NOVEMBER 2020

VINDKOMFORTUTREDNING FÖR VERKSAMHETER OCH BOSTÄDER VID SMÅLANDSGATAN

COWI

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

NOVEMBER 2020

VINDKOMFORTUTREDNING FÖR VERKSAMHETER OCH BOSTÄDER VID SMÅLANDSGATAN

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A133996	A133996-4-02-2-RAP-003

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
1	2020-11-30	Vindkomfortutredning	Martina Frid Christine Achberger Marian Ramos Garcia Marie Haeger-Eugensson	Frans Olofson	Marie Haeger-Eugensson

INNEHÅLL

Sammanfattning 7

1 Inledning 8
1.1 Syfte 9

2 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind 10
2.1 Vind i tätbebyggda områden 11

3 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området 12
3.1 Meteorologiska förhållanden 12
3.2 Indata vindsimulering 13
3.3 Detaljerad vindmodellering i detaljplaneområdet 14

4 Resultat 15
4.1 Vindkomfort i markplan 15
4.2 Områden med risk för antingen höga vindhastigheter eller vindförstärkningar i markplan 18
4.3 Vindkomfort på takterrass 19

5 Diskussion 20
5.1 Vindanalys 20
5.2 Åtgärdsförslag 22

6 Referenser 24

BILAGOR

Bilaga A Beskrivning MISKAM-modellen

Bilaga B Beskrivning TAPM-modellen

Sammanfattning

I området kring polishuset vid Skånegatan pågår arbete med en detaljplan som ska medge bebyggelse i tre olika områden. Den planerade bebyggelsen kommer att leda till en förtätning och lokalt relativt stor höjning av stadsstrukturen. Syftet med utredningen är att få bättre förståelse för hur den nya bebyggelsen inverkar på lokalklimatet i den omgivande miljön med avseende på vind.

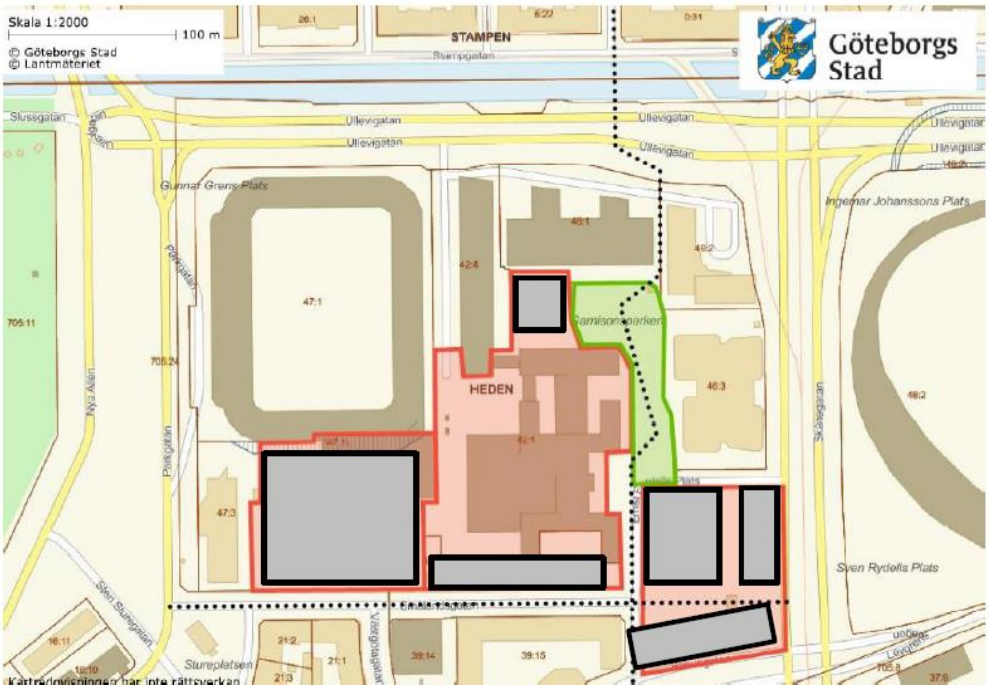
Vid utvärdering av vindkomforten används ofta den "upplevda vinden" istället för den uppmätta vinden, vilket ger en bättre koppling till komforten. Vinden beräknas med två modeller, där den lokala meterologin beräknas med TAPM, en meteorologisk prognosmodell, och vinden i markplan beräknas med CFD-modellen Miskam. Miskam simulerar både turbulens och strömningsförhållanden runt byggnader i mikroskala.

Resultaten visar att områden lämpliga för långvarigt stillasittande, utan åtgärd, i störst utsträckning återfinns på de planerade innergårdarna, medan lämpliga platser, med förbehållet att åtgärder kan komma att behövas, uppvisas centralt i planområdet, i viss utsträckning runt Wallenstams fastighet samt söder om Vasakronans fastighet. I stort sett hela planområdet har mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, så när som på sydöst och nordöst om fastigheterna i planområdets östra del. Resultaten visar även att det lokalt kan uppkomma relativt höga vindhastigheter (4 – 5,4 m/s) som uppträder främst under situationer med allmänt höga vindhastigheter och då bebyggelsestrukturen förstärker vinden. Det är i första hand de trängre gaturummen som verkar som en tratt där luften kanaliseras när den strömmar genom och får en högre hastighet.

Den generella bedömningen är att planområdet överlag har god vindkomfort, men att det på vissa platser kan behövas åtgärder beroende på vad ytan kommer att användas till. En sådan åtgärd skulle kunna vara att plantera mer vegetation, inom hela planområdet men framförallt i de mer öppna delarna centralt, för att minska vidhastighetsökningen i de smalare passagerna. Vissa av fastigheterna skulle med fördel kunna modifieras så att släta och höga fasader istället utformas mer asymmetriskt för att bromsa vinden. Detsamma gäller de högsta byggnaderna, där en ökad asymmetri uppåt minskar vindflödet neråt. Dock är det viktigt att komma ihåg, minskade vindhastigheter kan leda till ökade luftföroreningshalter inom planområdet.

1 Inledning

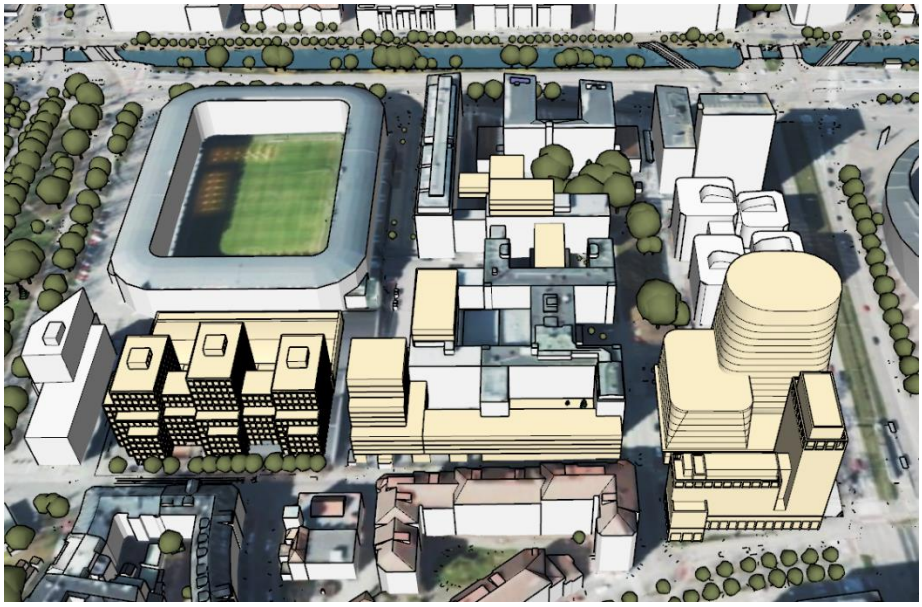
I området kring polishuset vid Skånegatan pågår arbete med en detaljplan som ska medge bebyggelse i tre olika områden, vilka visas i Figur 1. Syftet med detaljplanen är att pröva en utbyggnad av Rättscentrum samt att pröva kontor och bostäder vid Ernst Fontells Plats och vid Ullevi Tennis. Ytorna sträcker sig från Parkgatan i väster till Skånegatan i öster och gränsar till de båda arenorna Gamla Ullevi och Ullevi.



Figur 1 *Tre planbesked, markerade med rött (bebyggelse i grått), kring polishuset har lämnats. Dessa har slagits samman till en detaljplan. Bild ur Göteborgs Stads (Förprövningsrapport gällande planbesked för Bostäder och kontor vid Ernst Fontells Plats (del av Heden 705:13) inom stadsdelen Heden.)*

Den planerade bebyggelsen kommer att leda till en förtätning och lokalt relativt stor höjning av stadsstrukturen (Figur 2). I området ligger redan ett antal höga byggnader, samtidigt som det i vissa stråk är öppet och relativt sparsamt med vegetation. Förändringen av bebyggelsen i planområdet antas påverkar de lokala vindförhållandena, vilket motiverar en utredning av dessa för att förebygga att tillkommande bebyggelse påverkar vindförhållandena negativt.

Kanozi arkitekter har därför anlitat COWI för att utföra en vindkomfortutredning med den planerade framtida bebyggelsen.



Figur 2. En tredimensionell översiktskarta över planområdet, med planerade bebyggelsen i gult.

1.1 Syfte

Syftet med utredningen är att få bättre förståelse för hur den nya bebyggelsen inverkar på lokalklimatet i den omgivande miljön med avseende på vind. Förståelse av de lokalklimatologiska förhållandena kan underlätta att skapa attraktiva platser utomhus för olika ändamål och aktiviteter (till exempel vindstilla terrasser/uteserveringar). I områden med hög och tät bebyggelse är det viktigt att ta hänsyn till de lokalklimatologiska förhållandena redan tidigt i planeringen för att undvika blåsiga områden.

2 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. Redan vid låga vindhastigheter upplevs "olägenheter" till följd av vindens s.k. byighet (d.v.s. när vinden ändrar hastighet och byter riktning plötsligt och ofta) men också av 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 mer än 5 m/s upplevs 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:

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

där I är mått på turbulensintensiteten. Ett typiskt värde för I är 0,6 i lä 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 1 redovisas årsmedelvärden för upplevda och uppmätta vindhastigheter som ej bör överskridas i olika typer av miljöer.

Vindkomforten bedöms i vilken grad människor upplever en sämre komfort, baserat på några olika kriterier, vilka även visas i Tabell 1.

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 1).

Generellt gäller för att vindförhållandena skall anses godtagbara för stillasittande/stillastående aktiviteter så krävs både lägre gränsvärde för årsmedelvindhastigheten och mindre andel av tiden som detta gränsvärde får överskridas, än vad som gäller för rörliga aktiviteter, så som promenad eller cykling. Även tiden för den tänkta vistelsen spelar roll. Detta innebär att på platser som främst är avsedda för kortvariga vistelser och där man förväntas vara i rörelse, som till exempel 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 1. *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/beräknad 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	1,1	1,1	99,5 %

För att hjälpa till att skapa en bättre helhetssyn på vinkomforten i ett område kan det vara av intresse att undersöka förekomsten av höga vindhastigheter och potentiella områden med vindförstärkningar. Enligt Oke (et al 2017) upplevs vindhastigheter över 5,4 m/s som okomfortabla och dessa bör därför inte förekomma mer än maximalt 20% av tiden (Tabell 2). Höga vindhastigheter uppträder naturligtvis främst under situationer med allmänt höga vindhastigheter, men det kan även uppstå lokalt när det inte blåser så kraftigt genom att byggnader eller bebyggelsestrukturen förstärker vinden.

Tabell 2. Rekommenderade gränser för maximala vindhastigheter (Oke et. al 2017).

Vindkriterium	Andel av tiden
Vindhastighet > 5,4 m/s	Maximalt 20 % av tiden

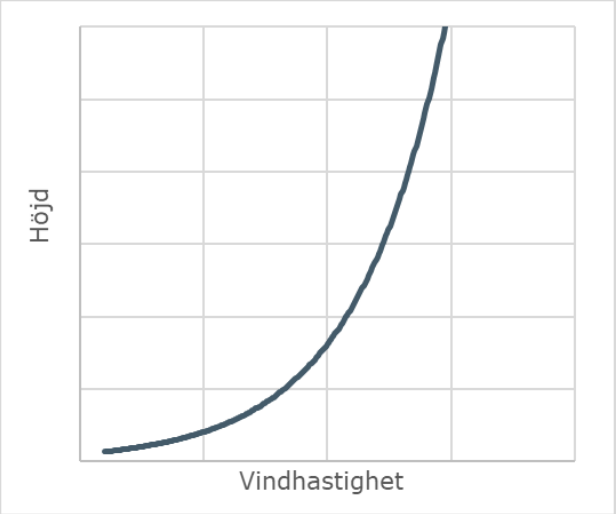
2.1 Vind i tätbebyggda områden

I (tät)bebyggda områden ger bebyggelsen skydd mot vinden. 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 byigheten ökar. Höga byggnader kommer dessutom i kontakt med luftskikt högre upp över marken där vindhastigheten är högre än i markplan där människorna vistas. I kombination med bebyggelsens rumsliga struktur kan detta leda till att det uppstår speciellt blåsiga ställen runt huskropparna, i gaturum eller på torg.

3 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området

3.1 Meteorologiska förhållanden

Ju närmare marken man kommer desto mer påverkas vindhastigheten och vindriktningen av markytans beskaffenhet. Byggnader och vegetation utgör hinder som vinden måste ta sig runt eller över. I större skala har topografin samma effekt och ändrar både vindens hastighet och riktning när luften behöver ändra bana. Vindhastigheten ökar med höjden över marken, i takt med att markytans påverkan avtar. Denna ökning i vindhastigheten sker inte linjärt med höjden utan mer logaritmiskt (se Figur 3).



Figur 3. Generell bild över hur vindhastigheten ökar med ökande höjd över marken. Profilen är ett typexempel och varierar beroende på geografiska läget.

Som kan ses i Figur 3 är vindhastighetsökningen kraftigare initialt, i nära anslutning till markplan, och det är först vid högre höjd som en utplaning av vindökningen sker. Detta beror på den marknära uppbromsningen av vinden, den s.k. ytråheten, vilken skapas av bland annat bebyggelsestruktur och vegetation. Ovanför den nivå där effekten av råheten inte längre är kännbar, minskar inte vindhastigheten i samma utsträckning med ökande höjd. Höga byggnader, som sticker upp över den allmänna taknivån, hamnar därför ofta på nivåer med relativt mycket högre vindhastigheter än vad som ses i markplan. Höga hus hjälper därför till att leda ner dessa höga vindhastigheter till markplan, medan övrig bebyggelse ofta modifierar den marknära strömningen. Eftersom dessa faktorer verkar tillsammans, resulterar de i vindförstärkningar och stora vindriktningsförändringar, relativt den regionala vinden.

För att kunna beräkna realistiska vindförhållanden över ett område behöver en tredimensionell CDF-modell, i detta fall Miskam, meteorologiska indata som representerar de lokala förhållanden, med avseende på vindhastighet och vindriktning (se Bilaga A). Då det inte finns någon meteorologisk mätstation i närheten med tillräckligt hög tidsupplösning (vindmätning varje timme), och inte heller på en tillräckligt hög höjd, har den lokala meteorologin beräknats med TAPM (The

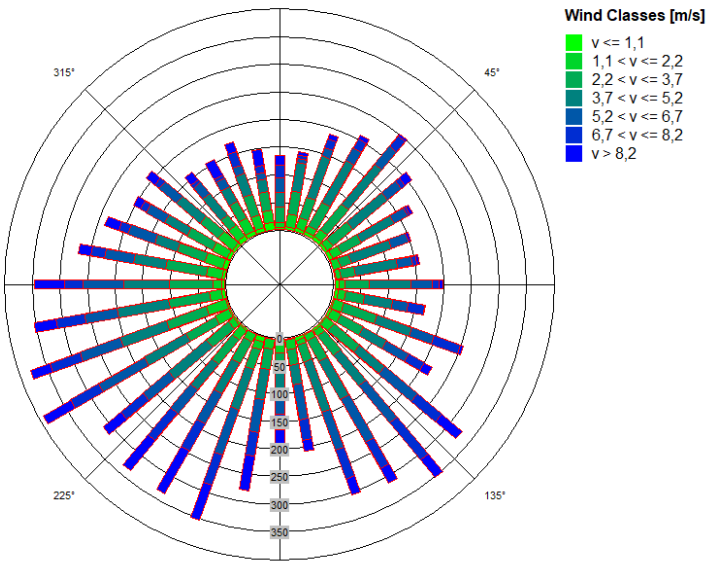
Air Pollution Model, se vidare i Bilaga B). TAPM är en validerad meteorologisk prognosmodell, (Chen m. fl. 2002) som tar hänsyn till bland annat topografi, markanvändning, havstemperatur, markfukt med mera varpå exempelvis sjö/landbris samt omlandsbris kan simuleras. Modellen beräknar vinden på allt 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, upp till cirka 70m. För att kunna beräkna effekten av ”neddraget” av höga vindhastigheten från hög höjd via de höga husen har ingångsdata till de lokala beräkningarna hämtats från TAPM-beräkningarna från 100-150 meter över mark. Denna vindhastighet modifieras därefter i CFD-modellen så att relevant marknära vind erhålles.

3.2 Indata vindsimulering

Som meteorologisk indata till vindfältsberäkningar används ofta antingen ett specifikt år eller ett statistiskt medelår. Om man använder 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 Göteborg använts, sammansatt av månader tagna från åren 1998 till 2016.

Figuren 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 ca 100 till 150 m höjd över marken för hela typåret (Figur 4).



Figur 4. Visualisering av den beräknade vinden över planområdet vid Smålandsgatan på 100 - 150 meters höjd, i form av en vindros.

Staplarnas vinkel i vindrosorna indikerar från vilket håll det har blåst och längden av desamma är ett mått på hur ofta aktuell vindriktningen har förekommit. Vindhastigheten indikeras med olika färger. För hela året är sydvästliga och västliga vindar dominerande, även sydöstliga vindar är ganska frekventa. På 100-150 m höjd är vindhastigheten avsevärt högre än vid 10 m över marken, vilket förklarar den ganska stora andelen av hastigheter över 5 m/s.

3.3 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 A för mer information). I modellen byggs initialt en 3D-modell av bebyggelsen, och därefter beräknas ett tredimensionellt vindfält (strömningsmönster) med en detaljerad horisontell upplösning (3,5 m 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 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 används finns risk att den beräknade vindhastigheten överskattas då vinden inte i tillräcklig omfattning modifieras (bromsas) innan vinden når det aktuella kvarteret. Bebyggelse, särskilt när den utgörs 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 Resultat

4.1 Vindkomfort i markplan

För bedömning av vindkomforten används de vindklasser som beskrivs i Tabell 1. Kriterierna beskriver var olika typer av aktiviteter lämpar sig så som långvarigt stillasittande (t.ex. park eller uteservering), kortvarigt stillasittande (t.ex. busshållplats) och slutligen område lämpligt för gång- och cykelbanor.

Beräkningarna har gjorts dels för medelvindhastigheten för hela året över planområdet, dels för frekvensen av olika vindhastigheter. Då den faktiska vindhastigheten oftast inte är av primärt intresse, utan snarare den upplevda vinden, det vill säga vindkomforten. Områden lämpliga för långvarigt stillasittande visas i Figur 5, där färgsättningen baseras på Tabell 3.

Tabell 3. 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 1.

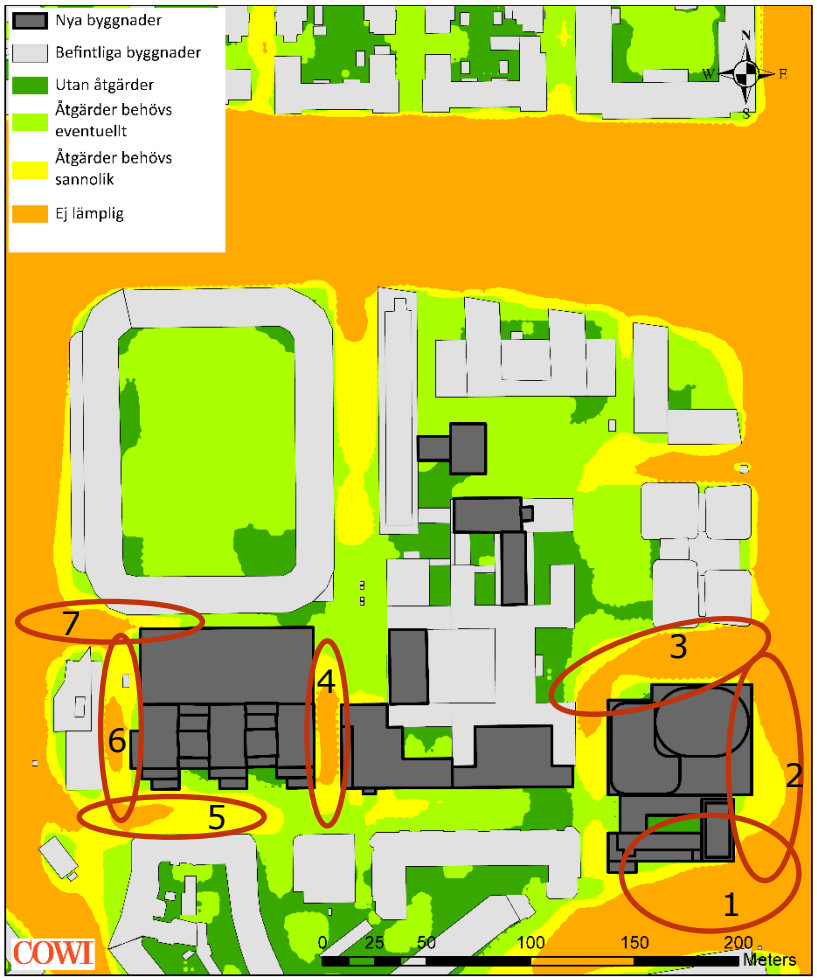
Klassificering av området	**Vindexponering**	**Platsens lämplighet för långvarigt stillasittande**
Mörkgrönt	Vindhastigheten är lägre än 1,1 m/s under 99,5 % av tiden	Mycket bra förutsättningar för långvarigt stillasittande
Ljusgrönt	Vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 80-99,5 % av tiden	Relativt 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

I Figur 5 presenteras olika områdens lämplighet för långvarigt stillasittande. Här framgår att det finns en del områden med mörkgrön färg, d.v.s. områdena där det är lämpligt med långvarigt stillasittande utan att det behövs någon åtgärd alls. Detta ses i störst utsträckning i anslutning till befintlig bebyggelse, men även invid den planerade. Vid den planerade bebyggelsen uppvisas områden men lämplighet för långvarigt stillasittande på hela SGS innegård, vissa delar av Vasakronans innegård samt framför den sydvästligaste delen av Vasakronans fasader. Dessutom uppfylls dessa kriterier även i direkt anslutning till fasaden söder om Wallenstams planerade fastighet.

Inom ljusgröna områden, där vindhastigheten är lägre än 1,1 m/s under 80 - 99,5% av tiden, kan åtgärd behövas om det planeras till exempel ett kafé eller annan liknande verksamhet. Dessa platser återfinns i nära anslutning till den södra och västra fasaden av Wallenstams byggnad, samt mellan Wallenstams byggnad och Ullevi. Dessa kriterier uppfylls även centralt i planområdet, mellan planerad och befintlig bebyggelse samt söder om Vasakronans fastighet.

Inom gula områden är vindhastigheten lite för hög vid alltför många tillfällen för att långvarigt stillasittande skall kunna rekommenderas utan åtgärder. Om det däremot inte är stillasittande aktiviteter som planeras så uppvisar detta område sannolikt tillräckligt god vindinkomfort för kortvarigt stillasittande eller passage genom området. Dessa nivåer ses väster och öster om planområdet, samt till viss des mellan Vasakronan och SGS.

Orangea områden indikerar däremot områden som är mera exponerade för vind och där vindförhållandena kan bli okomfortabla. Detta kan ses runt byggnaderna sydöst i planområdet (riskområde 1-3), mellan Wallenstams och Vasakronans fastighet (riskområde 4) samt väst om Wallenstams fastighet (riskområde 5-7).



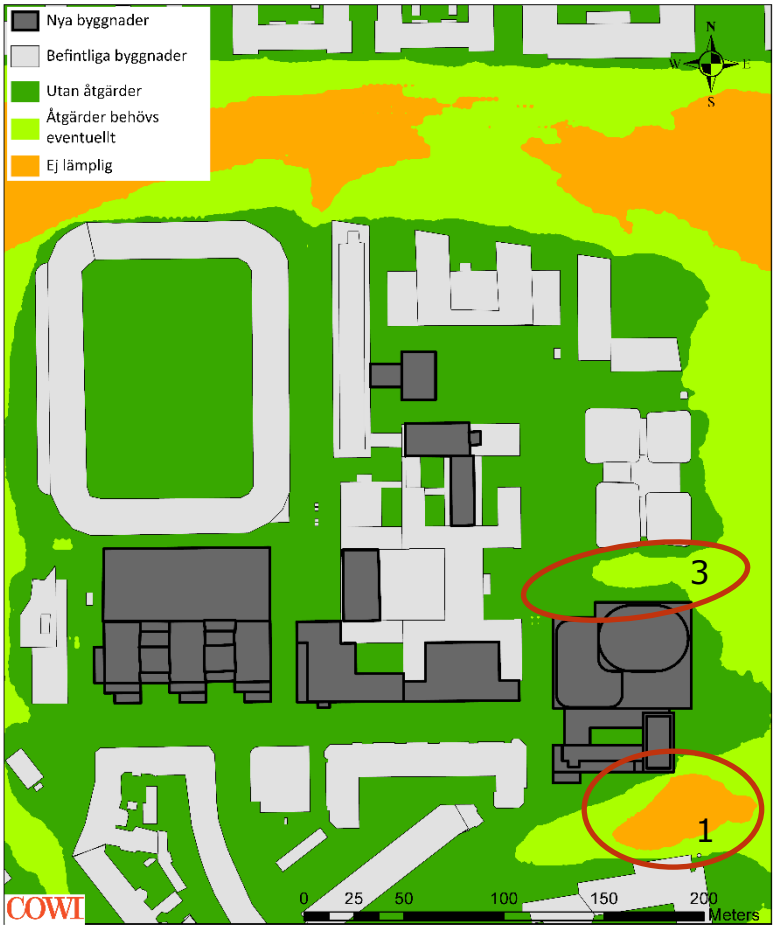
*Figur 5. Bedömning avseende lämplighet för **långvarigt stillasittande**. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Mörkgrönt: inga åtgärder. Ljusgrönt: ev. behövs åtgärder. Gula områden: åtgärder behövs. Orange: ej lämpliga för långvarigt stillasittande. Specifika riskområden är markerade med röd ring.*

Motsvarande analys har även gjorts för kortvarigt stillasittande där områden lämpliga för kortvarigt stillasittande visas i Figur 6, där färgsättningen baseras på Tabell 4.

Tabell 4. I Figur 6 har respektive område klassificerats för att visa på områdets lämplighet avseende aktiviteter som innefattar kortvarigt stillasittande. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 1.

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

Utifrån denna bedömning visar resultaten att i stort sett hela planområdet har mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, så när som på sydöst och nordöst om fastigheterna i planområdets östra del (riskområde 1 & 3), där vissa åtgärder kan komma att behövas norr om fastigheten och krävas sydöst om.

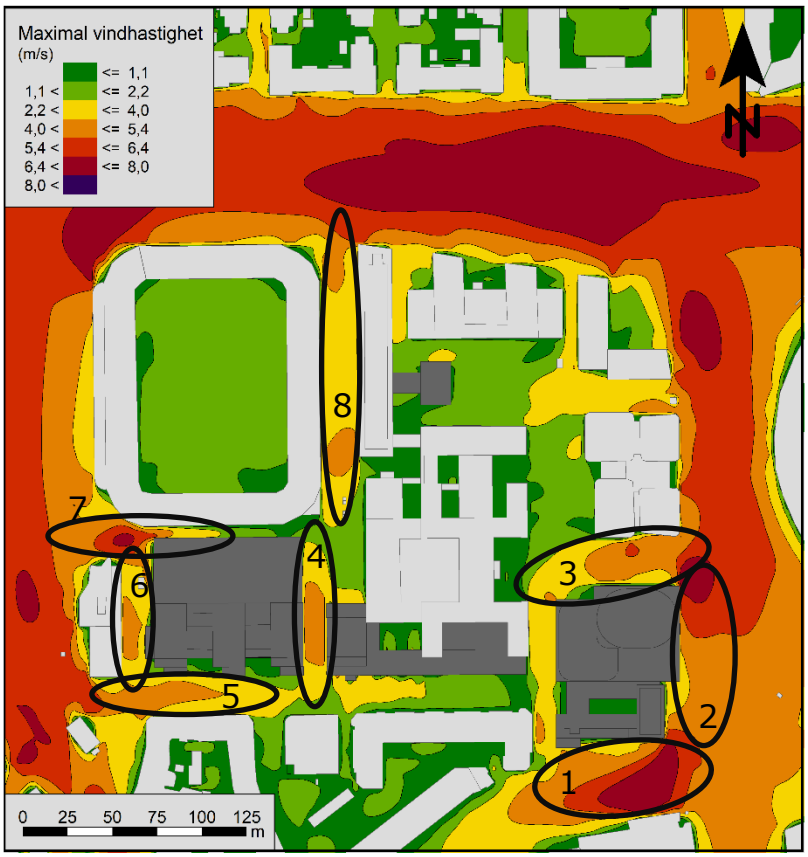


*Figur 6. Bedömning avseende komfortkriterium för **kortvarigt stillasittande**. Färgerna indikerar olika behov av åtgärder. Grönt: inga åtgärder behövs. Gult: Ev. behövs åtgärder. Orange: Ej lämpligt för kortvarigt stillasittande men okej för gång/cykelbana. Specifika riskområden är markerade med röd ring.*

4.2 Områden med risk för antingen höga vindhastigheter eller vindförstärkningar i markplan

För en total förståelse av vindkomforten undersöks även den beräknande maximala vindhastigheten inom planområdet (Figur 7). Det framgår att det lokalt kan uppkomma relativt höga vindhastigheter (4 – 5,4 m/s) längs de västligaste delarna av Smålandsgatan (riskområde 5), längs med gångvägen direkt väst om Wallenstam (riskområde 6), mellan Wallenstam och Vasakronans fastigheter (riskområde 4) samt direkt norr om fastigheten i planområdets östra delar (riskområde 3). Höga vindhastigheter, över 5,4 m/s, ses längs Ullevigatan, Skånegatan och Parkgatan, vilket beror av det öppna och relativt vida gaturummet.

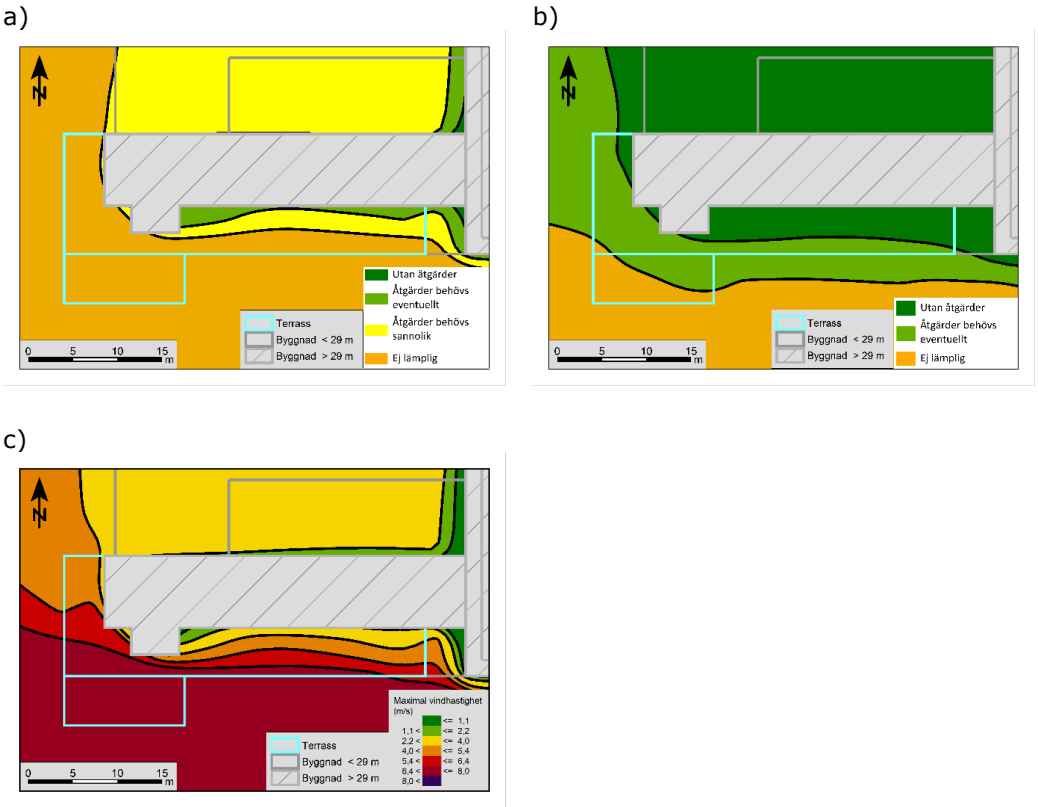
Höga vindhastigheter uppträder naturligtvis främst under situationer med allmänt höga vindhastigheter, men det kan även uppstå lokalt när det inte blåser så kraftigt, genom att byggnader eller bebyggelsestrukturen förstärker vinden. Detta kan ses direkt nordöst om Wallenstams fastighet, i anslutning till Ullevis sydvästra hörn (riskområde 7) samt direkt nordöst och sydöst om fastigheterna i planområdets östra delar (riskområde 1 & 3). Det är i första hand ett resultat av de trängre gaturummen som verkar som en tratt där luften kanaliseras när den strömmar genom och får en högre hastighet.



Figur 7. Maximal vindhastighet vid planområdet, med specifikt utsatta området markerat med svart ring.

4.3 Vindkomfort på takterrass

Enligt detaljplanen planeras en takterrass på SGS fastighet, i sydöstra delen av planområdet. Denna terrass planeras på ca 29 m höjd och motsvarande vindanalys som genomförts för markplan ovan har även gjorts även för terrassen. I Figur 8 redovisas en sammanställning av de två komfortkriterierna (a respektive b) samt den maximala vindhastigheten på takterrassen (c). Här ses att det är ganska stora variationer i komfort och maximal vindhastighet, trots att terrassen begränsade yta.



*Figur 8. Sammanställning av bedömningen av vindkomforten på takterrass med avseende komfortkriterium för **långvarigt stillasittande** (a), **kortvarigt stillasittande** (b), samt **maximal vindhastighet** (c). Färgerna för kort- och långvarigt stillasittande indikerar olika behov av åtgärder. Grönt: inga åtgärder behövs. Gult: Ev. behövs åtgärder. Orange: Ej lämpligt*

Som framgår av Figur 8 ökar vindhastigheten med ökat avstånd från byggnadens fasad. I den mån dessa delar är tänkta att användas för till exempel uteplatser kommer det behövas någon åtgärd för så att kriteriet för långvarigt stillasittande nås (Figur 8a). Det behövs dock inga åtgärder om användningen är tänkt för kortvarigt stillasittande (Figur 8b). I Figur 8c redovisas den maximala vinden på terrassen och här ses att det stundom kan komma att bli ganska blåsigt, framför allt i den sydvästligaste delen av terrassen. Denna kunskap kan vara viktig om det planeras att ha till exempel markiser eller vindkänslig växtlighet och dylikt då det vid blåsig väderlek kan bli höga vindhastigheter.
Då ingen del av terrassen, i nuläget, kvalificerar sig för långvarigt stillasittande, rekommenderas därför att någon form av skyddande åtgärd vidtas. Detta kan till exempel vara skärmar eller stabilare vegetation.

5 Diskussion

Utredningsområdet består av både befintlig och ny bebyggelse. Den befintliga kommer att kompletteras med några nya byggnader, samtidigt som helt ny bebyggelse kommer att uppföras. De nya byggnaderna ger en mer kompakt och förhöjd bebyggelsestruktur och denna förtätning påverkar således lokala vindförhållanden i markplan. Generellt utgör bebyggelse ett hinder för luft i rörelse och vinden byter därför ofta riktning. Detta bidrar till byig vind och upplevelsen av att "det blåser samtidigt från alla håll", vilket ofta märks i gaturum med varierad byggnadshöjd eller runt byggnaders hörn.

För att undersöka områdets vindkomfort har kriterier enligt Glauman och Westerberg beräknats för den modellerade vinden. 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 specifikt 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 under längre tider (till exempel i parker eller på kaféer) ska det därför vara övervägande vindstilla, med en mycket hög andel timmar med mycket svaga vindar.

Resultatet av vindkomfortberäkningarna baseras här på timvis helårsstatistik, vilket ger en bra generell bild av vindkomforten i planområdet. I Sverige är dock utomhussäsongen relativt kort och begränsas till den varmare perioden av året, från april till oktober och det är under den perioden när människor är mest utomhus och vill kunna sitta på uteserveringar, i parker eller på lekplatser. Då det generellt är mer blåsigt på hösten och vintern och lugnare på sommaren, skulle eventuellt komfortberäkningar baserade på utomhussäsongens statistik ge ett modifierat resultat, med fler områden som klarar kriterier för långvarigt stillasittande. När det gäller kriteriet för kortvarigt stilla sittande och maximala vindhastigheter bör dock även vintersäsongen vara inkluderad i analysen, då det är under denna säsong högst vindhastigheter oftast inträffar. I denna bedömning omfattas även bedömning av lokalisering av till exempel hållplatser, cykelbanor och promenadstråk och val av vindtålig vegetation m.m.

5.1 Vindanalys

Kriteriet för långvarigt stillasittande i markplan - Mörkgrönt:
Detta kriterium uppfylls endast på ett fåtal platser (mörkgröna områden i Figur 5) där det hårda kriteriet med vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 99,5% av tiden (endast ca 440 timmar per år med en vindhastighet över 1,1 m/s) uppfylls. Dessa mycket skyddade platser återfinns i första hand på helt eller delvis slutna innergårdar.

Kriteriet för långvarigt stillasittande i markplan – Ljusgrönt:
Vid den lägre gränsen på minst 80% av vindstilla timmar (motsvarar ca 7000 timmar per år) framgår det att nästan hela planområdet omfattas. Bedömningen är därför att planområdet har överlag god vindkomfort. På vissa platser kan det dock behövas åtgärder beroende på vad ytan kommer att användas till,

exempelvis vid planering och inrättandet av platser med behov för mer vindstilla förhållanden, så som uteserveringar.

Kriteriet för långvarigt stillasittande i markplan – Orange:
Inom planområdet finns det en del ytor som inte är lämpliga för långvarigt stillasittande. Förhållandena här uppkommer som en konsekvens av byggnadernas lokalisering inom planområdet, vilket skapar vissa vindförstärkande egenskaper. Dessa egenskaper omnämns mer nedan under *kriterier för maximala vindar*. Områden som inte är lämpliga för långvarigt stillasittande är framför allt smala passager mellan fastigheter (*riskområde 3-6*) samt även i anslutning till mer öppna ytor så som Skånegatan och Parkgatan (*riskområde 1, 2 & 7*).

Kriteriet för kortvarigt stillasittande i markplan:
Beräkningarna visar att i stort sett hela planområdet uppfyller gränsvärdet för kortvarigt stillasittande, utan att några specifika åtgärder behöver vidtas (mörkgröna områden i Figur 6). Endast norr om fastigheten sydöst i planområdet (*riskområde 3*) kan det behövas eventuella åtgärder (ljusgröna områden i Figur 6) och direkt sydöst om samma fastighet (*riskområde 1*) är det ej lämpligt för kortvarigt stillasittande (orangea områden i Figur 6).

Kriteriet för maximala vindar i markplan:
När förtätningen omfattar höga byggnader finns risk för att dessa leder ner kraftiga vindar till markplan, då de kommer i kontakt med mer blåsiga luftlagren högre upp över marken. Detta kan ses norr om fastigheten i sydöstra delen av planområdet (*riskområde 3*), där både vinden från de högre luftlagren transporteras ned samtidigt som det är ett relativt smalt gaturum.

Det finns även risk för vindförstärkningar vid trånga passager, på grund av att luftvolymen trycks ihop vilket resulterar i en förstärkning av vindhastigheten. I utredningsområdet syns denna effekt främst mellan Wallenstam och Vasakronans fastighet (*riskområde 4*), men även direkt väster och söder om Wallenstams fastighet (*riskområde 5 & 6*). En kombination av två vindförstärkande passager kan ses i hörnet nordväst om Wallenstams fastighet (*riskområde 7*).

Även om dessa höga hastigheter sannolikt inte kommer att ske under speciellt många situationer under ett år så kan detta ändå upplevas som okomfortabelt för människor som passerar här ofta, varpå åtgärder eventuellt skulle kunna behövas.

Kriterier på terrassen:
På den planerade takterrassen finns risk att vindhastigheten är för stor för att långvarigt stillasittande är möjligt utan någon form av åtgärd som skapar lä (Figur 8a). De mest vindskyddade delarna av terrassen finns närmast fasaden medan det är mer blåsigt längre ut. Även kriteriet för kortvarigt stillasittande (Figur 8b) och maximala vindhastigheter (Figur 8c) rekommenderas åtgärder som skapar mer lä beroende på vad terrassen ska användas till.

5.2 Åtgärdsförslag

Generellt beror vindförstärkningar i urban miljö på några olika grundprocesser. Det är antingen genom tratteffekter, där luft tvingas in i till exempel smalare gaturum ibland via en trattformation, eller genom att vind med högre vindhastighet ifrån högre luftlager leds ner i markplan, eller genom hörneffekter runt hus eller tunnelmynningar. I det senare fallet är det inte nödvändigtvis så mycket högre vindhastighet utan ofta kraftigt turbulenta vindflöden som skapar okomfort. För att kunna föreslå rätt typ av åtgärd måste en analys göras av varför det uppstår höga vindhastigheter inom ett område. Detta gäller både förstärkningar i markplan och på terrassen, så att till exempel en skärm placeras på rätt plats. Det kan även vara så att olika riktningar orsakar ett specifikt problem på någon plats varför en platsspecifik analys i sådana fall kan behövas. Denna utredning omfattar mer generella tips på åtgärder, baserade på erfarenheter av liknade fall men för att kunna säkerställa att rätt åtgärd väljs måste en mer detaljerad analys göras.

Vegetation:
De höga vindhastigheter som uppkommer mellan Wallenstam och Vasakronans fastigheter (*riskområde 4*), skulle sannolikt kunna minskas genom plantering av vegetation vid den mera öppna ytan, norr om byggnaderna. Denna vegetation skulle kunna bryta upp vinden innan den vindförstärkande effekten uppstår när en större luftvolym ska pressas in i det smalare gaturummet mellan byggnaderna. En generell ökning av vegetation inom hela planområdet skulle även verka positivt för vindkomforten i hela området. Detta bör dock göras genomtänkt, då effekten av minskad vindhastighet kan bli att luftkvaliteten blir sämre (se vidare nedan).

Avskärmning:
Då ytan som utgörs av terrassen är ganska begränsad skulle en skärmande glasvägg längs ytterkanten kunna ge ett effektivt skydd och skapa mer komfortabla förutsättningar på terrassen.

Byggnadsutformning:
Det är ofta fördelaktigt att undvika släta höga väggar på byggnader, då det inte finns något som kan påverka och minska vindhastigheten. Men för att en sådan åtgärd ska få någon effekt räcker det sannolikt inte med lite ojämn struktur utan mer utskjutande delar måste till. I den mån detta är görligt skulle det kunna vara bra att ha i åtanke vid utformningen av Wallenstams fastighet, för att minska vindhastigheten både väst (*riskområde 6*) och öst (*riskområde 4*) om byggnaden. Detta skulle även kunna appliceras på byggnaden längst sydöst i området (*riskområde 2 & 3*).

För att förbättra vindkomforten runt byggnaderna i sydöstligaste delen av planområdet (*riskområde 1-3*) kan utformningen av fastighetens högre delar förändras något. En mer trappstegsliknande utformning skulle enligt Oke (2017) hjälpa till att leda bort det nedåtgående vindflödet och på sätt hjälpa till att minska de höga vindhastigheterna i markplan, framför allt norr om (*riskområde 3*) och öster om (*riskområde 2*) fastigheten. Denna minskning av vindhastighet kan dock ha en negativ inverkan på luftkvaliteten runt byggnaden och vid entréer och bör därför placeras in mot centrala delen av planområdet. Det är viktigt att

eventuella åtgärder görs även med hänsyn till luftkvaliteten, så den inte påverkas negativt.

Direkt söder om Wallenstams fastighet (*riskområde 5*) ses en vindförstärkande effekt på grund av det smala gaturummet, men då byggnaden har en asymmetrisk fasad i denna riktning, påverkar det vindhastigheten positivt och hastigheten hade med stor sannolikhet varit högre i området om fasaden hade varit mer jämn.

Osäkerheter och behov av vidare analys:
Vinden inom ett område kan öka av olika skäl, både uppifrån, i och med högre byggnader, och genom en tratteffekt vid avsmalnande gaturum. Detta gör det svårt att säkerställa effekten av eventuella åtgärder, utan att ytterligare beräkningar genomförs. Dessutom skulle en ytterligare utvärdering av vindhastigheter och vindriktningar kunna genomföras för att säkerställa vilka vindriktningar som mest frekvent påverkar varje riskområde. En ökad förståelse för vindens riktning under situationer med hög hastighet kan hjälpa till att skapa så effektiva åtgärder som möjligt. Detta kan även vara till fördel för att inte riskera att skapa vindmässigt komfortabla områden, där följden blir att luftkvaliteten blir försämrad, då även luftkvaliteten är kopplad till vindhastighet såväl som vindriktning.

6 Referenser

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

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

Haeger-Eugensson M, Andersson S och Kindell S. (2018). Modellering av luftkvalitet i markplan i tätbebyggda områden - jämförelse mellan en CFD- och OSM-modell samt två Gaussiska modeller. Göteborgs universitet, rapport C124, ISSN 1400-383X. Rapporten kan läsas här: https://studentportalen.gu.se/digitalAssets/1737/1737322_c124.pdf

Oke, T. et. al, (2017): Urban Climates. Cambridge University Press.

Bilaga A 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 vägavsnitt 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. under flow 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.

Bilaga B 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 SO_2 och partikelbildning, fotokemiska reaktioner där ibland NO_X, O_3 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.

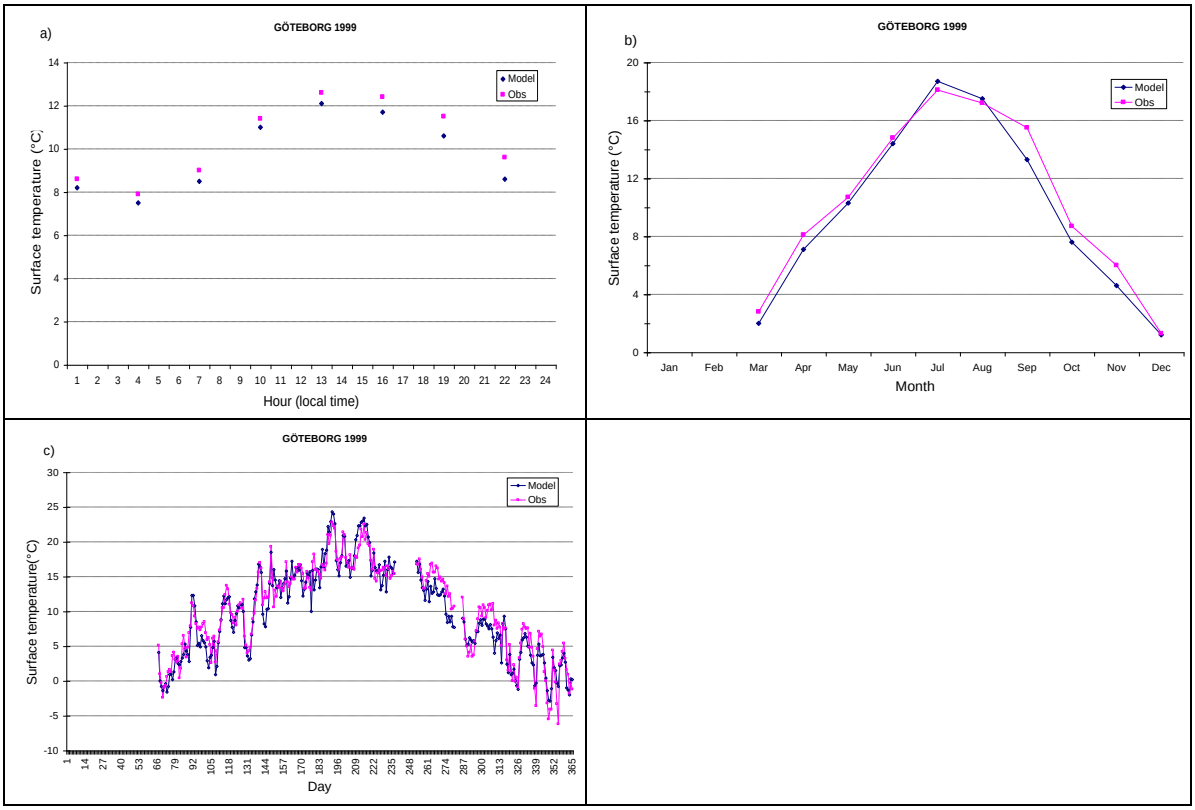
Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogeniska ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al. Environ. Sci. Technol., 36 (2002).

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).

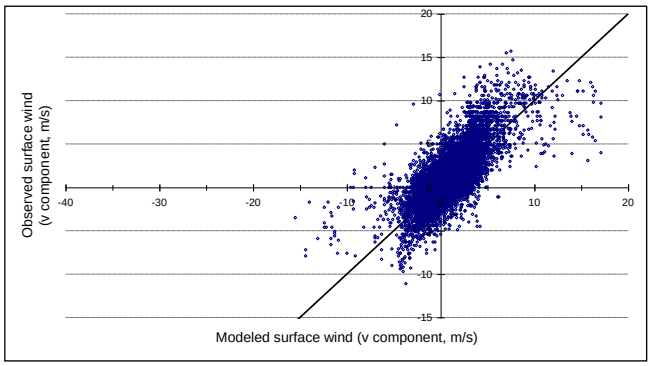
Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL har också genomfört valideringar för svenska förhållanden dels i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden. Mer detaljer om modellen kan erhållas via www.dar.csiro.au/TAPM.

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.

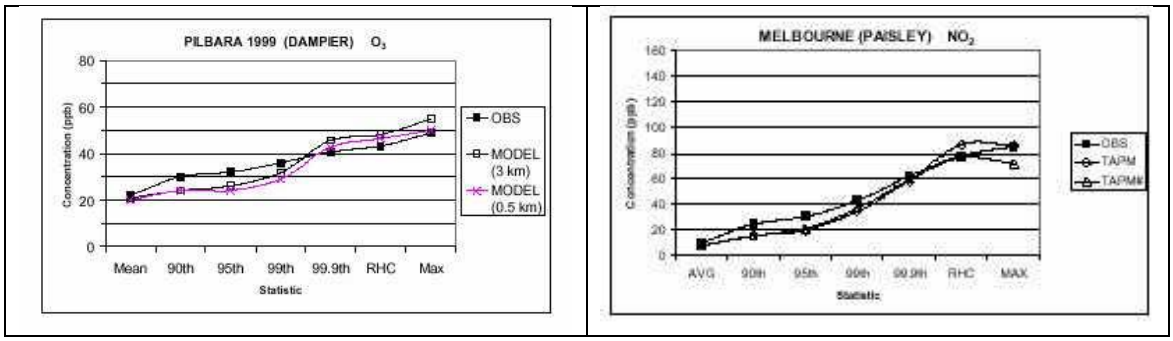
I figur B.2 presenteras en jämförelse mellan uppmätt och beräknad vindhastighet vid Säve. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade ozon- och NO_2-halter har genomförts i Australien (se figur B.3)



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.