

SEPTEMBER 2022  
SVENSKA MÄSSANS STIFTELSE

# VINDKOMFORTUTREDNING FÖR +ONE, SVENSKA MÄSSAN, GÖTEBORG



**COWI**



ADRESS COWI AB  
Vikingsgatan 3  
Box 12076  
411 04 Göteborg

TEL 010 850 10 00  
WWW cowi.se

SEPTEMBER 2022  
SVENSKA MÄSSANS STIFTELSE

# VINDKOMFORTUTREDNING FÖR +ONE, SVENSKA MÄSSAN, GÖTEBORG

PROJEKTNR.

A243349

DOKUMENTNR.

A243349-4-02-02-RAP-003

VERSION

UTGIVNINGSDATUM  
2022-09-28

BESKRIVNING

UTARBETAD

CHRISTINE ACHBERGER  
SARA JÄGER  
SANDRA-FANI CIMERMAN

GRANSKAD

BENJAMIN HOLMBERG

GODKÄND

BENJAMIN HOLMBERG



# INNEHÅLL

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sammanfattning                                                                | 7  |
| 1 Inledning                                                                   | 9  |
| 1.1 Bakgrund                                                                  | 9  |
| 1.2 Syfte                                                                     | 10 |
| 2 Underlag och metodik                                                        | 11 |
| 2.1 Indata bebyggelse                                                         | 11 |
| 2.2 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind                                | 12 |
| 2.3 Vind i tätbebyggda områden                                                | 14 |
| 3 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området                    | 15 |
| 3.1 Meteorologiska förhållanden                                               | 15 |
| 3.2 Indata vindsimulering                                                     | 15 |
| 3.3 Detaljerad vindmodellering i detaljplaneområdet                           | 16 |
| 3.4 Vind i tätbebyggda områden                                                | 17 |
| 4 Resultat                                                                    | 18 |
| 4.1 Vindkomfortklassning                                                      | 18 |
| 4.2 Områden med risk för antingen höga vindhastigheter eller vindförstärkning | 26 |
| 5 Diskussion                                                                  | 27 |
| 6 Referenser                                                                  | 29 |



## Sammanfattning

Svenska Mässan och Gothia Towers vid Korsvägen, Göteborg, expanderar och nu tas nästa steg. Expansionen innebär ett nytt höghus, +One, och en utbyggnad av huvudentrén. Byggnaden beräknas bli cirka 140 m hög med 40 våningsplan, och den kommer att ha direkt anslutning till Korsvägens nya tågstation som ingår i Västlänken. Den nya byggnaden har planerats innefatta hotell, restaurang och eventuellt även små bostäder, mindre än 35 m<sup>2</sup>.

COWI har tidigare fått i uppdrag att utreda luftkvaliteten i detaljplaneområdet och därefter även fått uppdraget att bedöma vindkomforten i anslutning till +One. Utredningens syfte har varit att utreda vindkomforten i markplan såväl som i höjd med verandan (ca 12 m över markplan) samt för takterrassen "Kronan" (ca 140 m över markplan).

### Sammanfattningsvis visar utredningen:

- > Vindkomforten i markplan vid entréområdena längs med Örgrytevägen bedöms som god, dock är det lite blåsigare längs med Skånegatan. Det mest exponerade området ligger i hörnet mot korsningen vid Korsvägen.
- > Det är mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande längs stora delar av verandorna lokaliserade i markplan.
- > De maximala vindhastigheterna i entréområdet i markplan uppgår till 1 – 6 m/s, där de högsta vindhastigheterna förekommer närmast Korsvägen.
- > På verandan som ligger ca 12 m över marken kan långvarigt stillasittande inte rekommenderas på den smalare delen mot Skånegatan. På den bredare delen mot Korsvägen och Örgrytevägen krävs åtgärder i olika grad för att förbättra förutsättningar för långvarigt stillasittande.
- > Förutsättningarna är dock mycket lämpliga för kortvarigt stillasittande på verandan som är på högre höjd. På denna plats uppgår de maximala vindhastigheterna till ca 3 – 6 m/s.

- > Vindkriterierna för både lång- och kortvarigt stillasittande överskrids med stora marginialer på takterrassen ("Kronan"). Stora delar av "Kronan" har vindhastigheter över 5,4 m/s, som upplevs som okomfortabla vid exponering över längre tid.



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

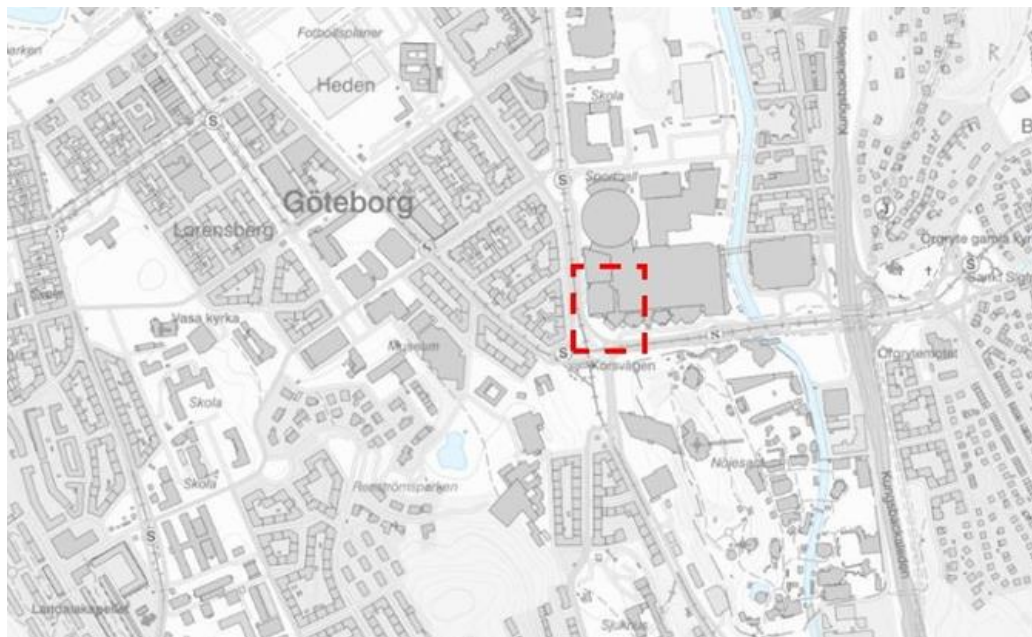
Svenska Mässan och Gothia Towers vid Korsvägen, Göteborg, expanderar och nu tas nästa steg. Expansionen innebär ett nytt torn och en utbyggnad av huvudentrén. Ambitionen är att skapa ett nytt landmärke och en entré som suddar ut gränsen mellan ute och inne. Byggnaden beräknas bli cirka 140 m hög med 40 våningsplan, och den kommer att ha direkt anslutning till Korsvägens nya tågstation som ingår i Västlänken.

Det nya tornet i detta projekt har fått namnet +One, vilket man tänker sig att byggnaden kommer att innehålla cirka 400 hotellrum, restauranger, mötesytor samt kontor (Figur 1). Det finns även ett förslag att +One ska innehålla kategori-bostäder (max 35m<sup>2</sup>/ lägenhet).



Figur 1 Visionsbild på +One från arkitektbyrån Tham & Videgård.

Korsvägen i Göteborg är en knutpunkt för kollektivtrafiken och är placerad mitt i stadens evenemangsstråk, vilket gör platsen viktig för kommunikationen till och från stora evenemang (Figur 2). I nuläget byggs Västlänken för fullt vid Korsvägen samtidigt som kollektiv-och biltrafik rör sig i området. Bygget av Västlänken beräknas vara färdigställt år 2026.



Figur 2 Översiktskarta över +Ones läge vid Korsvägen.

Läget vid Korsvägen samt områdets omfattande trafikarbete har tidigare varit ett motiv för att visa på nödvändigheten av en detaljerad utredning av luftkvaliteten i området. COWI har tidigare utfört en detaljerad luftkvalitetsutredning inom samma detaljplan, där resultaten visade på att alla miljökvalitetsnormer (MKN) avseende NO<sub>2</sub> och PM<sub>10</sub> klarades med god marginal (COWI 2022). COWI har nu fått förfrågan att i tillägg utföra en vindutredning, som ska fokusera på vindkomfort på olika höjdnivåer relaterade till de tilltänkta terrasserna.

## 1.2 Syfte

Syftet med vindkomfortsutredningen är att utreda och redovisa:

- > Vindkomforten utifrån två olika vindkomfortklasser på tre olika nivåer (gatu-plan, veranda och takterrass).
- > Maximala vindhastigheter för respektive nivå.
- > Områden/platser som kan kräva fördjupande analyser med avseende på vindkomfort baserat på beräkningsresultaten.

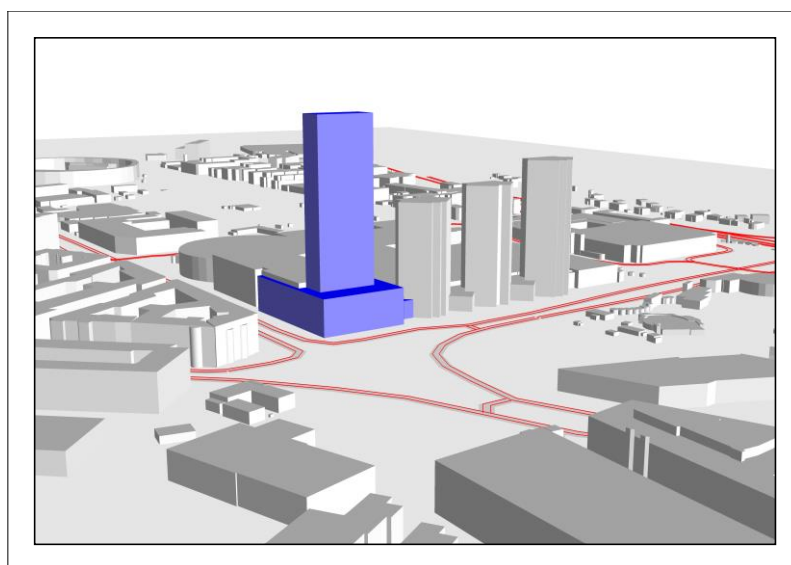
## 2 Underlag och metodik

### 2.1 Indata bebyggelse

Indata för 3D-modellen har erhållits från kund som

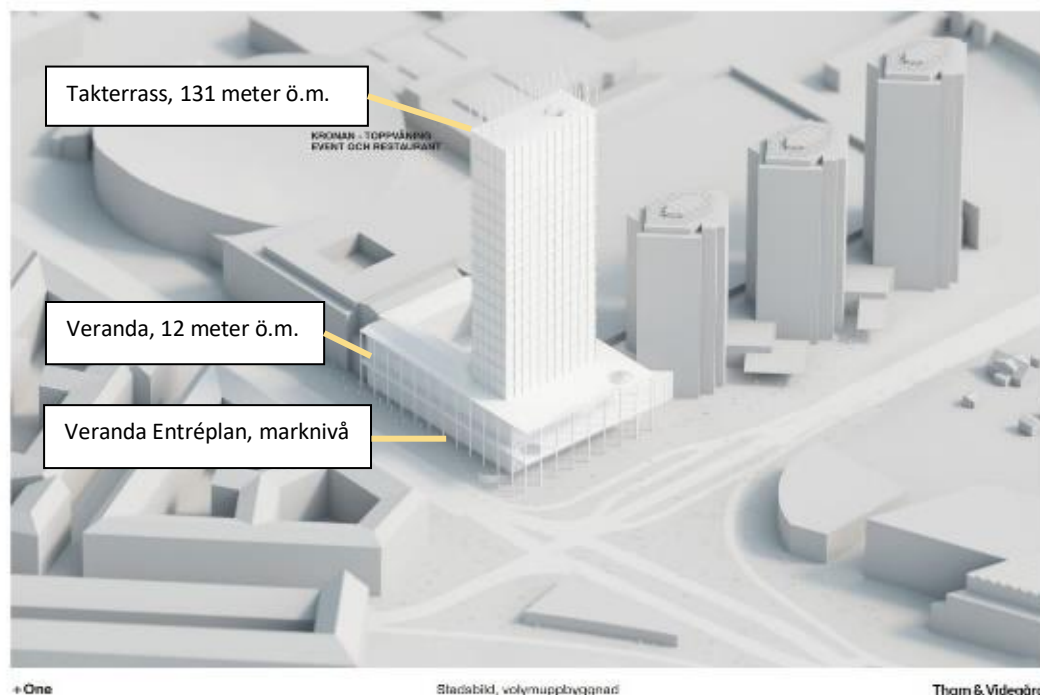
- > DWG: 3D-modell +One
- > DWG: Grundkarta med befintliga byggnader från Stadsbyggnadskontoret
- > SHP: Fastighetskartan

Utifrån detta underlag har 3D-modellen byggts upp i Miskam, se Figur 3. Mer om Miskam i Bilaga B.



Figur 3 Snapshot från Miskam, +One 3D-modell. Röda linjer indikerar trafikerade vägar.

Då de tilltänkta verandorna ej har utstickande balkonger, har vindtunnlar lagts in i 3D-modellen. Dessa vindtunnlar är satt i modellen till att korrespondera med de tilltänkta verandornas höjd, och skapa öppna ytor på ett viss djupt in mot fasaden. På så vis är byggnaden inte stängd (som kan tolkas i Figur 3), utan skapar områden där vinden kan röra på sig fritt, vilket ger ett mera sanningsenligt resultat utefter de underlag som har tillhandahållits (Figur 4).



Figur 4 Arkitektbild på +One skapad av Tham & Videgård. Verandor och terrassen är angivna som meter över markplan (ö.m.), eller i marknivå.

Den största förändringen i detaljplanen blir utformningen av entrén till Svenska Mässan som vetter mot Korsvägen samt det höga tornet. Tornet i sig är indraget från gatufasaderna vilket skapar ett relativt öppet gaturum jämfört med en placering närmare vägen. Därmed minskar även turbulensen i gaturummet, vilket kan uppkomma i anslutning till höga byggnader. På markplan ändras inte områdets utformning drastiskt av bygget då det främst byggs ovanpå befintliga hus.

## 2.2 Vind och den mänskliga upplevelsen av vind

I vårt nordliga klimat med övervägande låga temperaturer har vinden en stor inverkan på hur människor upplever utomhusvistelse. Vid låga vindhastigheter upplevs olägenheter dels till följd av vindens så kallade byighet (d.v.s. när vinden ändrar hastighet och byter riktning plötsligt och ofta), samt dels 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 försämrade 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" i stället 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. 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 i lä om en byggnad. Med hjälp av denna omräkning kommer till exempel värdet 5 m/s, som är gränsvärdet för det årsmedelvärde 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.

Vindmiljön bedöms i vilken grad människor upplever en sämre komfort, baserat på några olika kriterier som visas i Tabell 1.

För att en plats ska ha godtagbara vindförhållanden krävs det att den uppmätta vindhastigheten för respektive aktivitet inte ska överskridas under mer än en viss procentuell andel av tiden under ett genomsnittligt år (Tabell 1).

Generellt gäller att för att vindförhållandena skall anses godtagbara för stillasittande/stillastående aktiviteter 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 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 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 (m.fl. 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 m.fl. 2017).

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

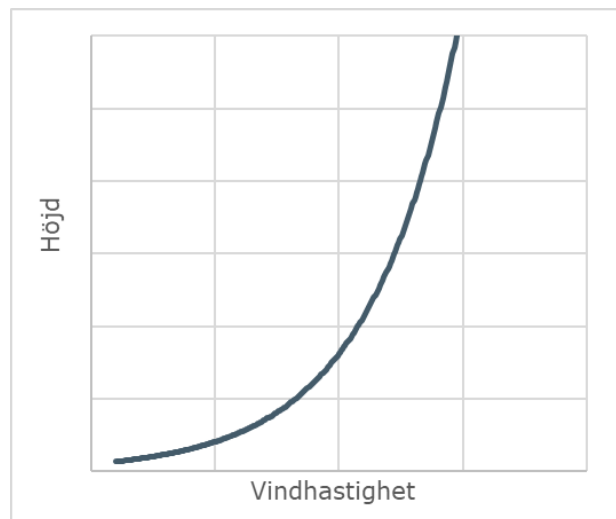
## 2.3 Vind i tätbebyggda områden

Jämfört med öppna ytor ger bebyggelsen skydd mot vinden på den aktuella platsen. Detta innebär att medelvindhastigheten i marknivå blir lägre än 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, särskild 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 Modellering av vind och strömningsförhållanden i området

#### 3.1 Meteorologiska förhållanden

Markytans beskaffenhet påverkar vindhastigheten och vindriktningen och effekten är störst nära marken. Byggnader och vegetation utgör hinder för vinden och luften i rörelse behöver ta sig runt eller över hindret. 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 ökar logaritmiskt, se ett exempel i Figur 5.



Figur 5. Generell bild över vindhastighetens ökning över marken. Den vertikala profilen visar hur vindhastigheten kan öka med större höjd över marken. Profilen är ett typexempel och kan variera mycket beroende på geografiska läget.

#### 3.2 Indata vindsimulering

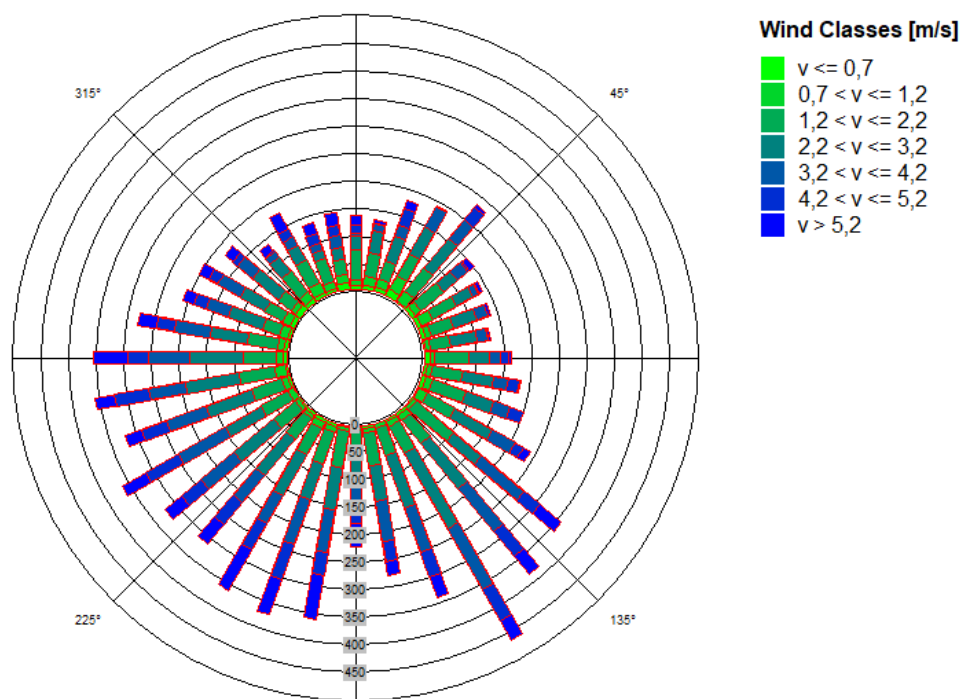
För att kunna beräkna realistiska vindförhållanden över ett område behöver en tredimensionell CFD-modell (Computational Fluid Dynamics), i detta fall Miskam-modellen (Microscale Climate and Dispersion Model), meteorologiska indata som representerar de lokala förhållanden, med avseende på vindhastighet och vindriktning (se Bilaga B). Då det inte finns någon meteorologisk mätstation i närheten med tillräckligt hög tidsupplösning (vindmätning varje timme), och inte heller på en relevant höjd har den lokala meteorologin beräknats med TAPM (The Air Pollution Model, se vidare i Bilaga C. 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.

Då väderförhållandena, och i förlängningen spridningsförutsättningarna, varierar från år till år har meteorologin beräknats för ett så kallat typår, som representerar



de genomsnittliga meteorologiska förhållandena under ett år för ett område. Ett typår är inte ett specifikt år utan en sammansättning av månader från olika år under den senaste tjugoförårsperioden. Om typårets januari motsvaras av år 2008 så innebär detta att januari år 2008 varit mest representativ för områdets januariväder under de senaste 20 åren.

Figurerna 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 25 till 50 m höjd över marken för hela typåret (Figur 6). 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 sydostliga är ganska frekventa.



Figur 6. Visualisering av den beräknade vinden över planområdet vid +One, Svenska Mässan på 25 - 50 meters höjd, i form av en vindros.

### 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 B 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, Andersson, och Kindell 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.

### 3.4 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 än 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, särskild 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.

## 4 Resultat

### 4.1 Vindkomfortklassning

Vindklassificeringar för kort- och långvarigt stillasittande som ligger i grund för resultatet återfinns i Tabell 3. I Figur 7 och Figur 10 har respektive område klassificerats för att visa på områdets lämplighet avseende aktiviteter som innefattar långvarigt stillasittande. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 1. För att lättare kunna identifiera områden mellan intervallen *mycket bra förutsättningar* till *ej lämpliga* så har varje intervall fått en egen färgklassificering.

Tabell 3 I Figur 7 och Figur 10 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.                 |
| Gröngult                  | Vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 60 - 80 % av tiden   | Åtgärder krävs för att området ska bli lämpligt för långvarigt stillasittande |
| Orange                    | Vindhastigheten högre än 1,1 m/s                            | Ej lämpligt för långvarigt stillasittande, men bra för GC-banor               |

Tabell 4 Klassificering av områden för att visa på deras lämplighet avseende aktiviteter som innefattar kortvarigt stillasittande i Figur 8 och Figur 11. Gränserna bygger på kriterier i Tabell 1.

| Klassificering av området | Vindexponering                                            | Platsens lämplighet för kortvarigt stillasittande                                                              |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grönt                     | Vindhastigheten är lägre än 2,2 m/s under 80 % av tiden   | Mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande.                                                      |
| Gult                      | 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 lämplig med gång/cykelbana. |

I resultatbilderna för verandorna (Figur 7 - Figur 12) visas de ytor som utreds på olika nivåer med en småprickig yta. För takterrassen visas berörd yta som

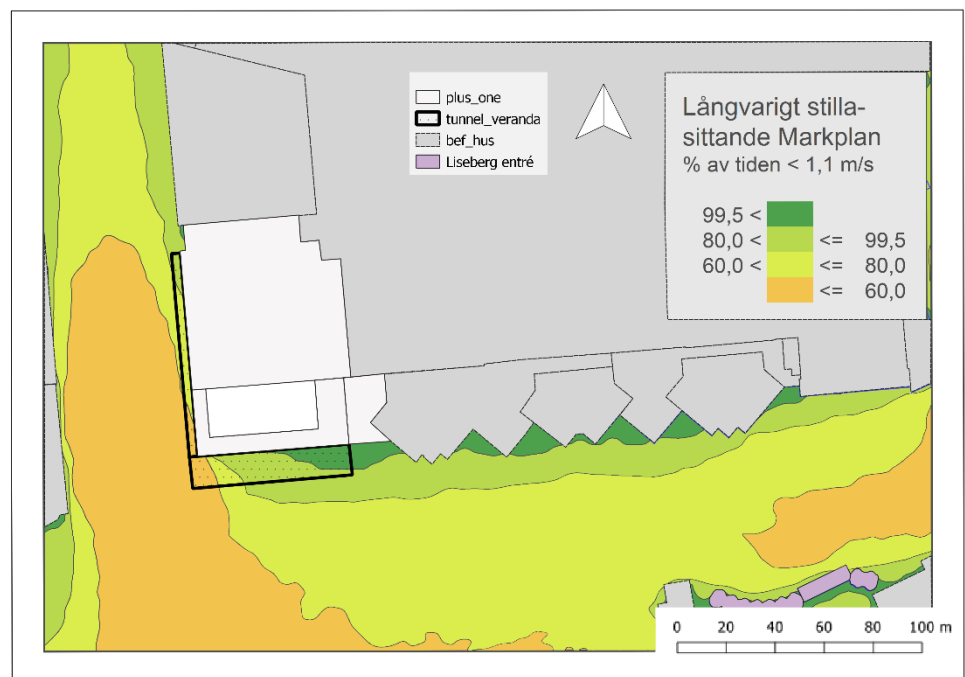
otäckt (Figur 13- Figur 14). Rutigt mönster indikerar vinden omkring byggnaden +One, i olika vindlager (12 – 24 meter över markplan, eller >131 meter över markplan).

#### 4.1.1 Vindkomfort i gatuplan

För att visa hur vinden rörs sig längs med markplan och genom balkongen har Figur 7 – Figur 9 valts att visa i ett mera ut-zoomat läge jämfört med resultatfigurerna för de övriga nivåerna. För mera in-zoomade resultat i markplan se Bilaga A.

##### *Långvarigt stillasittande*

Figur 7 visar att vindkomforten vid markplan vid entréområdena längs med Örgrytevägen är god, här är vindhastigheten <1,1 m/s ca 80 % - 99,5 % av tiden. Längs med Skånegatan är det lite blåsigare. Det mest exponerade området ligger i hörnet mot korsningen, Korsvägen. Detta vindmönster återspeglas också på verandan vid markplan, med relativt bra förutsättningar för långvarigt stillasittande längs med verandan som går längs med Örgrytevägen, och högre hastigheter längs med Skånegatan. Om man önskar att använda området under balkongen som är lokaliserad längs med Skånegatan för långvarigt stillasittande, skulle det här krävas åtgärder för att förbättra förutsättningarna. De minst passande området för långvarigt stillasittande återfinns i hörnet där de två verandorna möts.

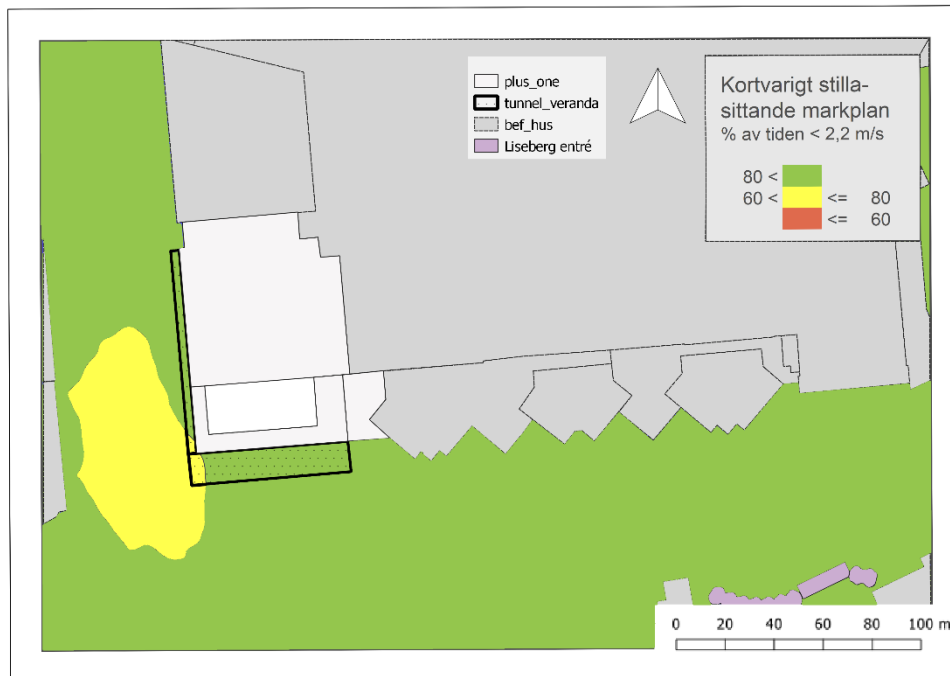


Figur 7 Vindkomfort för långvarigt stillasittande på verandan i markplan (prickigt område). Resultatet visar antal timmar (i %) under ett år där vinden är <1,1 m/s. Färgerna motsvarar klassifikationen i Tabell 3.

##### *Kortvarigt*

Stora delar längs med verandorna och längs med markplan har mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande, se Figur 8. Hörnet på verandan där

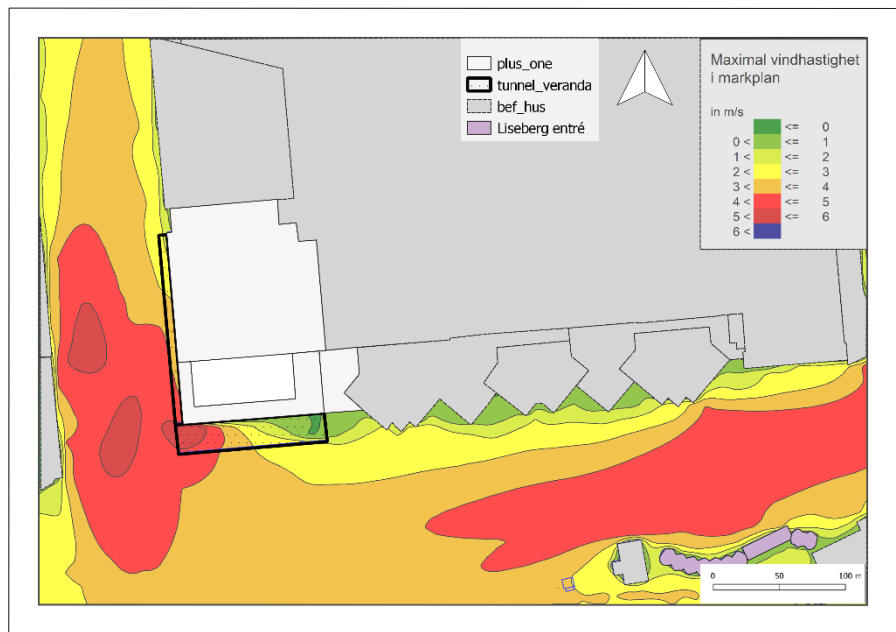
Skånegatan och Örgrytevägen möts är mer exponerad för vinden och här kan vissa åtgärder behöva vidtas för att förbättra förutsättningar för kortvarigt stillasittande.



Figur 8 Vindkomfort för kortvarigt stillasittande på verandan i markplan (prickigt område). Resultatet visar antal timmar (i %) under ett år där vinden är <2,2 m/s. Färgerna motsvarar klassifikationen i Tabell 4.

#### Maximala vindhastighet

Längs med den smalare balkongen som går parallellt med Skånegatan är den maximala vindhastigheten mellan 2 – 6 m/s, Figur 9. De lägre hastigheterna upplevs högre upp längs med Skånegatan och ökar i styrka i takt med närheten till Korsvägen. Lägre vindhastigheter upplevs i tillägg med ökad distans från Korsvägen mot Örgrytevägen.

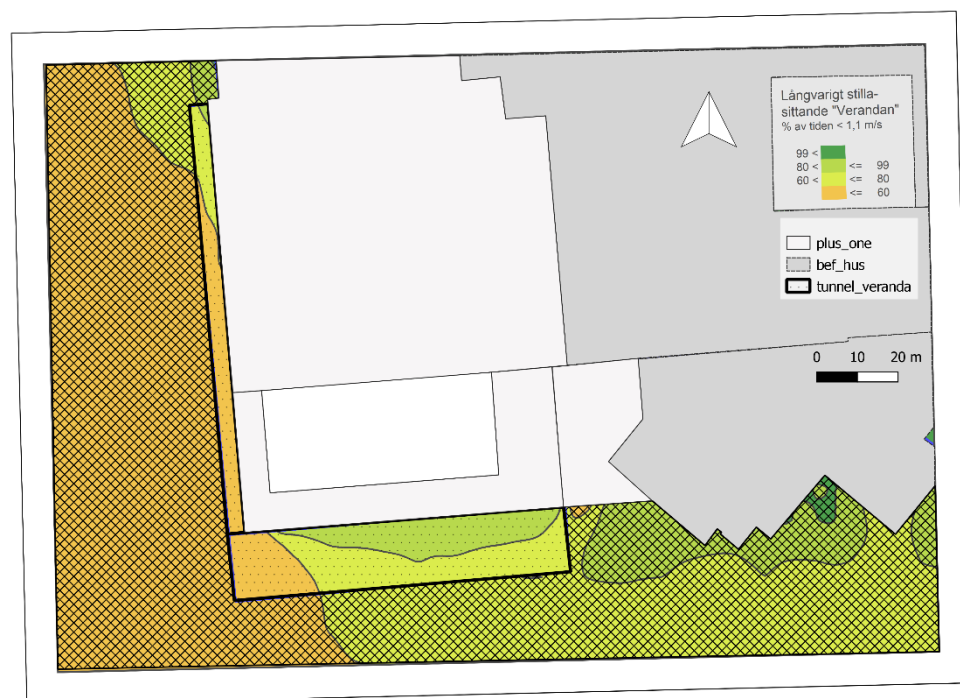


Figur 9 Maximal vindhastighet under ett typår. Resultatet visas i m/s på verandan i markplan (prickigt område).

#### 4.1.2 Vindkomfort vid veranda

##### Långvarigt

Figur 10 visar att långvarigt stillasittande inte rekommenderas på den smalare verandan mot Skånegatan (markerat med orange och röda områden). På den bredare balkongen mot Korsvägen och Örgrytevägen krävs åtgärder i olika grad för att vara lämplig för långvarigt stillasittande.



**Figur 10** Vindkomfort för långvarigt stillasittande på verandan (prickigt område). Resultatet visar antal timmar (i %) under ett år där vinden är <1,1 m/s på en höjd mellan 12 – 24 meter över markplan. Färgerna motsvarar klassifikationen i Tabell 3.

#### Kortvarigt

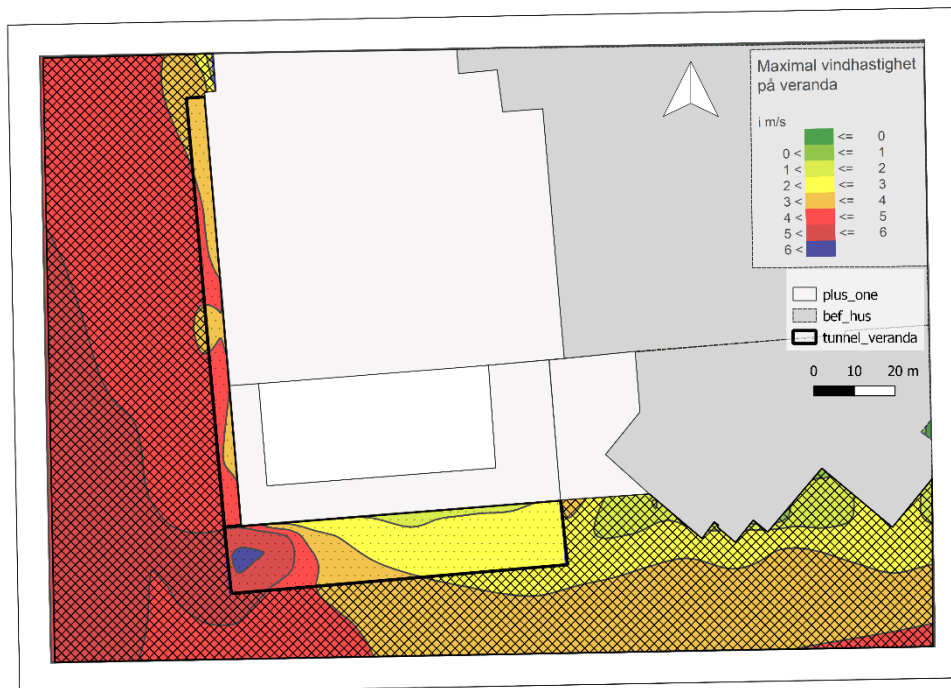
På det övre entréplan är vindhastigheter för kortvarigt stillasittande till största del mycket lämpliga. Endast mindre områden längs med Skånegatan kan behöva åtgärder för att klara kriterierna för kortvarigt stillasittande (Figur 11).



**Figur 11** Vindkomfort för kortvarigt stillasittande på verandan (prickigt område). Resultatet visar antal timmar (i %) under ett år där vinden är <2,2 m/s på en höjd mellan 12 – 24 meter över markplan. Färgerna motsvarar klassifikationen i Tabell 4.

#### Maximal vindhastighet

Den övre verandan har maximala vindhastigheter mellan 3 – 6 m/s på verandans smalare del mot Skånegatan, där verandans hörn som vetter mot Korsvägen upplever den starkaste vindhastigheten på över 6 m/s, Figur 12. Vindhastigheter mellan 2 – 6 m/s upplevs längs med verandans sydliga del.

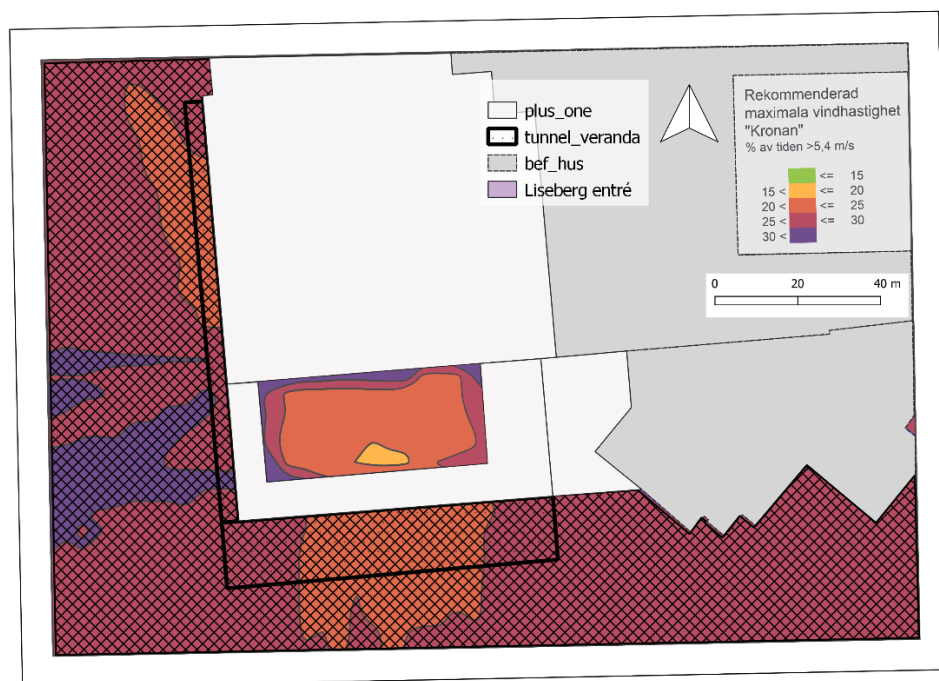


Figur 12 Maximal vindhastighet under ett typår. Resultatet visas i m/s på 12 – 24 meter över markplan (prickigt område).

#### 4.1.3 Vindkomfort på takterrass

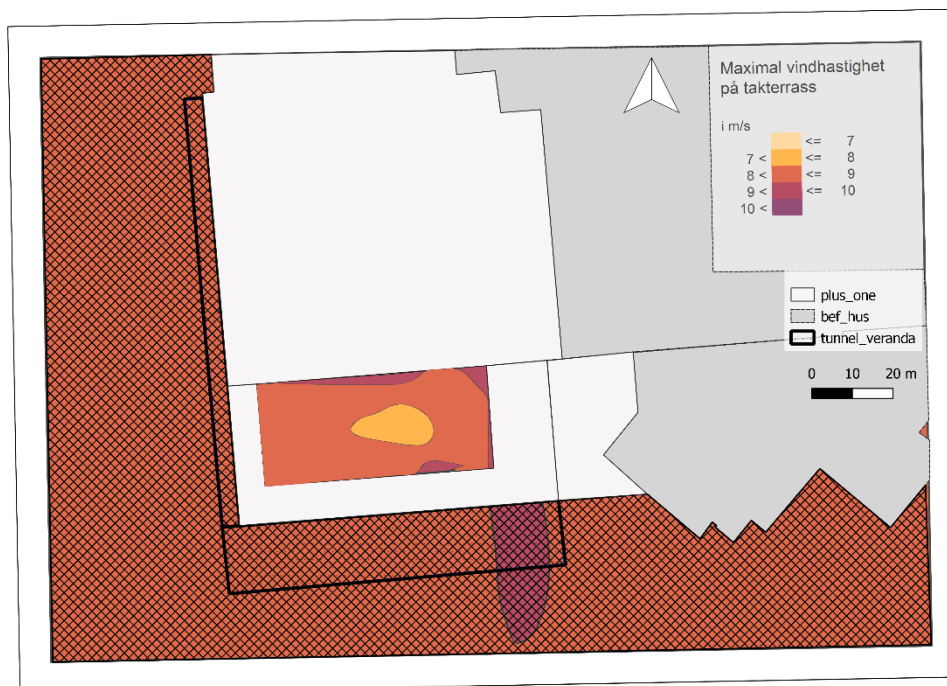
Vindkriterierna för både lång- och kortvarigt stillasittande överskrids med stora marginialer på takterrassen. Därför har vindkriterier enligt Oke m.fl. (2017) för maximal hastighet på 5,4 m/s inte ska uppnås mer än maximalt 20 % av tiden (Tabell 2), använts för att utvärdera Kronan. Figur 13 visar att en liten del av Kronan upplever vindhastigheter över 5,4 m/s 15 – 20 % av tiden och därmed klarar detta kriterium men att merparten av takterrassen upplever dessa höga vindhastigheter minst 20 % av tiden, vilket enligt Okes (2017) kriterier inte anses vara bra förutsättningar för att vistas på takterrassen.





Figur 13 Rekommenderad maximal vindhastighet enligt Oke m.fl. (2017) på takterrassen Kronan. Resultatet visar antalet timmar (i %) under ett år där vinden >5,4 m/s på en höjd 131 meter över markplan.

Den maximala vindhastigheten Figur 14, visar att den lägsta hastigheten återfinns i mitten på terrassen med en hastighet mellan 7 - 8 m/s. Övriga områden av Kronan uppnår en maxhastighet mellan 8 - 10 m/s.



Figur 14 Maximal vindhastighet under ett typår, på takterrassen Kronan. Resultatet visas i m/s på en höjd 131 meter över markplan (prickigt område).

## 4.2 Områden med risk för antingen höga vindhastigheter eller vindförstärkning

På grund av +One tornets utformning så har tornet i sig ingen självklar vindförstärkande effekt på området. Tornet leder den höga vinden från Kronan ned längs med byggnaden mot markplan, varpå vinden hinner bromsas ned när den färdas längs med fasadens ojämnheter. De högsta vindhastigheterna oavsett om man kollar på veranda eller terrass återfinns i hörnet mellan Skånegatan och Örgrytevägen. Gaturummen längs med korsningen vid Korsvägen är relativt bred och öppnar upp sig i just korsningen. Detta medför att det skapas vindbyar då vinden från olika riktningar möts.

## 5 Diskussion

När +One tornet är byggt har området fått ytterligare en hög byggnad som dessutom är betydligt högre än de befintliga tre torn som ligger bredvid. Höga byggnader påverkar de lokala vindförhållandena i markplan, då de kan leda ner kraftigare vindar och ger högre vindhastigheter i markplan. Då det i området redan sker idag på grund av de befintliga tre tornen kan tillskottet av ännu en hög byggnad förstärka den effekten, framför allt i nära anslutning till +One.

Höga byggnader kan vidare bidra till byig vind och upplevelsen av att "det blåser samtidigt från alla håll", vilket ofta märks runt byggnaders hörn kan leda till högre vindhastigheter. Detta syns tydligt i Figur 9, där det blåser med i hörnet mot Korsvägen. Vinden kan också förstärkas i trånga passager, där luftvolymen trycks ihop. Denna effekt är dock inte särskild tydligt utpräglad här.

För att undersöka områdets vindförhållanden har klassificeringen av vindkomforten enligt Glaumann och Westerberg (1988) tillämpats. 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 i kombination 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 (t ex i uteserveringar, caféer) ska det därför vara övervägande vindstilla, med en mycket hög andel timmar med mycket svaga vindar. Detta snäva kriterium med vindhastigheter lägre än 1,1 m/s under 99,5 procent av tiden uppfylls i markplan endast i direkts anslutning till fasader (mörkgröna områden). Kriteriet innebär att det får blåsa mer än 1,1 m/s endast under 440 timmar per år. Däremot får nästan hela entréområdet för +One och redan befintliga tornen relativt goda förutsättningar för långvarigt stillasittande, då det finns ett brett stråk med minst 80 procent vindstilla timmar, vilket motsvarar ca 7000 timmar per år. Det blir dock tydligt att +One's entréområdet närmast Korsvägen är något mer exponerat. Den sammanlagda bedömningen för markplan är dock att området runt +One har en vindkomfort som över lag är god.

Vindens styrka tilltar med höjden, och det mest snäva kriteriet för långvarigt stillasittande uppfylls därför inte på verandan, längs med Örgrytevägen och Skånegatan. Förutsättningar är ändå goda på den breda verandan närmast fasaden. Vindförhållanden på den breda verandan skulle kunna förbättras med vinddämpande vegetation eller glasväggar.

Med sina ca 140 m över markplan skiljer sig vindförhållandena vid "Kronan" markant från vinden i markplan. I denna höjd är det få objekt som bromsar vinden och den bromsande effekten från markytan är mindre tydligt. Vindhastigheterna är därför i den höjden över lag mycket större än i markplan och vindkomfortkriterierna enligt Glaumann och Westerberg (1988) är inte längre tillämpliga. För att ändå kunna göra en bedömning har därför den rekommenderade maximala vindhastigheten används för "Kronan" som utgångspunkt (Tabell 2). Då hastigheter över 5,4 m/s upplevs som "okomfortabel" bör därför inte förekomma mer än maximalt 20 % av tiden i områden som är tänkta att människor ska vistas. Vindförhållanden på Kronan möter inte helt detta kriterium. Man ska dock även ha i åtanke att möjligheten att vistas på Kronan tillför andra, attraktiva kvaliteter,

t ex upplevelsen av vidsträckt utsikt. Vidare brukar man ha lättare att acceptera blåsig förhållanden när dessa är naturliga för platsen och kan förväntas, t ex nära havet eller på höga utsiktstorn.

#### **Sammanfattningsvis visar utredningen:**

- > Vindkomforten i markplan vid entréområdena längs med Örgrytevägen bedöms som god, dock är det lite blåsigare längs med Skånegatan. Det mest exponerade området ligger i hörnet mot korsningen vid Korsvägen.
- > Det är mycket bra förutsättningar för kortvarigt stillasittande längs stora delar av verandorna lokaliserade i markplan.
- > De maximala vindhastigheterna i entréområdet i markplan uppgår till 1 – 6 m/s, där de högsta vindhastigheterna förekommer närmast Korsvägen.
- > På verandan som ligger ca 12 m över marken kan långvarigt stillasittande inte rekommenderas på den smalare delen mot Skånegatan. På den bredare delen mot Korsvägen och Örgrytevägen krävs åtgärder i olika grad för att förbättra förutsättningar för långvarigt stillasittande.
- > Förutsättningarna är dock mycket lämpliga för kortvarigt stillasittande på verandan som är på högre höjd. På denna plats uppgår de maximala vindhastigheterna till ca 3 – 6 m/s.
- > Vindkriterierna för både lång- och kortvarigt stillasittande överskrids med stora marginer på takterrassen ("Kronan"). Stora delar av "Kronan" har vindhastigheter över 5,4 m/s, som upplevs som okomfortabla vid exponering över längre tid.

## 6 Referenser

Chen, Deliang, Tijian Wang, Marie Haeger-Eugensson, Christine Achberger, och Katarina Borne. 2002. *Application of TAPM in Swedish West Coast: validation during 1999-2000*. L02/51. IVL Svenska Miljöinstitutet.

COWI. 2022. *Luftutredning för +ONE, Svenska Mässan, Göteborg. Underlagsrapport*. A243349.

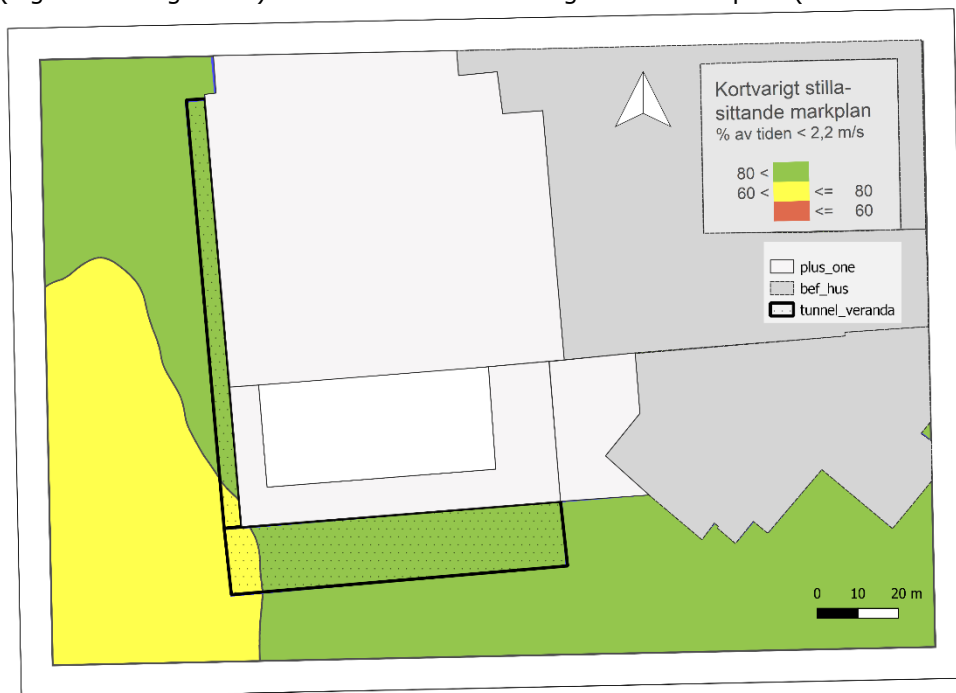
Glaumann, Mauritz, och Ulla Westerberg. 1988. *Klimatplanering Vind*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Haeger-Eugensson, Marie, Stefan Andersson, och Sven Kindell. 2019. *Modellering av luftkvalitet i markplan i tätbebyggda områden - Jämförelse mellan en CFD- och OSM-modell samt två Gaussiska modeller*. C124. ISSN 1400-383X. University of Gothenburg.

Oke, T. R., G. Mills, A. Christen, och J. A. Voogt. 2017. *Urban Climates*. Cambridge University Press.

## Bilaga A Vindkomfort Markplan

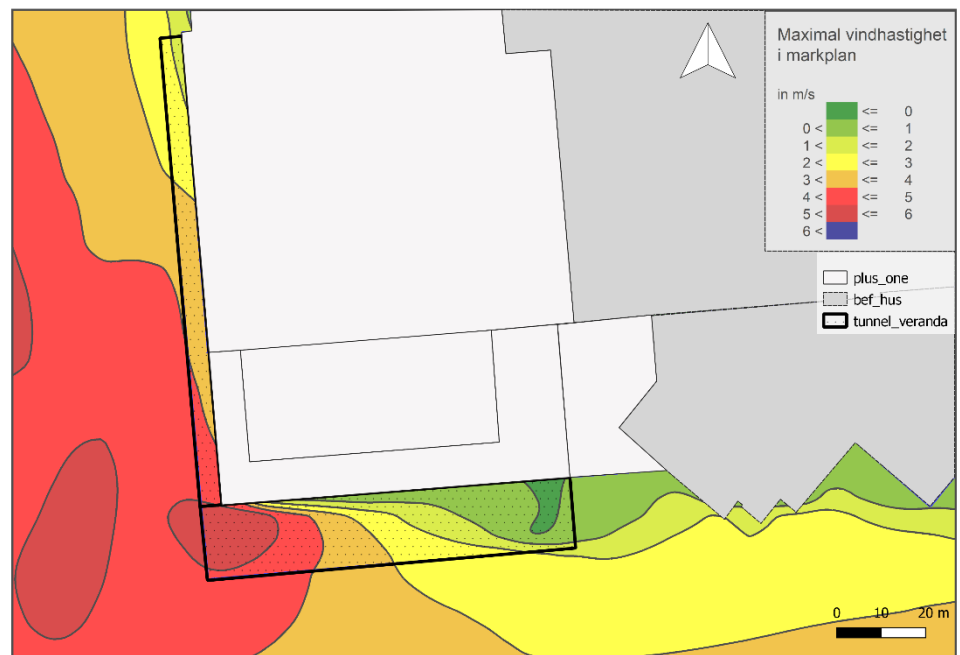
In-zoomade resultatbilder över vindkomfort för kort- och långvarigt stillasittande (Figur A 1 - Figur A 2) samt maximal vindhastighet vid markplan (



Figur A 1 Kortvarigt stillasittande i markplan, resultat visar procentuella andelen av tiden under ett år som vindhastigheten <2,2 m/s.



Figur A 2 Långvarigt stillasittande i markplan, resultatet visar den procentuella andelen av tiden under ett år som vindhastigheten <1,1 m/s.



Figur A 3 Maximal vindhastighet i markplan, resultatet visas i m/s.

## Bilaga B Miskam-modellen

Miskam betyder 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 vägvägsnitt till kvarter eller i delar av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tredimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under-flow dvs. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt-, 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 Institute for Atmospheric Physics vid Johannes Gutenberg-universitetet i Mainz.

Miskam-modellen ingår i ett modellsystem, 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.



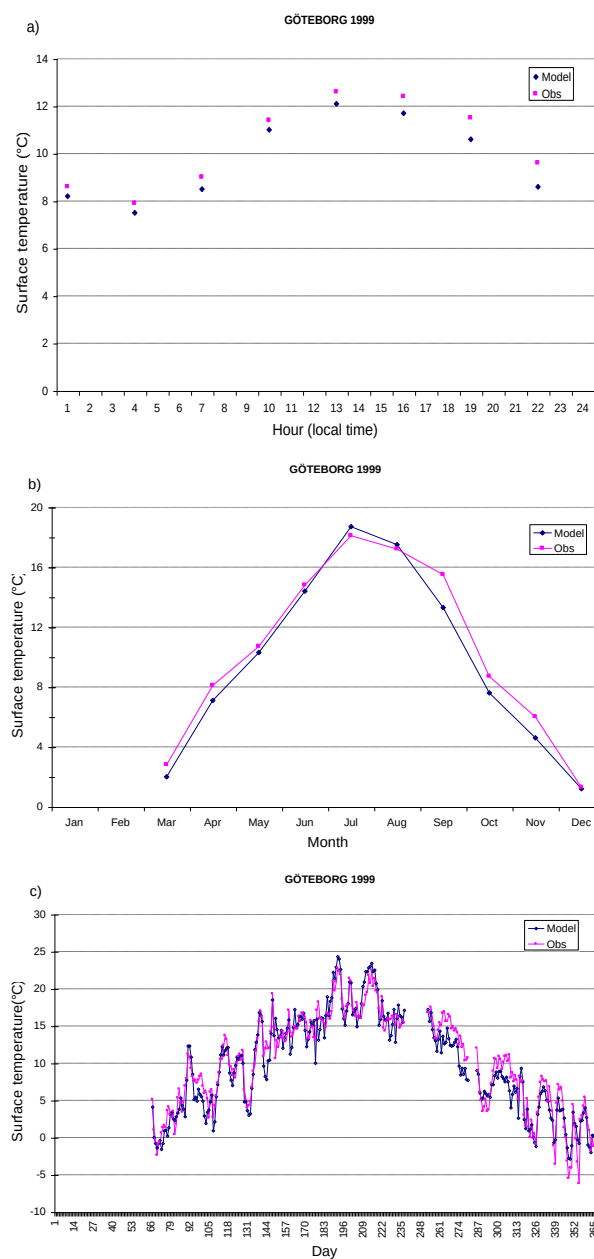
## Bilaga C TAPM-modellen

För framtagandet av meteorologi har TAPM (The Air Pollution Model) använts, vilket är en prognostisk modell utvecklad av CSIRO i Australien. TAPM använder 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 m.m. Topografi, jordart och markanvändning finns automatiskt inlagd i modellens databas med en upplösning av ca  $1 \times 1$  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  $1 \times 1$  km utan att behöva använda platsspecifika meteorologiska observationer. Modellen kan utifrån detta beräkna ett tredimensionellt vindflöde från marken upp till ca 8 000 m höjd, lokala vindflöden (så som sjö- och landbris), terränginducerade flöden (t.ex. runt berg), om-landsbris samt kalluftsflöden mot bakgrund av den storskaliga meteorologin. Även luftens skiktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd m.m. beräknas horisontellt och vertikalt.

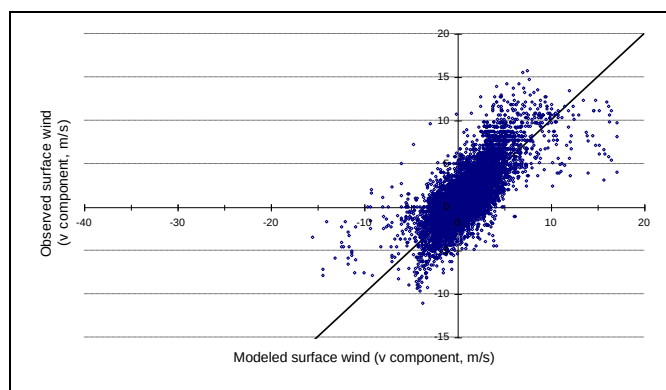
Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL Svenska miljöinstitutet har också genomfört valideringar för svenska förhållanden i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden.

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

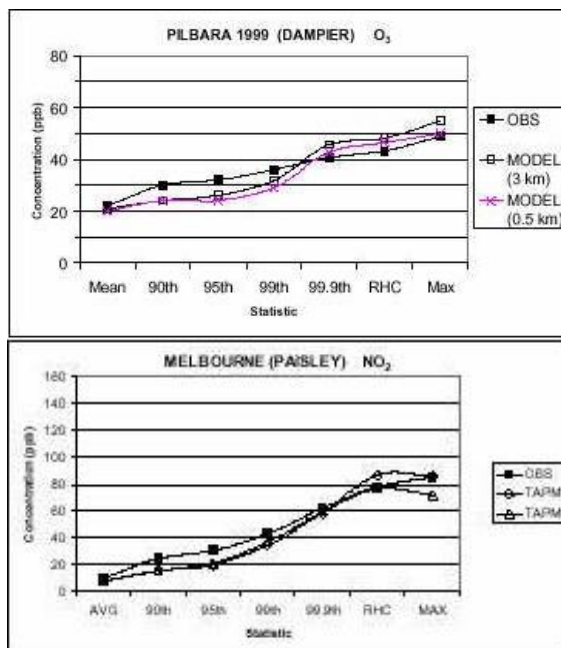
I Figur C. 2 presenteras en jämförelse mellan uppmätt och beräknad vindhastighet vid Säve i Göteborg. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade ozon- och NO<sub>2</sub>-halter har genomförts i Australien (se Figur C. 3).



Figur C. 1 Uppmätt och modellerad lufttemperatur i Göteborg för 1999: (a) timvariation, (b) säsongvariation och (c) dygnsvariation



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



Figur C. 3 Jämförelse mellan uppmätta halter av ozon (O<sub>3</sub>) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>) i Australien, gridupplösning 3 × 3 km.

## Referenser

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

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.