovet av åtgärder på vad området är tänkt att användas till. Planeringen bör dock inkludera att risken för högre vindhastigheter inte kommer att minska i framtiden.

6.1 Vindförhållanden

Vindförhållandena i markplan

Den planerade bebyggelsen i utredningsområdet är både hög och tät vilket påverkar de lokala vindförhållandena i markplan. Höga byggnader kommer i kontakt med luftlagren högre upp över marken där det blåser mer. På så vis leds de kraftigare vindarna ner till markplan, och ger högre vindhastigheter där. Vidare utgör bebyggelsen ett hinder för luften i rörelse och vinden behöver därför ofta byta riktning. Det bidrar till byig vind och upplevelsen att "det blåser samtidigt från alla håll", vilket ofta märks runt byggnaders hörn. I (trånga) passager trycks luftvolymen ihop och det kan bli en förstärkning av vindhastigheten. I utredningsområdet syns denna effekt vid [4].

För att undersöka områdets vindförhållanden har vindkomforten enligt Glauman och Westerberg beräknats. Detta system bygger på två mått, där det ena är medelvindhastigheten över hela året, och det andra är antal timmar per år när vindhastigheten är lägre än ett gränsvärde. Dessa två mått används för bedömningen av vindkomforten och bestämmer vilken typ av aktivitet som är lämplig. För sociala ytor där det antas att människor vill kunna vistas en längre stund (text i parker, caféer) ska det därför vara övervägande vindstilla, med en mycket hög andel timmar med mycket svaga vindar. Det är endast ett fåtal platser i utredningsområdet (mörkgröna områden) där det snäva kriteriet med vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 99,5% av tiden (endast ca 440 timmar per år får det blåsa mer än 1,1 m/s) uppfylls. Vid den lägre gränsen på minst 80% av vindstilla timmar (motsvarar ca 7000 timmar/år) framgår att nästan hela utredningsområdet omfattas. Bedömningen är därför att utredningsområdet har överlag god vindkomfort, men att det på sina ställen kan behövas åtgärder. Behovet av typ och omfattning av åtgärder varierar för olika platser men har inte närmare utvärderats här utan bör göras i samråd med beställaren.

Resultatet från vindkomfortberäkningen baseras på helårsstatistik, vilket ger en bra generell bild. I Sverige är dock utomhussäsongen relativt kort och begränsad till den varmare perioden av året, från ca april till oktober och det är under den perioden när människor är mest utomhus och vill kunna sitta på uteserveringar, i parker eller lekplatser. Då det generellt är mer blåsigt på hösten och vintern och lugnare på sommaren, skulle eventuellt komfortberäkningar baserade på utomhussäsongens statistik möjligen ge ett modifierat resultat, med fler områden som klarar kriterier för långvarigt stillasittande.

När det gäller maximala vindhastigheter så är dessa kopplade till situationer med allmänt höga vindhastigheter, men kan även uppstå lokalt genom vindförstärkning. I området syns en viss förstärkning av vinden i markplan mellan den högsta byggnaden, Tornet F och Frontens byggnad E.

Vindförhållandena på terrasserna

På grund av sitt upphöjda läge är terrasserna mer exponerade för vinden än områden i markplan. Den planerade bebyggelsen inkluderar ett antal takterrasser på olika höjder och även större balkonger, såsom Kungsbalkonger, som finns på den näst högsta våningen och omsluter byggnad B och D i Fronten. Beräkningar visar att det finns goda förutsättningar för god vindkomfort på terrass G, som ligger mellan tornen och är den lägst belägna. På grund av sitt läge mellan tornen är den skyddad mot vinden från flera håll.

Vid Fronten har delar av terrasserna på de lägre byggnaderna A, C och E så pass god vindkomfort att man kan planera för långvarigt stillasittande, dock kommer det sannolikt behövas åtgärder för att säkerställa goda förhållanden för långvarigt stillasittande. Möjliga åtgärder kan vara skärmar som skydd, gärna i kombination med vegetation som ytterligare bromsar upp vinden. Byggnaderna B och D är något högre och därmed mer exponerade för vinden. Kungsbalkongerna på dessa två byggnader och takterrasserna blir enligt dessa beräkningar för blåsig för att klara kriteriet för långvarigt stillasittande.

6.2 Strålningstemperatur

Under varma somrardagar förhållanden liknande den 26 juli 2018, finns risk att människor i bebyggda områden utsätts för värmestress under delar av dagen. Strålningstemperaturens variation i tid och rum är därför viktiga ur ett hälsoperspektiv. Studier har visat att det finns ett samband mellan lufttemperatur och dödlighet avseende hjärt- och kärlsjukdomar samt respiratoriska sjukdomar, men hur känslig en population är beror mycket på vilket klimat man är van vid. Ett exempel är att den optimala lufttemperaturen för sydeuropéer betydligt högre än för invånarna i Skandinavien. Det finns däremot, än så länge, ingen vetenskaplig grund för ett motsvarande värde för optimal strålningstemperatur. Studier som till exempel Matzarakis m.fl. (1999) har visat att strålningstemperaturer > 50°C förknippas med kraftig värmestress. Thorsson m.fl. (2014) såg liknande resultat, där ökningen i mortalitetsrisk för åldersgruppen 80+ år fanns öka med 5% vid en strålningstemperatur över ca 55°C. Baserat på detta och de i denna utredning framtagna nivåer för T_{mrt} så föreligger det risk för värmestress i de frekvent solbelysta delarna inom planområdet som t.ex. ses i Figur 11. Det ska dock nämnas att resultaten illustrerar sannolikt ett "värsta fall" då beräkningen inte har tagit hänsyn till vegetation. Effekten av grönskan på strålningstemperaturen har studerats i detalj för två områden i Stockholm av Lindberg m.fl. (2012). Under de mest solexponerade timmarna ger effekten av träden både skugga men framför allt genom trädens avdunstning vilket därmed effektivt sänker strålningstemperaturen med flera grader (enligt Lindberg et al, 2018).

Den geografiska fördelningen av T_{mrt} under flera av de andra varma dagarna visar dock på snarlika nivåer oavsett om det är juni eller augusti, varför det sannolikt generellt råder liknade förhållanden, med flera överskridanden av gränsen för T_{mrt} under varma somrar.

Vid planering av till exempel sociala ytor områden där höga strålningstemperaturer kan förekomma bör åtgärder diskuteras. Som exempel kan tänkas att uteplatser förses med möjlighet till solskydd på eftermiddagen.

7 Referenser

COW 2020: Lokalklimatutredning Nacka Port, Rapport A134186-RAP-001.

Mukherjee, M. och Mahanta S. (2014), Outdoor thermal comfort – A review on the concepts, parameters and methods to evaluate thermal comfort in outdoor spaces, Architecture – Time, space and people, April 2014

Thorsson, S., Rocklöv, J., Konarska, J., Lindberg, F., Holmer, B., Dousset, B., & Rayner, D. (2014). Mean radiant temperature – A predictor of heat related mortality. Urban Climate, 10, Part 2, 332-345.

Glaumann, M, och Westerberg, U (1988): *Klimatplanering Vind*. Stockholm: Svensk Byggtjänst 1988. ISBN 91-7332-371-3.

BFS 2018:4, BBR 26. Boverket

Lindberg, Johansson och Thorsson, 2012: Rumslig variation av strålningstemperaturen i Hjorthagen och på Östermalm.

Lindberg F, Grimmond CSB, Gabey A, Huang B, Kent CW, Sun T, Theeuwes N, Järvi L, Ward H, Capel-Timms I, Chang YY, Jonsson P, Krave N, Liu D, Meyer D, Olofson F, Tan JG, Wästberg D, Xue L, Zhang Z (2018) Urban Multi-scale Environmental Predictor (UMEP) - An integrated tool for city-based climate services. Environmental Modelling and Software.99, 70-87

Bilaga A Beskrivning TAPM-modellen

För spridningsberäkningarna har TAPM (The Air Pollution Model) används, vilket är en så kallad prognostisk modell, utvecklad av CSIRO i Australien. För beräkningarna i TAPM behövs indata i form av meteorologi från storskaliga synoptiska väderdata, topografi, markbeskaffenhet indelat i 31 olika klasser (t.ex. is/snö, hav olika tätortsklasser m.m.), jordart havstemperatur, markfuktighet mm. Topografi, jordart och markanvändning finns automatiskt inlagd i modellens databas med en upplösning av ca 1x1 km men kan förbättras ytterligare genom utbyte till lokala data. Utifrån den storskaliga synoptiska meteorologin simulerar TAPM den marknära lokalspecifika meteorologin ner till en skala av ca 1x1 km utan att behöva använda platsspecifika meteorologiska observationer. Modellen kan utifrån detta beräkna ett tredimensionellt vindflöde från marken upp till ca 8000 m höjd, lokala vindflöden så som sjö- och landbris, terränginducerade flöden (t.ex. runt berg), omlandsbris samt kalluftsflöden mot bakgrund av den storskaliga meteorologin. Även luftens skiktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd mm beräknas horisontellt och vertikalt.

Med utgångspunkt från den beräknade meteorologin beräknas halter för olika förorenings-parametrar timme för timme där första timmen även utgör indata till nästkommande timme o.s.v. I spridningsberäkningarna inkluderas, förutom dispersion, även kemisk omvandling av SO₂ och partikelbildning, fotokemiska reaktioner där ibland NO_x, O₃ och kolväte i gasfas samt våt- och torrdeposition. Det finns även en beräkningsmodul där man själv kan definiera den kemiska nedbrytnings- samt depositionshastigheter på ett eller flera ämnen, om parametrar som inte innefattas av den befintliga kemiska modellen, används.

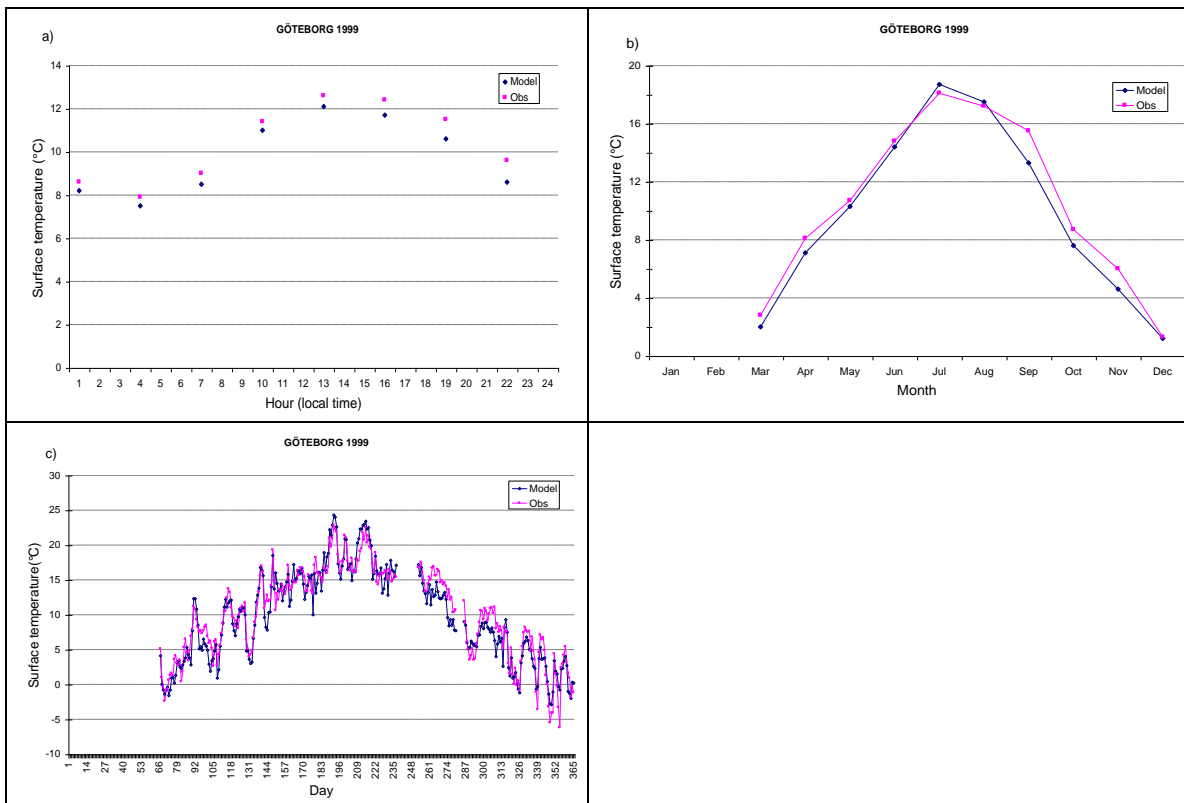
Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogeniska ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al. Environ. Sci. Technol., 36 (2002)).

I spridningsberäkningarna kan både punkt, linje- och areakällor behandlas. Resultatet av spridning av föroreningar såväl som meteorologin presenteras dels i form av kartor, dels i form av diagram och tabeller både som årsmedelvärden och olika percentiler (dygn respektive timmedelvärden).

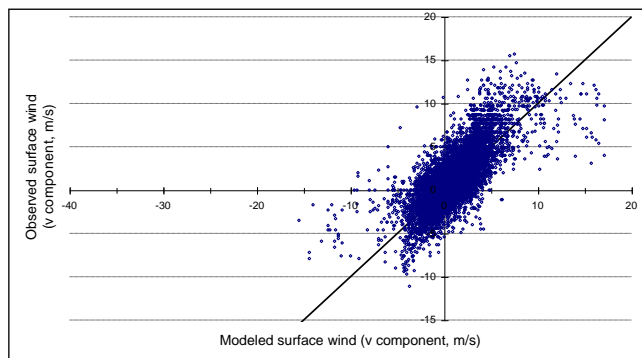
Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL har också genomfört valideringar för svenska förhållanden dels i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden. Mer detaljer om modellen kan erhållas via www.dar.csiro.au/TAPM.

I Chen m.fl., (2002) gjordes även en jämförelse mellan uppmätta (med TAPM) och beräknade parametrar. I figur B.1 presenteras jämförelsen av temperatur i olika tidsupplösning.

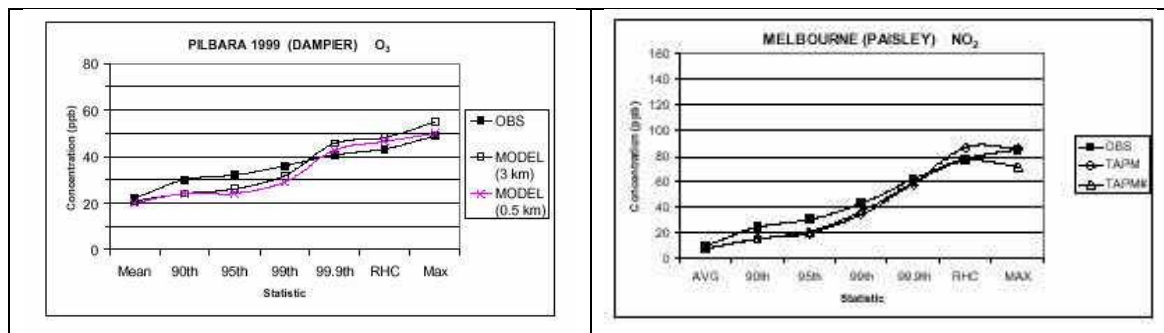
I figur B.2 presenteras en jämförelse mellan uppmätt och beräknad vindhastighet vid Säve. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade ozon- och NO₂-halter har genomförts i Australien (se figur B.3)



Figur B.1. Uppmätt och modellerad lufttemperatur i Göteborg för 1999 (a) timvariation; (b) säsongsvariation; (c) dygnsvariation.



Figur B.2. Jämförelse mellan beräknad och uppmätt vindhastighet vid Säve 1999.



Figur B.3. Jämförelse mellan uppmätta O₃ och NO₂ halter i Australien, gridupplösning 3x3km.

Referenser

Chen m.fl. 2002, IVL-rapport L02/51 "Application of TAPM in Swedish West Coast: validation during 1999-2000"

Pun, B K. Wu S-Y and Seigneur C. 2002: "Contribution of Biogenic Emissions to the Formation of Ozone and Particulate Matter in the Eastern United States" Environ. Sci. Technol., 36 (16), 3586 -3596, 2002.

Bilaga B Beskrivning MISKAM-modellen

MISKAM (Microscale Climate and Dispersion Model). MISKAM-modellen är en av de idag mest sofistikerade modellerna för beräkning av spridning avseende luftföroreningar i mikroskala. Det är en tredimensionell dispersionsmodell som kan beräkna vind- och haltfördelningen med hög upplösning i allt från gaturum och vägvagnsnitt till kvarter eller i del av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tre-dimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. underflow d.v.s. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt eller linje- eller ytkällor.

Modellen simulerar ett tredimensionellt vindfält över beräkningsområdet varför t.ex. turbulens runt hus samt s.k. trafikinducerad turbulens och därmed marknära strömningsförhållanden återges på ett realistiskt sätt. Denna typ av modell lämpar sig därmed väl även för beräkningar inom tätbebyggda områden där beräkning av haltnivåer ner i markplan skall utföras.

MISKAM är speciellt anpassad för planering i planeringsprocesser av nya vägdragningar eller nybyggnation i urbana områden. Modellen är utvecklad av The Institut für Physik der Atmosphäre of the University of Mainz.

MISKAM-modellen ingår i ett modellsystem s.k. SoundPLAN där även externbuller kan beräknas. Programmet kan räkna i enlighet med alla större internationella standarder, inklusive nordiska beräkningsmetoder för buller från industri, vägtrafik och tågtrafik. Resultatet kan bestämmas i enskilda punkter eller skrivas ut som färgkartor för större ytor.