

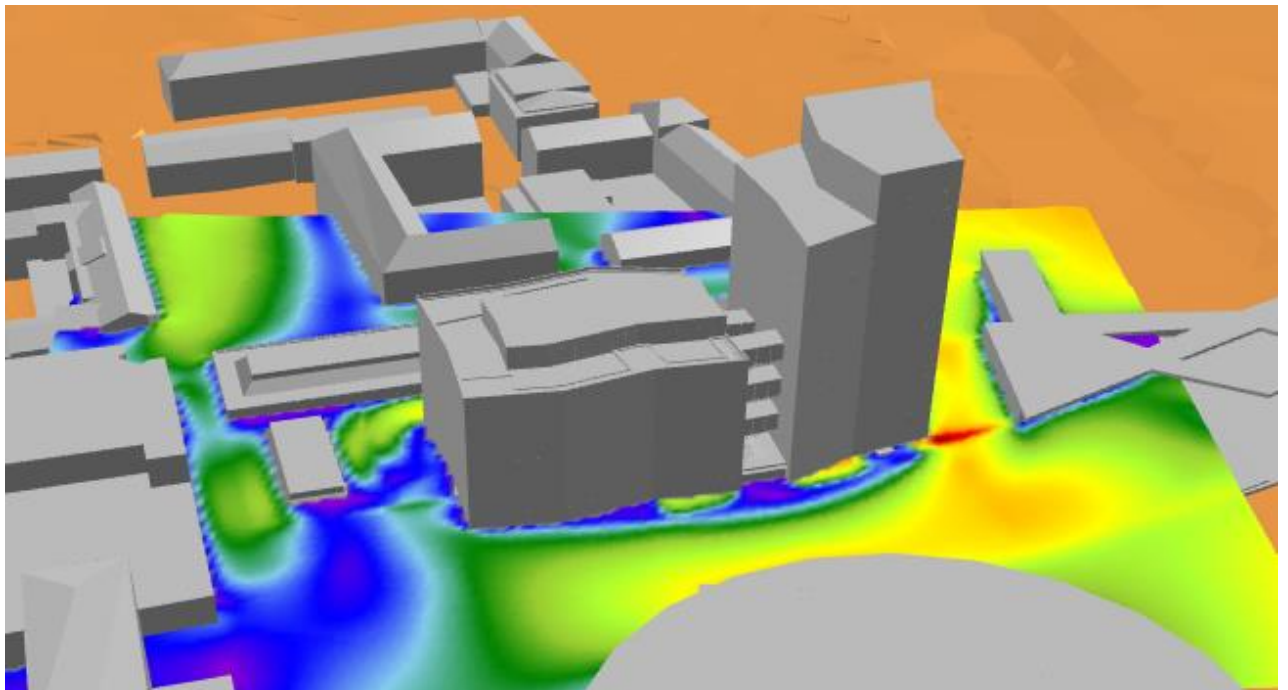


KJELLER  
VINDTEKNIKK

# MIMO, Mölndal, Sverige

Vindstudie

Rapportnummer: KVT/ASH/2018/R068 Rev2



Rapportnummer <b>KVT/ASH/2018/R068 Rev2</b>	Datum 18.01.2019
Rapportnamn <b>MIMO, Mölndal, Sverige</b> <b>Vindstudie</b>	Klassificering Begränsad till kund Revision 1
Kund <b>NCC Property Development AB</b>	Antal sidor 30
Kundens referens <b>Sarah Pennycook</b>	Status Slutlig
Syfte <p>På uppdrag av NCC Property Development AB har det utförts en vindstudie och vindkomfortanalys för den planerade byggnaden MIMO i Mölndal. Analysen är genomförd genom att ta utgångspunkt i vinddata från "Vindkarta för Sverige" tillsammans med en mätstation i Göteborg. Datat är sedan använt i CFD-modellen UrbaWind för att beräkna vindklimatet i området.</p> <p>Resultaten från beräkningarna är jämförda med vindkomfortskriterier. Dessa är knutna till medelvindförhållandena. I sammanfattningen i kapitel 1 är de viktigaste resultaten från vind- och komfortanalyserna beskrivna.</p> <p>Denna rapport har genomgått en omfattande kvalitetskontroll i enlighet med Kjeller Vindteknikks kvalitetssystem.</p>	
Förbehåll <p>Även om det i arbetet med denna rapport, så långt vi känner till, har använts uppdaterade analysmetoder, och vi i vårt arbete försöker att prestera så goda resultat som möjligt, kan Kjeller Vindteknikk inte hållas ansvarigt för resultaten i rapporten eller för framtida användning av dessa, och heller inte för eventuella direkta eller indirekta fel som beror av eventuella fel i rapporten.</p>	

Revisionshistorik				
Utgåva	Datum	Antal exemplar	Kommentar	Distribution
0	08.08.2018	Endast elektronisk		Elektronisk
1	22.08.2018	Endast elektronisk	Korrigerigering av text	Elektronisk
2	18.01.2019	Endast elektronisk	Nya husritningar från kund	Elektronisk

	Namn	Signatur
Utförd av	Amund Søvde Haslerud	
Kontrollerad av	Leon Lee	
Godkänd av	Lars Tallhaug	

# 1 Sammanfattning

---

På uppdrag av NCC Property Development AB har en lokal vind- och vindkomfortstudie för den planerade kontorsbyggnaden MIMO i Mölndal utförts. Analysen har genomförts genom att ta utgångspunkt i "Vindkarta för Sverige" tillsammans med meteorologisk observationsdata.

Vinddatat visar att det är en jämnt distribuerad andel av vind från öst, syd och väst, med förhärskande vindriktning från västsydväst, 15 % av tiden. Andelen stark vind över 10 m/s är låg, ca 0.1 %, och i de tillfällena kommer vinden framförallt från väst. Årsmedelvinden 10 m över marken är estimerad till 3,3 m/s. I området runt den planerade byggnaden varierar årsmedelvinden från under 1,0 m/s till 2,5 m/s i 2 m höjd.

Vindberäkningar i 3D har utförts för området med den planerade byggnaden. Det har också genomförts en beräkning utan MIMO-kvarteret. Dessa har beräknats med hjälp av en numerisk strömningsmodell, (CFD-modell). Därefter har resultaten skalerats mot statistik från meteorologisk data och vindförhållandena beräknats. Vindförhållandena har jämförts mot olika komfortkriterier. Vindkomfortskriterierna som analyserats är sittplatser utomhus, ingångspartier till byggnader, stående och gående fotgängare, samt vägar och parkeringsplatser. Analysen av vindkomfortskriterierna för MIMO är knuten till medelvindförhållandena.

På markplan kan god vindkomfort generellt förväntas, särskilt i utrymmet mellan byggnaderna, nordväst om MIMO, och speciellt under sommaren. Under sommarhalvåret är det en större andel vind från de västliga riktningarna vilket sammanfaller med sjöbrisen längs västkusten. MIMO skärmas i liten grad av omkringliggande åsar, och den högsta delen av byggnaden sticker upp över de intilliggande byggnaderna och kan därför bidra till en generell ökning av vinden i marknivå runt MIMO. Markplanet väst och nordväst om MIMO skärmas i stor grad av existerande byggnader, medan det i öst och nordöst om MIMO finns lite eller ingen skärmningseffekt.

Lawsons komfortkriterier för sittplatser utomhus, ingångspartier till byggnader och fotgängarområden överskrids för de mest vindutsatta områdena runt byggnaden. Dessa är framförallt lokaliserade vid den nordöstra och östra delen av höghuset, på Mölndals bro, och på takterrassen. Begränsande åtgärder såsom vegetation och vindskydd föreslås för de områden där komfortkriterierna överskrids.

## 2 Inledning

Det har genomförts beräkningar för den planlagda kontorsbyggnaden MIMO i Mölndal med en 3D-vindmodell. Syftet med beräkningarna är att utvärdera vindförhållande runtom MIMO.

Den planerade byggnaden MIMO som är belägen vid Broslättgatan och Mölndals bro ses i Figur 1. Fastigheten består av en huskropp uppdelad i två huvuddelar. I dagsläget ligger fyra byggnader där kontorsbyggnaden planeras, men två existerande byggnader skall rivas. Det resulterande kvarteret visas i Figur 1.

Resultaten från simuleringarna täcker hela planområdet. Själva beräkningsområdet är större, men resultaten presenteras endast för planområdet och de intilliggande omgivningarna.

Huvudfokus i denna rapport är vindförhållandena omkring MIMO, och inte kring dagens byggnader där MIMO skal byggas. Det har även gjorts en värdering av vindförhållandena då MIMO-kvarteret ej är medtaget.



Figur 1: Ritning av MIMO-kvarteret, sett från nordväst.

## 3 Vindklimat for Mölndal

Mölndal ligger ca 10 km in från kusten, ca 7 km sydsydöst om Göteborg och i Västra Götalands Län. Området ligger i en dalgång med åsar på 50-100 m över marken i västlig och östlig riktning. Delar av länet har förhållandevis hög årsmedelvind jämfört med andra delar av landet. Samtidigt har området kring Mölndal många bostads- och industriområden och vegetation som reducerar vinden nära marken. Uppbromsningen ger emellertid en tendens till ökad turbulens nära marken. I detta kapitel presenteras vindklimatet för Mölndalsområdet.

### 3.1 Meteorologisk data

De närmsta meteorologiska observationerna för vind i Mölndal är SMHI:s väderstation Göteborg A, vid Gullbergsvass i Göteborg. I tillägg är vinddata från "Vindkarta för Sverige" tillgängligt i ett beräkningsnät med 1 km x 1 km horisontell upplösning. Vindkartan för Sverige är baserat på beräkningar utförda med en meteorologisk modell. För vidare detaljer rörande modelleringen hänvisas till motsvarande modellering genomförd för Norge (Byrkjedal och Åkervik, 2009)<sup>1</sup>. Tidigare studier har visat att data från den meteorologiska modellen representerar de lokala vindförhållandena väl (Rieck och Berge, 2010)<sup>2</sup>. Då avståndet från väderstationen Göteborg A till planområdet i Mölndal är förhållandevis stort, har vi valt att använda meteorologiska modellens vinddata i vindstudien för MIMO. Tidigare erfarenheter har visat att modellen kan ge högre vind än förväntat nära marken. Vi har därför genomfört en jämförelse av data från "Vindkarta för Sverige" mot de meteorologiska observationerna från Göteborg A på 10 m höjd. Med hjälp av jämförelsen har vindhastigheten i 10 m höjd i Mölndal justerats.

Mätdata från mätstationen Göteborg A har timmesupplösning. Mätstationen har flyttats under åren och den senaste kontinuerliga tidsperioden i samma punkt är från 1999 och är pågående. Observationer i denna position finns tillgängligt för perioden 1999-03-08 - 2017-10-01 och det är också denna period som har använts i analysen. Observationerna från Göteborg A har filtrerats med automatiska filter av SMHI och tillgängligheten efter denna filtrering är 96 %. I tillägg har observationerna granskats och filtrerats manuellt. Total tillgänglighet efter filtreringen är 89 %.

### 3.2 Årsmedelvind

Årsmedelvinden för Mölndal är hämtad från Vindkarta för Sverige, och den representerar medelbakgrundsvinden för området där de lokala byggnaderna och vegetationen inte har tagits hänsyn till. En jämförelse mellan observerad vind från Göteborg A och vind från Vindkarta för Sverige 10 m över marken visar att medelvindhastigheten är ca 24 % lägre i mätningarna jämfört med vindkartan (se Tabell 1). Detta beror på att det i en meteorologisk modell är svårt att representera uppbromsningen från byggnader, träd och liknande med hög noggrannhet nära marken. Baserat på detta är vindhastigheterna från Vindkarta för Sverige reducerad med 24 % för Mölndal, vilket ger en årsmedelvind på 3,3 m/s i 10 m höjd över marken (Tabell 1). Som jämförelse är observerad årsmedelvind för Göteborg A under perioden 1999-2017, 2,9 m/s. Det är viktigt att poängtera att det finns en osäkerhet förknippad med estimeringen av den lokala bakgrundsvinden i Mölndal och det är fortsatt möjligt att en årsmedelvind på 3,3 m/s kan vara för hög, då det är mycket bebyggelse och vegetation i området. I det vidare arbetet har vi antagit att årsmedelvinden i 10 m höjd över marken är 3,3 m/s.

<sup>1</sup> Byrkjedal, Ø., & Åkervik, E. (2009). Vindkart for Norge. 9/2009: NVE.

<sup>2</sup> Rieck, N., & Berge, E. (2010). *Bjørsvika. 2010. Reguleringsforslag for Munch Deichman-området*. Bjørbekk og Lindheim, Oslo Norge.

<sup>3</sup> Rieck, N.W. & Berge, E. (2010). *Bjørsvika. 2010. Reguleringsforslag for Munch Deichman-området*. Bjørbekk og Lindheim, Oslo Norge.

**Tabell 1: Årsmedelvind för observationer och Vindkarta för Sverige.**

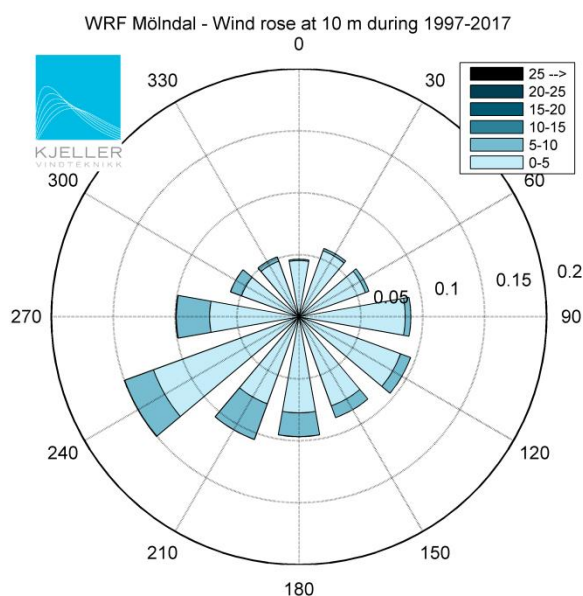
Stationsnamn	Observerad årsmedelvind	Estimerad vind i 10 m	Årsmedelvind i vindkartan
Göteborg A	2,9 m/s (10 m)		3,8 m/s (10 m)
Mölndal		3,3 m/s (10 m)	4,4 m/s (10 m)

### 3.3 Vindriktningsfördelning

Vindriktningsfördelningen för Mölndal i 10 m visas i Figur 2. Den visar att den största andelen vind är från de västliga, sydliga och östliga riktningarna, med förhärskande vindriktning från västsydväst 15 % av året. Vidare visar Figur 3 att det finns en variation i vinden över året med högre vindar under vinterhalvåret och lägre vindar under sommarhalvåret.

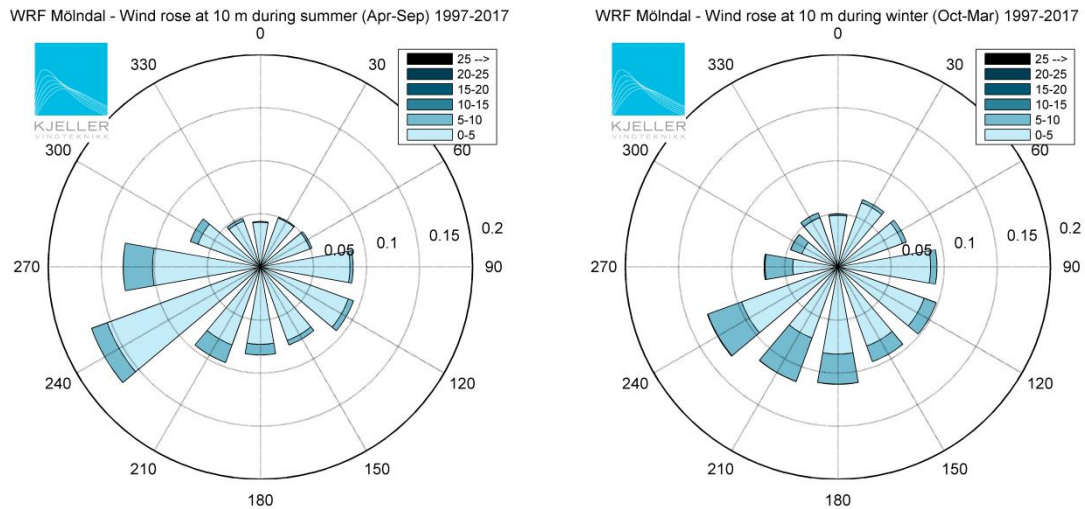
**Tabell 2: Medelvind för Mölndal under hela året, sommar (april-september) och vinter (oktober-mars).**

	Hela året	Sommar	Vinter
Medelvind Mölndal (10 m)	3,3 m/s	3,1 m/s	3,5 m/s



**Figur 2: Vindros för Mölndal 10 m över marken, baserat på data för hela året. I vindrosen visar längden på benen andelen vind från den aktuella riktningen, samtidigt som längden av de olika färgerna visar andelen för de olika vindstyrkorna.**

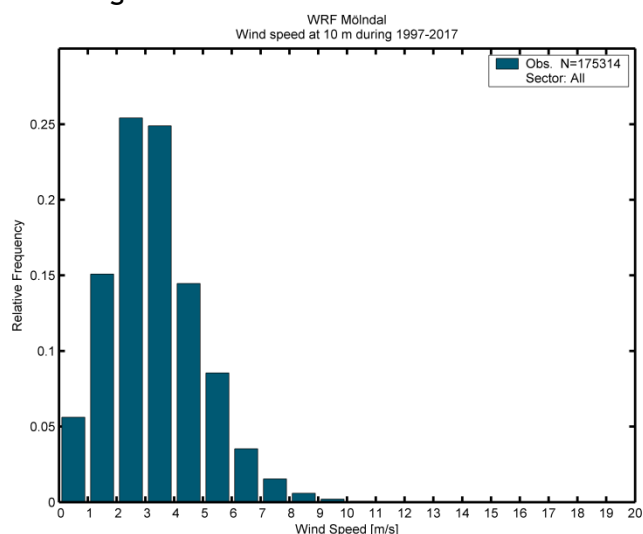
Vindriktningsfördelningen för sommar- och vinterhalvåret ses i Figur 3. Fördelningarna är i stora drag lika över året. Under vinterhalvåret är det en större andel vind från söder än om sommarhalvåret. Under sommaren är det en större andel vind från de västliga riktningarna som delvis sammanfaller med sjöbrisen längs västkusten.



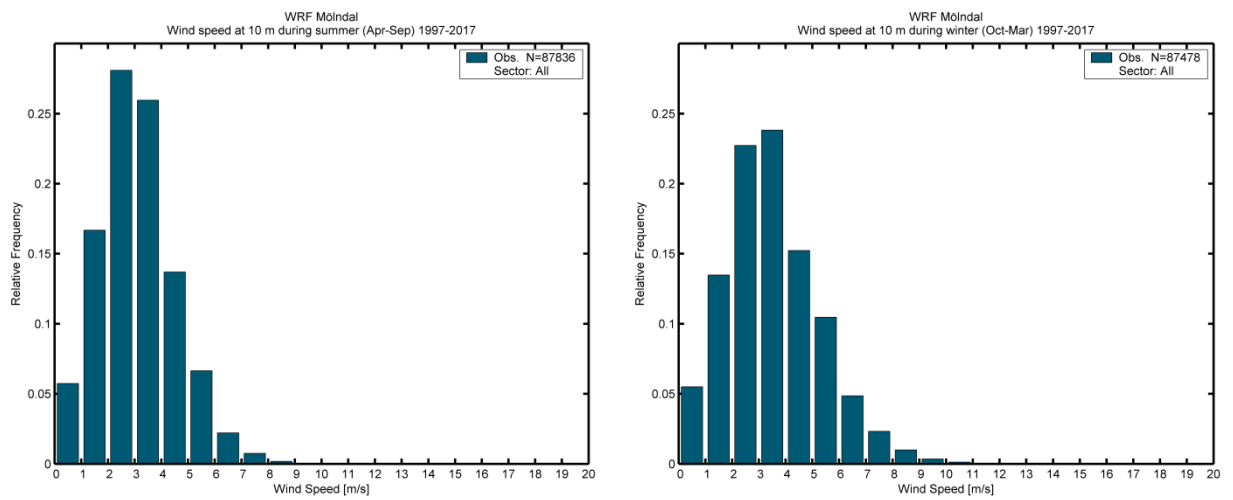
Figur 3: Vindros för Mölndal 10 m över marken baserat på data för sommarhalvåret (till vänster) och vinterhalvåret (till höger).

### 3.4 Vindhastighetsfördelning

I Figur 4 visas vindhastighetsfördelningen av bakgrundsvinden 10 m över marken. Vi ser att vindhastigheter i intervallet 1-5 m/s är vanligast (ca 80 % av tiden). För hela året observeras vindhastigheter i intervallet 5-10 m/s ca 14 % av tiden. Andelen vind över 10 m/s är låg, ca 0,1 %, och i de tillfällena kommer vinden framförallt från väst. I Figur 5 visas frekvensfördelningarna av vinden under vinterhalvåret och sommarhalvåret. Andelen höga vindhastigheter är störst under vintern samtidigt som det är en bredare fördelning av vindhastigheterna. Om sommaren är fördelningen snävare och en större andel av vindhastigheten ligger mellan 1 m/s och 5 m/s (ca 84 %). Årsmedelvinden är estimerad till 3,3 m/s (se det föregående avsnittet 3.2). Vindhastighetsfördelningen används vidare i beräkningarna med en 3d-flödesmodell, i Avsnitt 4 diskuteras vindkomforten baserat på dessa beräkningar.



Figur 4: Frekvensfördelning av vindhastigheterna för Mölndal 10 m över marken, baserat på data för hela året. Staplarna illustrerar andelen vind i respektive intervall, 0-1 m/s, 1-2 m/s osv.



**Figur 5: Frekvensfördelning av vindhastigheterna i Mölndal 10 m över marken för sommarhalvåret (till vänster) och vinterhalvåret (till höger).**

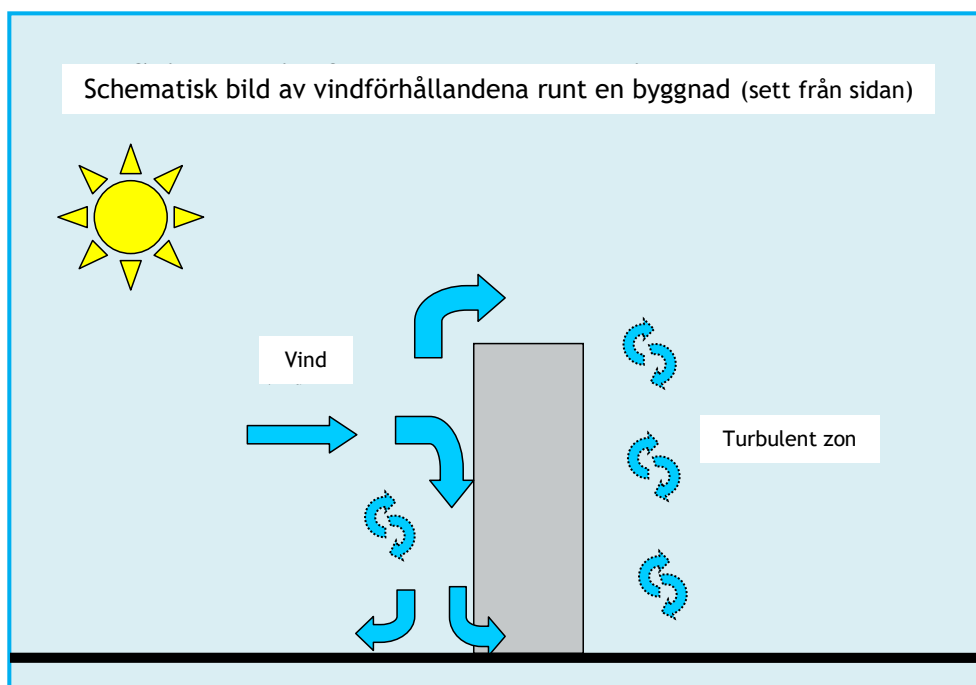


## 4 Lokalt vindklimat vid MIMO

Husbyggnationer påverkar de lokala meteorologiska förhållandena på olika sätt. Fördelningen av solinstrålning och värmestrålning från marken förändras. De mest uppenbara effekterna av detta är skuggzoner under hela eller delar av dagen beroende av solens höjd. Temperatur och luftfuktighet förändras också av bebyggelse och förändring sker även av markytans egenskaper.

### 4.1 Generellt om påverkan av byggnader på vindförhållandena

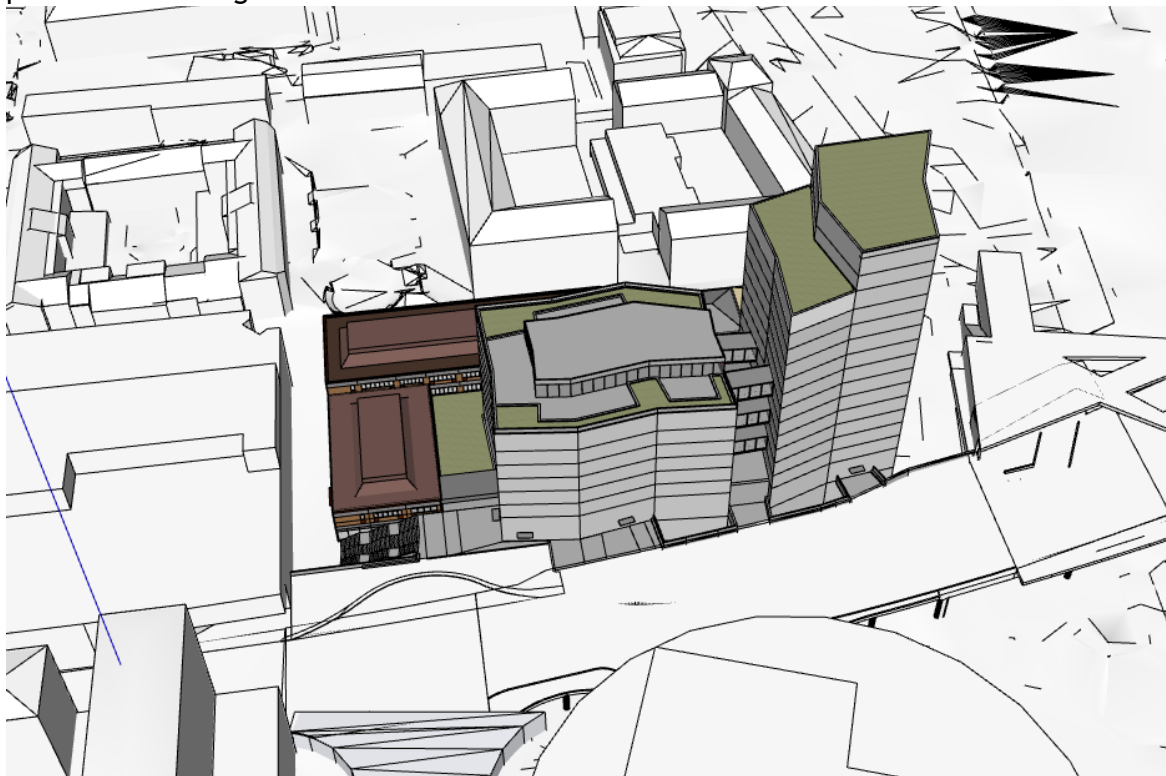
För att lättare förklara hur vinden uppför sig nära byggnader ser vi i Figur 6 en enkel schematisk ritning av vindförhållandena runt ett hus. Från denna ser vi att vinden som träffar vinkelrätt mot huset tvingas över huset, runt sidorna samt pressas nedåt längs fasaden och förstärker vinden vid marken. Delningspunkten mellan luft som pressas över huset och ned mot marken är typiskt ca 2/3 av husets höjd. Ju högre byggnad, desto större blir arean som vinden träffar och således kan man även förvänta en större vindförstärkning vid marknivån. Vinden som pressas ut mot hörnen ger förstärkt vind där. Då de högsta vindhastigheterna är från väst och sydväst kommer byggnader som har stor area mot dessa vindriktningar att kunna ge ogynnsamma vindförhållanden på vissa ställen framför och på sidan av huset. Bakom huset uppstår det zoner med turbulent vind. Även om medelvinden bakom huset inte är stark, så kan det i korta perioder även vara höga hastigheter i denna zon. För vind som kommer snett in mot en avlång byggnad som är högre än intilliggande omgivning kan det bli en del starka vindkast i avgränsade zoner på läsidan av huset. I de fall flera byggnader står vid sidan om varandra kan vinden förstärkas mellan byggnaderna och det uppstår så kallade kanaleffekter.



Figur 6: Schematisk bild av vindförhållanden runt en byggnad.

## 4.2 3D-modeller av arkitektur och terräng

3D-modeller av arkitektur, terräng och vegetation har mottagits av uppdragsgivaren (se Figur 1). För att genomföra vindberäkningarna är det viktigt att dessa modeller har en korrekt detaljgrad. 3D-modellerna av terrängen, byggnader och vegetationen har importerats in i vindmodellen. Denna modell delar in området i små celler där de grundläggande ekvationerna som beskriver luftens strömning beräknas. För att beskriva mindre detaljer på byggnaderna delas cellerna vidare in i mindre celler. Av den anledningen ökar antalet celler dramatiskt med detaljgraden på byggnaderna, vilket gör vindberäkningarna beräkningsintensiva. I tillägg är det av stor vikt att modellen är uppbyggd så att alla byggnader och all terräng som inte kan släppa igenom luft i verkligheten heller inte gör det i modellen. I våra beräkningar har vi därför reducerat detaljgraden på fasaden, vilket visas i Figur 7. Det finns ingen vegetation nära byggnaderna, utom öster om Nämndemansgatan, ett område som inte nämnvärt kommer påverka beräkningarna.



Figur 7: 3D-modell av planområdet från syd med den planerade byggnaden framhävd.

## 4.3 Flödesmodellering av vindklimatet

Baserat på meteorologiska data och 3D-modellunderlag för byggnader, terräng och vegetation som beskrivits i avsnitt 4.2, är beräkningarna genomförda med CFD-modellen UrbaWind (UrbaWind 2014). Beräkningarna är genomförda i steg om 30° för alla riktningar från 0° till 330°. För varje riktning behöver modellen ca 9,5 miljoner beräkningspunkter för beräkningen.

Vindförhållandena 10 m över marken, som presenterades i Avsnitt 3, importeras i motsvarande höjd i UrbaWind-modellen. De 12 sektorsvisa beräkningarna viktas därefter mot vindklimatet i Mölndal och på så vis fås det lokala vindklimatet vid MIMO. De viktade vindförhållandena representerar de genomsnittliga klimatologiska förhållandena i området och inte enskilda fall.

Baserat på vinden i 10 m höjd och UrbaWinds interna vindberäkningar, kan också vinden i högre höjd estimeras.

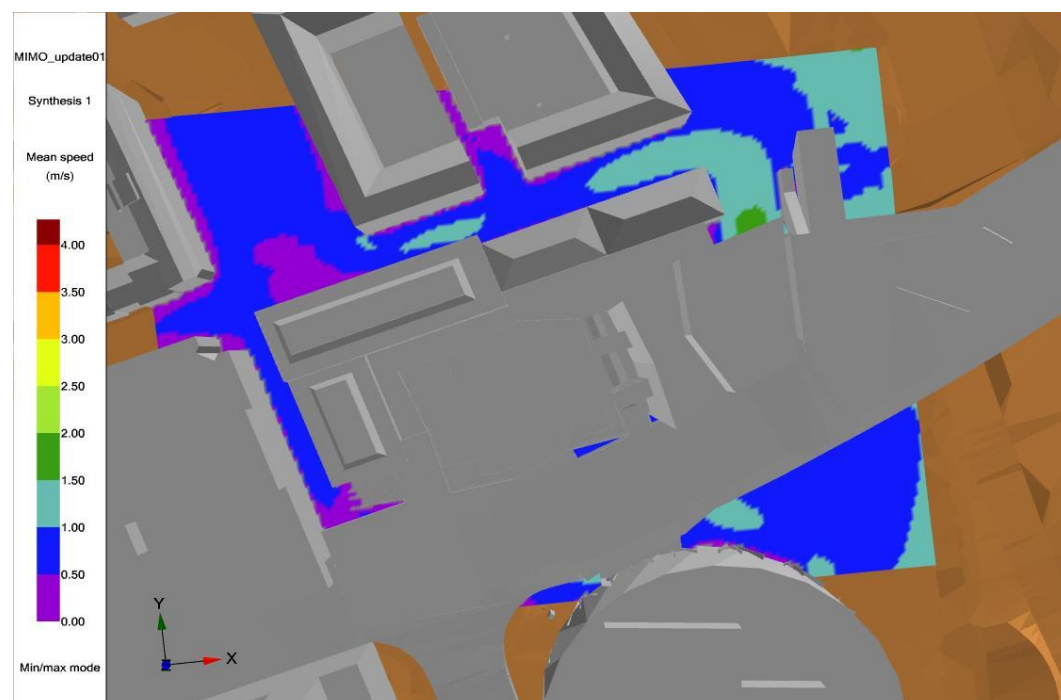
#### 4.4 Vindförhållanden under året

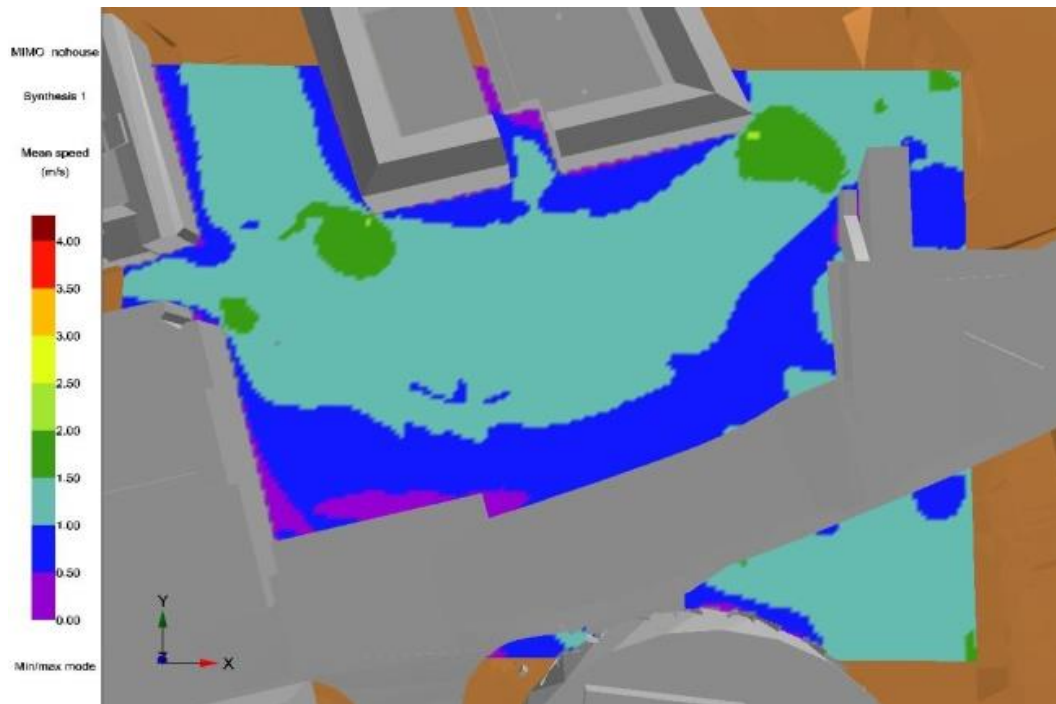
Här presenteras medelvinden under året, för 2 m höjd (under bron), 10 m höjd (på bron) och på takterrassen. Generellt så skärmar byggnaderna av för vinden, vilket resulterar i låga vindhastigheter på läsidan av byggnaderna. Samtidigt uppstår kanaleffekter i vissa områden, speciellt mellan byggnaderna. Kanaleffekterna är viktiga i komfortanalysen.

##### 4.4.1 2 m höjd, under bron

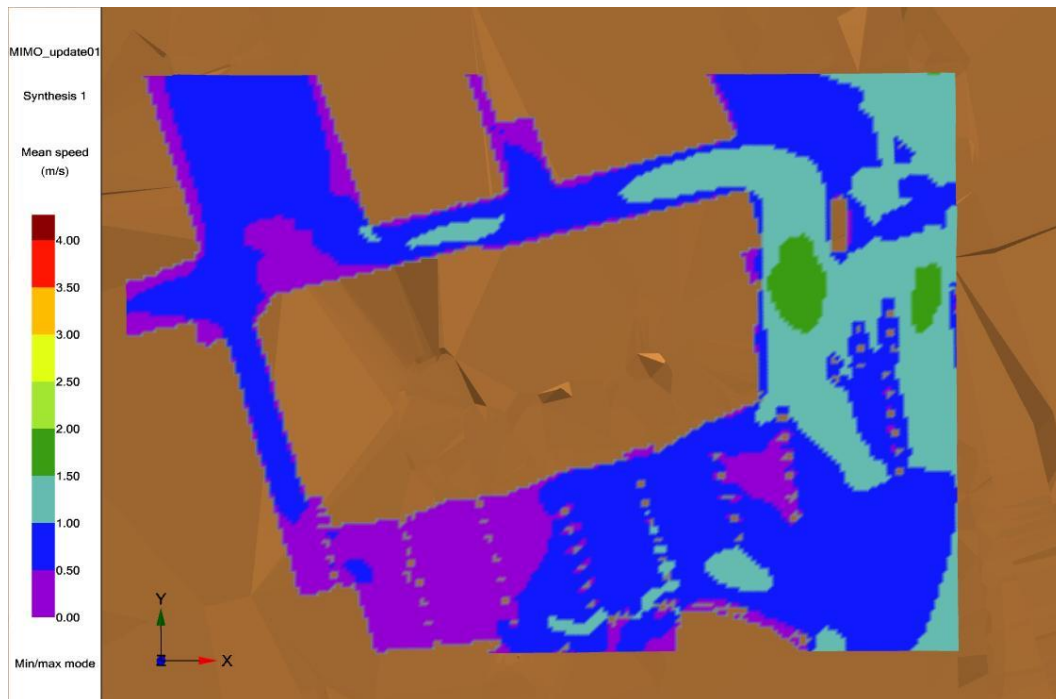
Medelvindförhållande i 2 m höjd presenteras i Figur 8 och Figur 9. För att se förhållandena under bron på bästa möjliga sätt, är vinden presenterad både med (Figur 8) och utan samtliga byggnader (Figur 9). Med nya byggnader kommer som förväntat vindnivån öka öster om höghusen, mellan MIMO och trappen upp till bron. Nord om MIMO-kvarteret förväntas vinden efter byggnationen att vara ungefär som innan. I området varierar medelvinden från under 1,0 m/s upp till 2,0 m/s i de mest utsatta vindlägena.

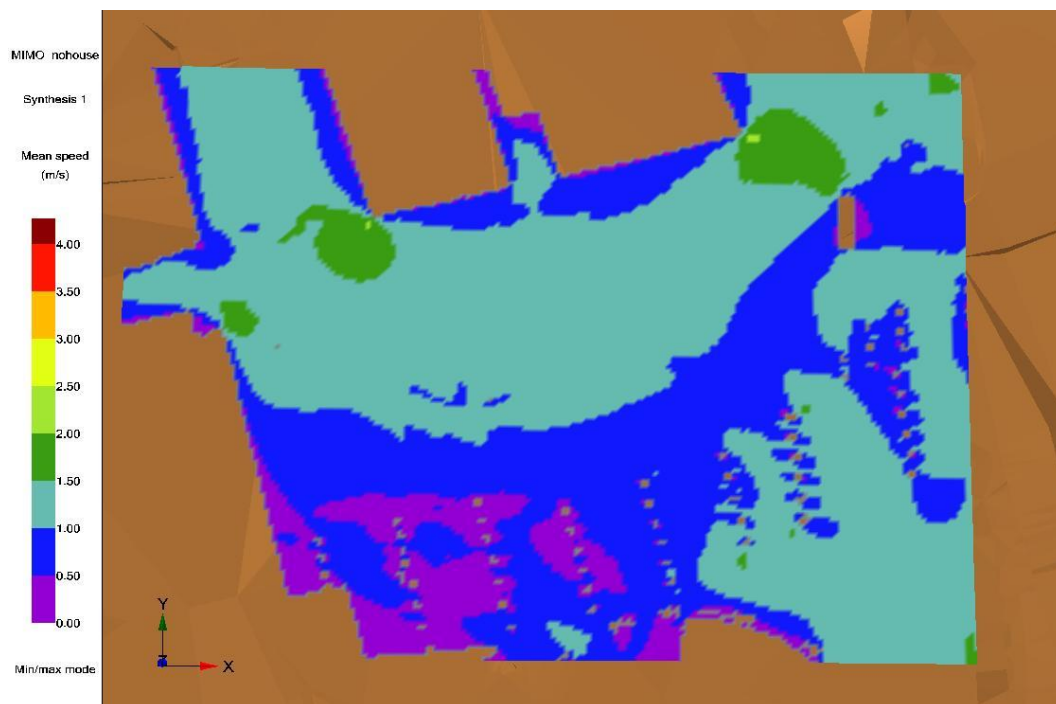
Den högsta riktningssvisa vindnivån finns öst om MIMO, där höghuset sticker ut mot öst, och uppstår vid vind från öst, väst/nordväst.





Figur 8: Vindförhållande under året, 2 m över marken. Överst visas förhållande med MIMO-byggnader, och nederst visas förhållande från simulering utan MIMO-kvarteret. Se Figur 9 för förhållande under bron.

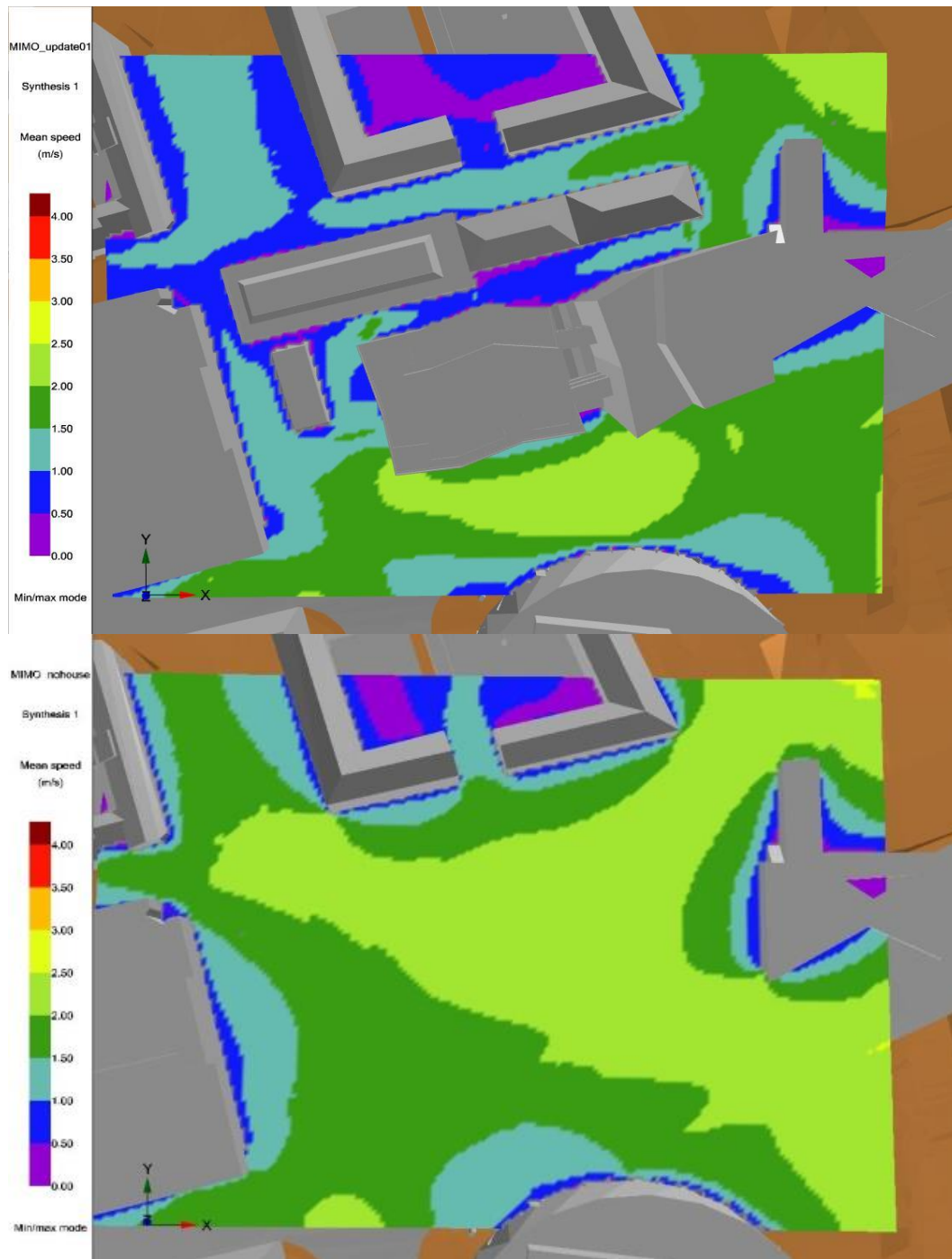




Figur 9: Vindförhållande under året, 2 m över marken. Samma figur som Figur 8, men utan samtliga byggnader, för att visualisera förhållande under bron. Överst visas förhållande med MIMO-byggnader, och nederst visas förhållande från simulering utan MIMO-kvarteret.

#### 4.4.2 På bron

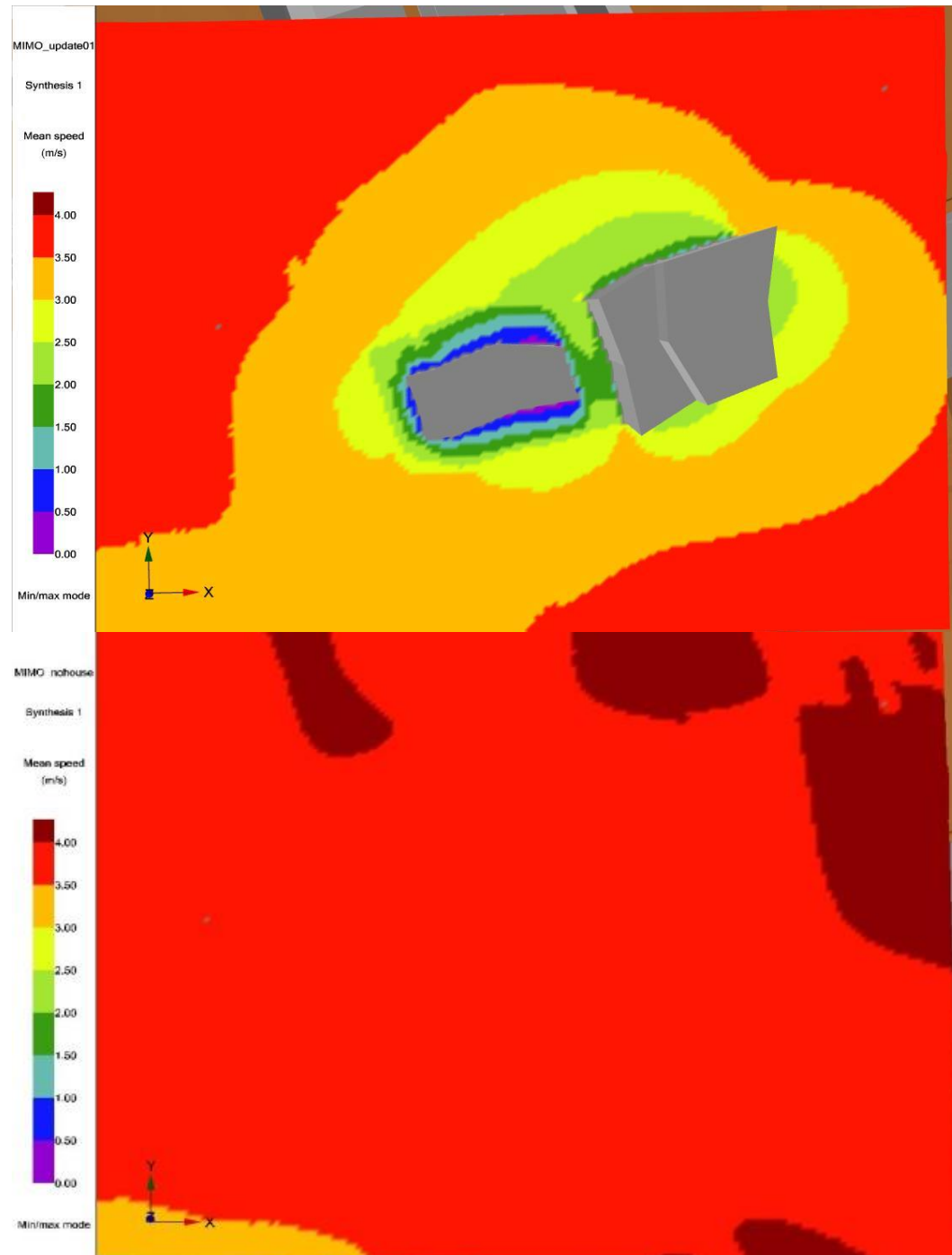
Vindförhållande på bron kan ses i Figur 10. Mellan höghuset och SCA-byggnaden på motsatt sida av bron uppstår en kanaleffekt, och vindnivån ökar något. Vindnivån ligger mellan 1,5 m/s och 3 m/s på bron. Högst vindnivå uppstår vid de sydliga hörnen på MIMO. För det sydvästra hörnet är det västlig och östlig vind som orsakar de högsta vindarna.



Figur 10: Vindförhållande under året, 10 m över marken. Överst visas förhållande med MIMO, och nederst visas förhållande från simulering utan MIMO-kvarteret.

### 4.4.3 Takterrass

På takterrassen förväntas högre vindnivåer ju längre ut på terrassen man befinner sig. I genomsnitt förväntas vindnivåer upp mot 2,5 - 3,5 m/s (Figur 11). För nordöstlig vindriktning kan det förväntas en viss skärmningseffekt från det högsta huset.



Figur 11: Vindförhållande under året, på takterrass. Uppe visas förhållanden med MIMO, och nere visas förhållande från simulering utan MIMO-kvarteret.

## 4.5 Vindkomfort

För att analysera vilken påverkan vindstyrkan har på vindkomforten runt byggnaden har vi använt Lawsons komfortkriterier. Dessa kriterier har utvecklats under många år vid Universitetet i Bristol, England och har en utbredd internationell användning. Det är viktigt att ha förståelse för att graden av komfort under rådande vindförhållanden till en viss grad är subjektiv och att komfort knutet till vind kan uppfattas olika från en person till en annan. Det finns olika definitioner av vindkomfort och en jämförelse av dessa ses i Janssen et al. (2012)<sup>3</sup>. Enligt Janssen et al. representerar Lawsons komfortkriterier förhållandevis stränga krav på vindkomfort.

### 4.5.1 Lawsons komfortkriterier

Lawsons komfortkriterier presenteras i Tabell 3. Från tabellen ser vi att klassificeringen för respektive aktivitet utgörs av den procentuella andel av tiden som vinden överskrider olika acceptabla eller oacceptabla vindstyrkor. Exempelvis antas det att det är acceptabelt att vindhastigheten är över 3,5 m/s upp till 4 % av tiden (ca 350 timmar om året) vid sittplatser utomhus samtidigt som det är oacceptabelt att vindhastigheten är högre än 5,5 m/s mer än 1 % av tiden (motsvarande 88 timmar om året).

**Tabell 3: Lawsons komfortkriterier. I tabellen presenteras maximal andel tid (%) som vindhastigheten får överskrida ett givet gränsvärde (m/s).**

Typ av område	Oacceptabelt			Acceptabelt		
Sittplatser utomhus	1 %	>	5,5 m/s	4 %	>	3,5 m/s
Entréer till byggnader	6 %	>	5,5 m/s	4 %	>	3,5 m/s
Områden för fotgängare - stående	6 %	>	5,5 m/s	6 %	>	3,5 m/s
Områden för fotgängare	4 %	>	8,0 m/s	6 %	>	5,5 m/s
Fotgängare - till och från arbetet	2 %	>	10,5 m/s	2 %	>	8,0 m/s
Vägar och parkeringsplatser	6 %	>	10,5 m/s	2 %	>	10,5 m/s

I denna analys är komfortkriterierna för acceptabla förhållanden analyserade, motsvarande den högra kolumnen i Tabell 3. I den vidare texten väljer vi att använda uttrycket ogynnsam i de fall då de acceptabla gränserna överskrids, detta då vindkomfort till en viss grad är subjektiv.

Eftersom vindanalysen indikerar att vindnivån är lägre på sommaren och högre på vintern har vi delat upp komfortanalysen i sommar- och vinterhalvår.

### 4.5.2 Sittplatser utomhus

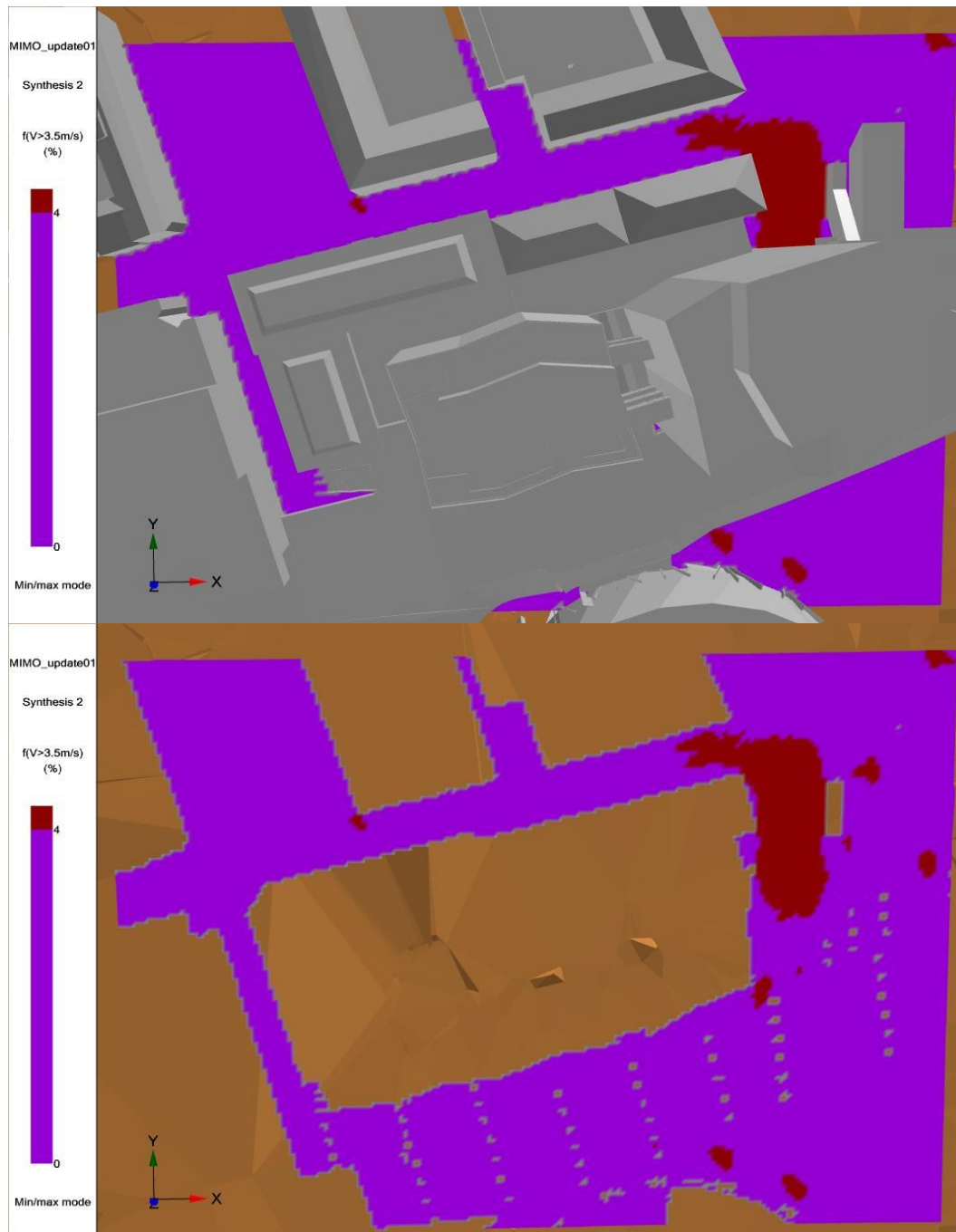
I enlighet med Tabell 3 är det acceptabelt med vindhastigheter över 3,5 m/s upp till 4 % av tiden, motsvarande 350 timmar om året. Potentiella områden för sittplatser är på marknivå, uppe på bron och på takterrassen.

<sup>3</sup> Janssen, W. D., Blocken, B., & van Hooff, T. (2012). Pedestrian wind comfort around buildings: comparison of wind comfort criteria based on whole-flow field data for a complex case study. *Build. Environ.* 53.

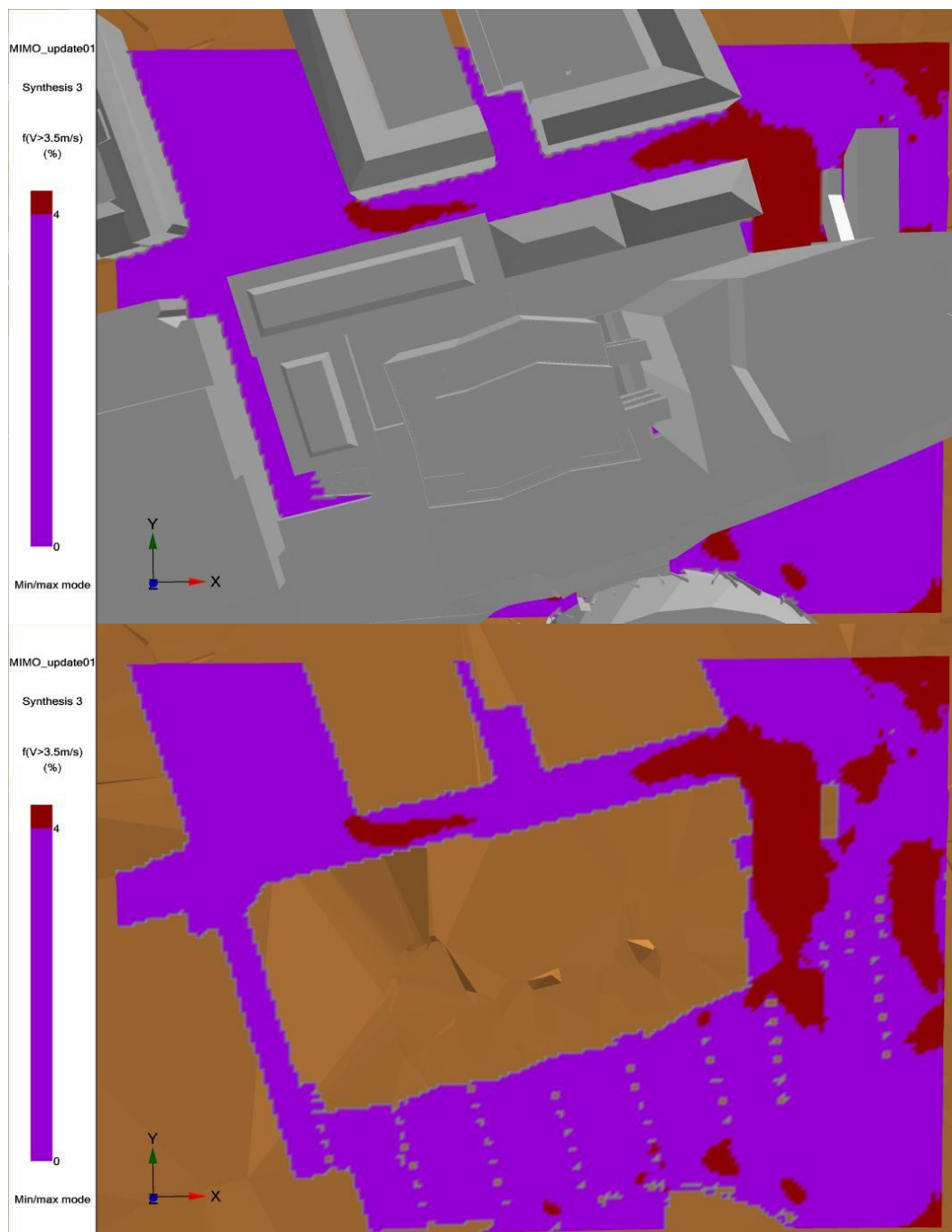


## 2m

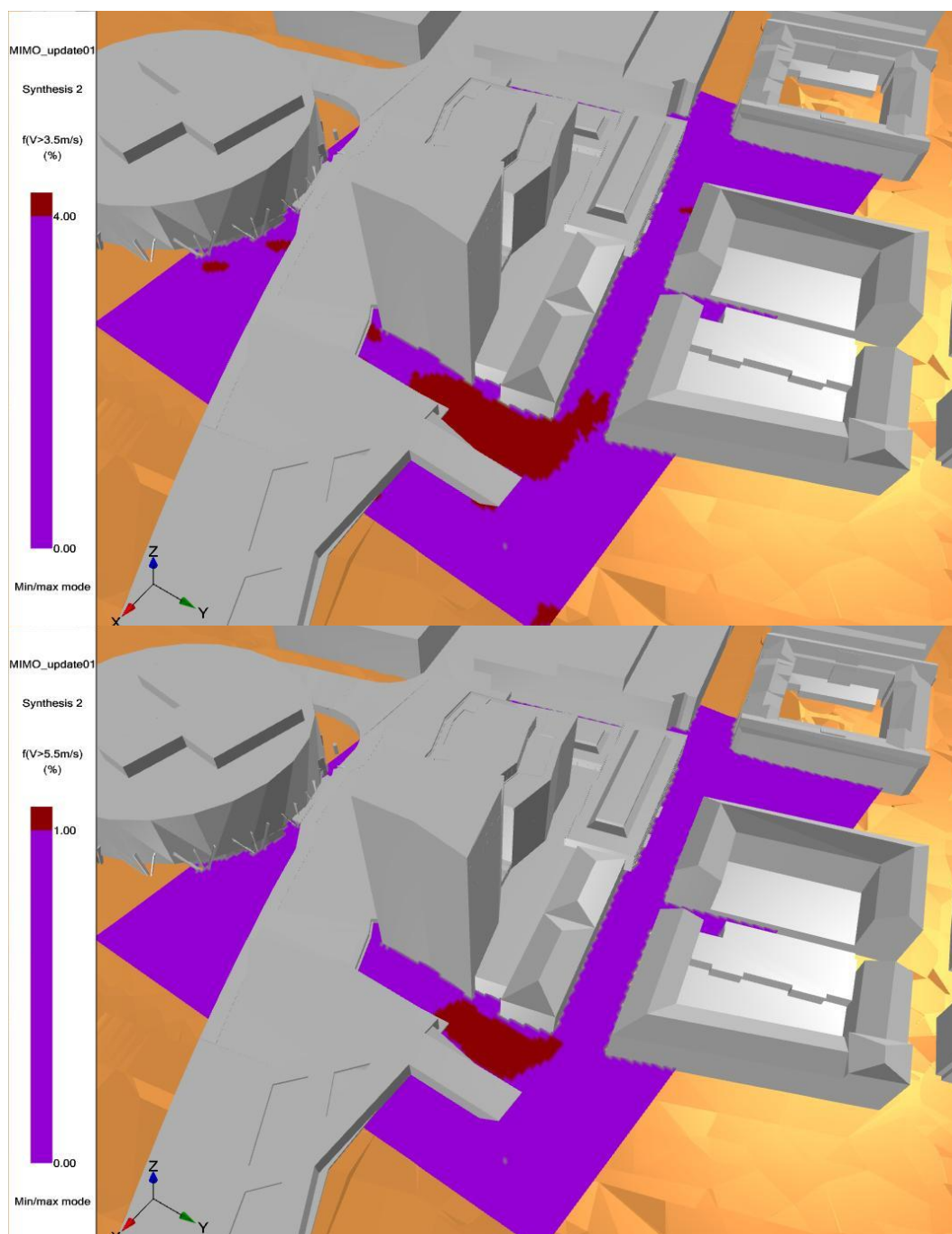
Vindförhållanden på marken runt MIMO är illustrerad i Figur 12 för sommarhalvåret och Figur 13 för vinterhalvåret. I de nordöstra områdena och på Brogatan kan de acceptabla gränserna överskridas. Detta är illustrerat närmre i Figur 14 och Figur 15, sett från nordöst. I delar av områdena kommer vindnivån vara över 5,5 m/s i mer än 1 % av tiden, och måste anses som ogynnsamma. Här är det inte stor skillnad mellan sommar- och vinterhalvåret.



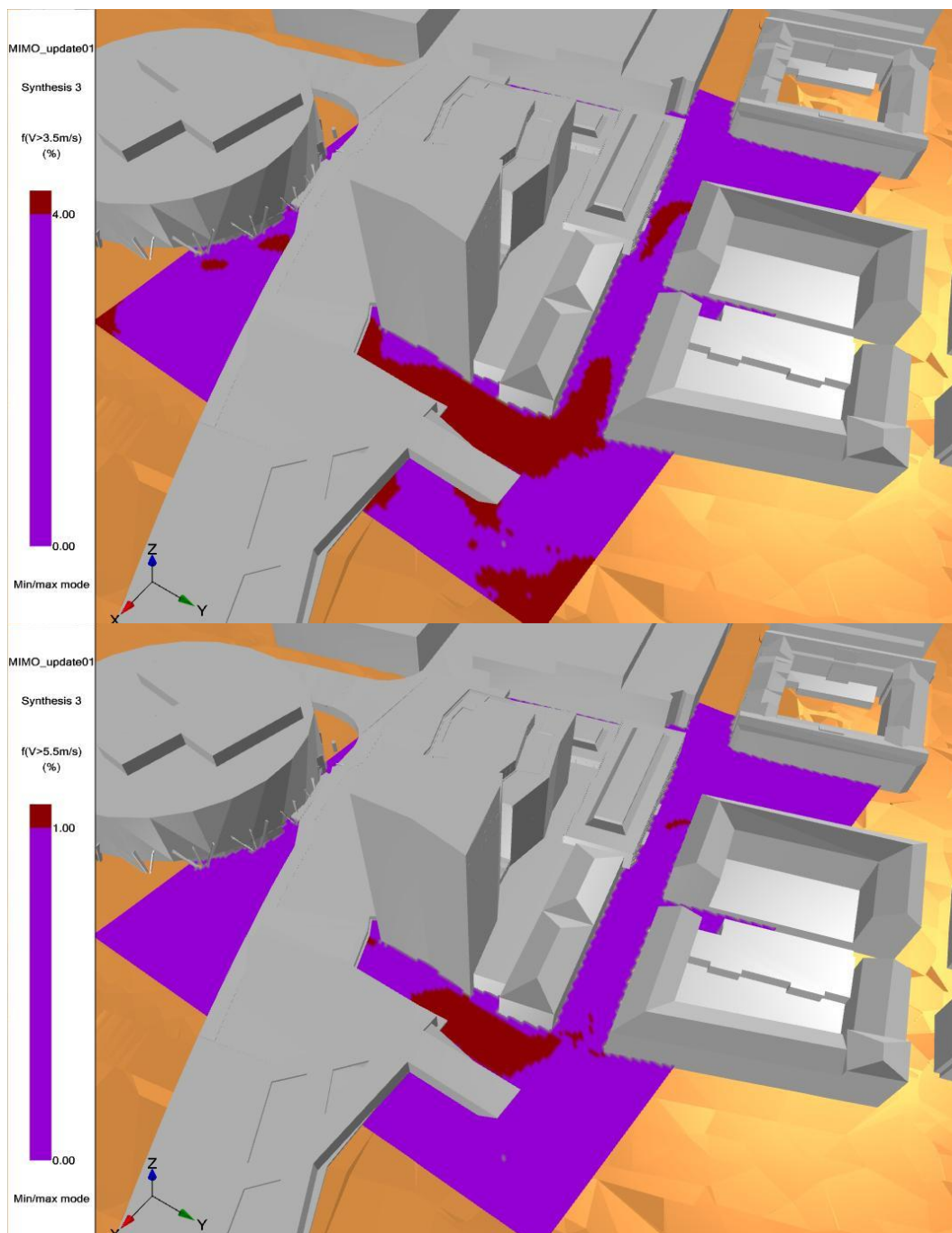
Figur 12: Frekvensen av vind över 3,5 m/s för områden runt MIMO, för sommarhalvåret. De acceptabla områdena ses i lila färg. Nederst visas vinden utan samtliga byggnader, för att visa förhållanden under bron.



Figur 13: Frekvensen av vind över 3,5 m/s för områden runt MIMO, för vinterhalvåret. De acceptabla områdena ses i lila färg. Nederst visas vinden utan samtliga byggnader, för att visa förhållanden under bron.



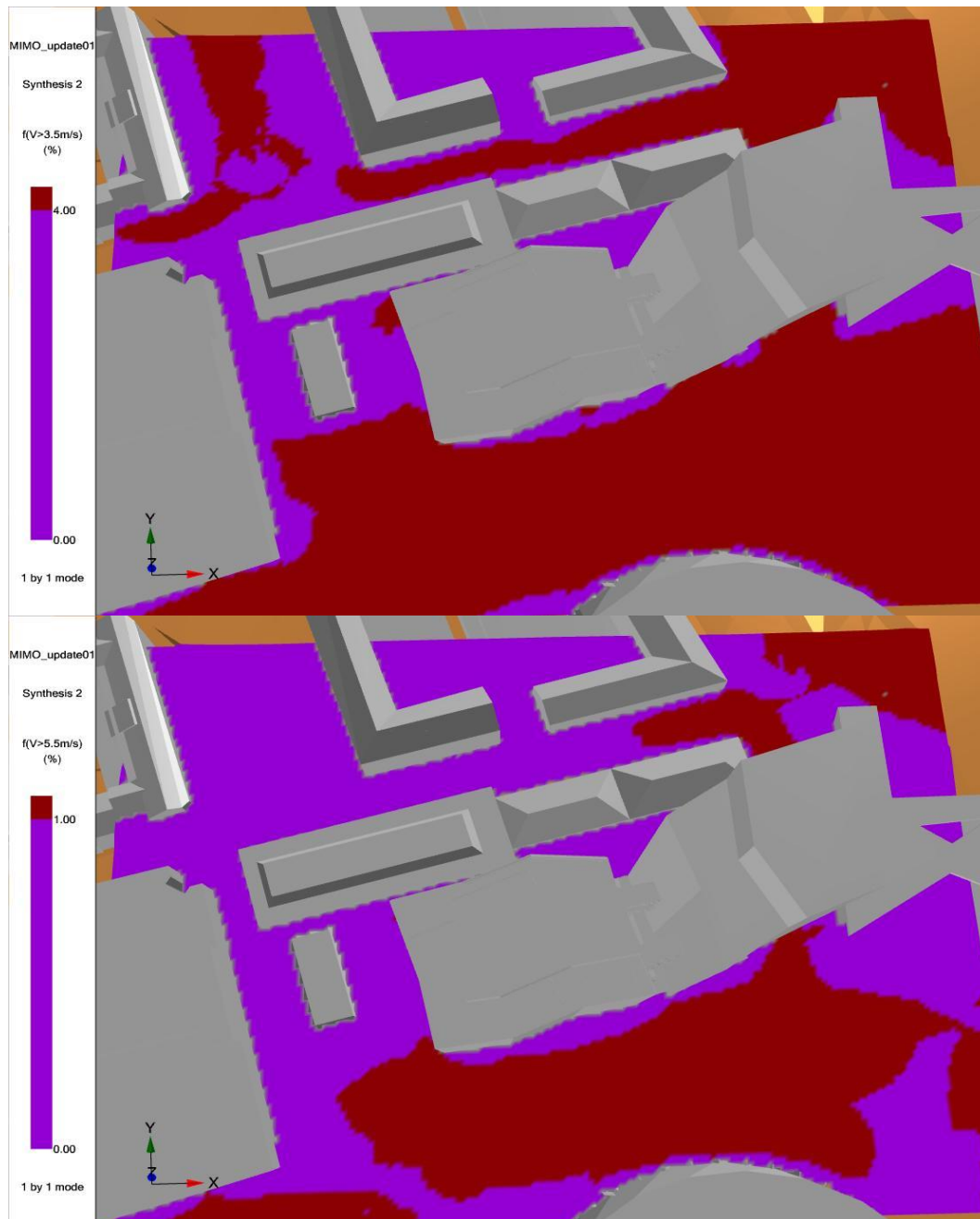
Figur 14: Överst visas samma som Figur 12, men sett från nordöst, för sommarhalvåret. Frekvensen av vind över 5,5 m/s visas nederst. De acceptabla områdena ses i lila färg.



Figur 15: Överst visas samma som Figur 13, men sett från nordöst, för vinterhalvåret. Frekvensen av vind över 5,5 m/s visas nederst. De acceptabla områdena ses i lila färg.

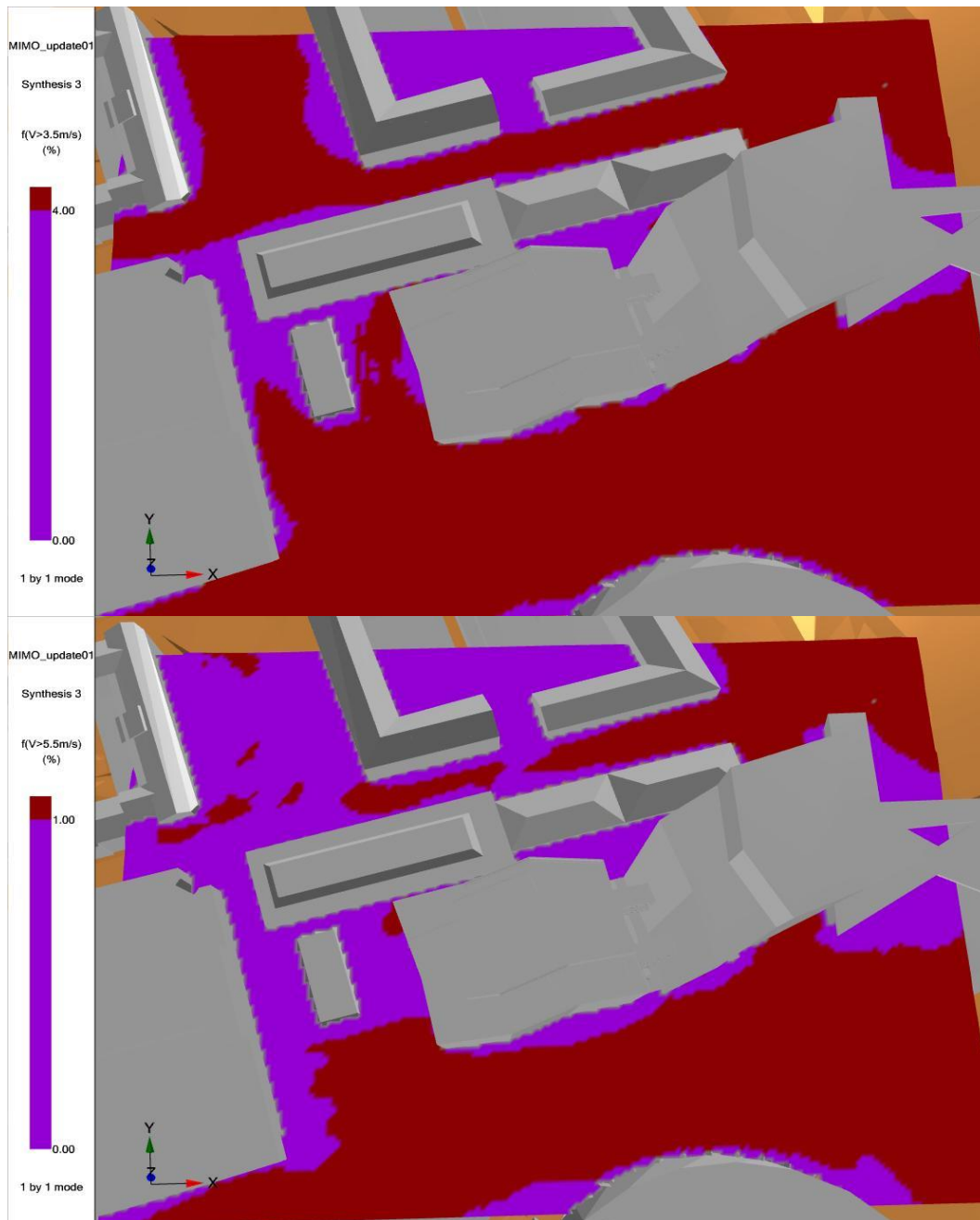
### På bron

Beräkningarna visar att områdena på bron bör anses ge ogynnsamma vindförhållanden för sittplatser utomhus. Acceptabla områden för sittplatser är tätt intill fasaden, och något större acceptabla områden under sommarhalvåret, som illustreras i Figur 16 och Figur 17. Det mesta av bron är ogynnsamt för sittplatser. Simuleringar utan MIMO-kvarteret visar att bron även innan MIMO inte uppfyllde de acceptabla kraven för sittplatser.



Figur 16: Överst visas frekvensen av vind över 3.5 m/s för sommarhalvåret och nederst visas frekvensen av vind över 5,5 m/s, på bron. De acceptabla områdena ses i lila färg.

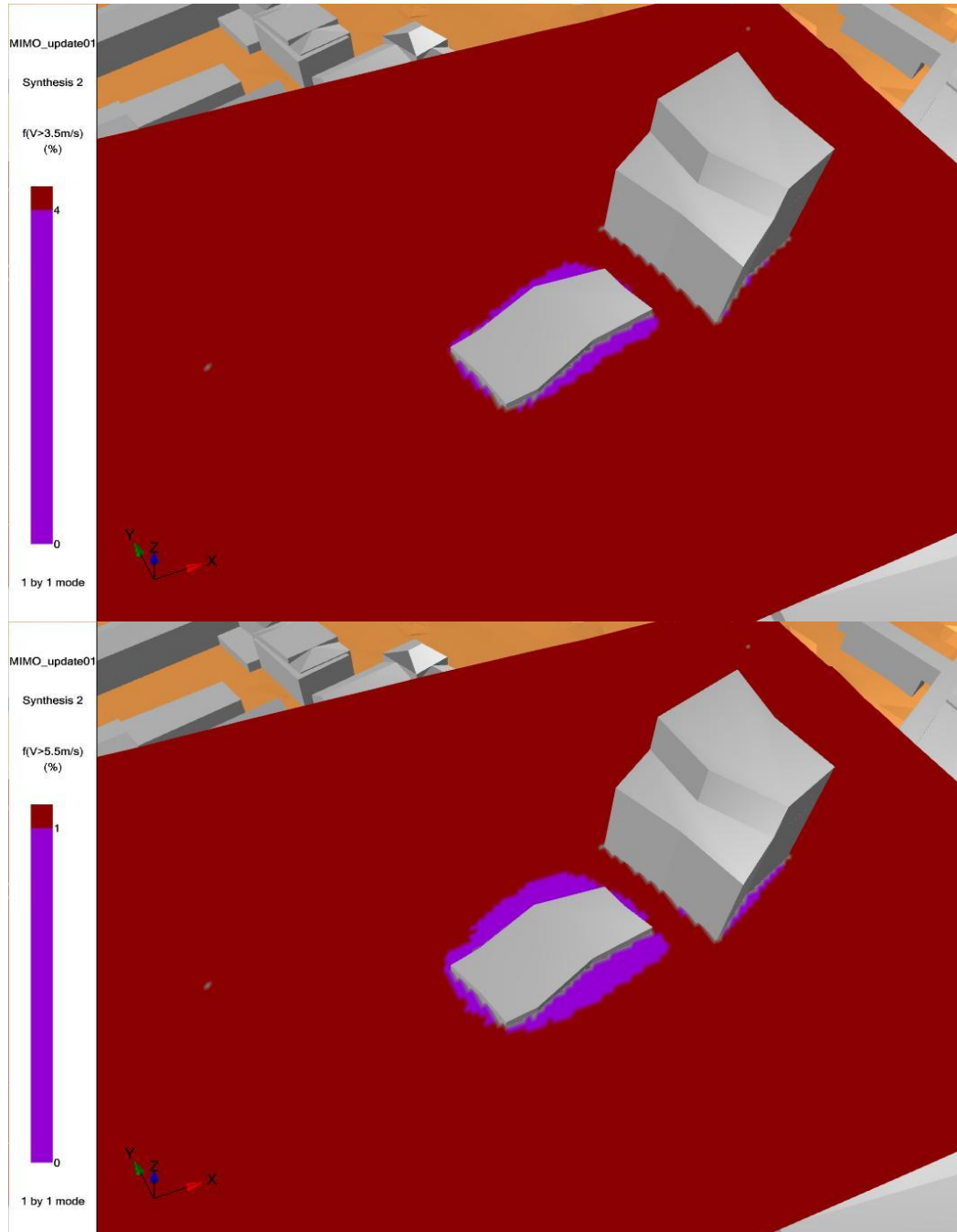
Med begränsande åtgärder kan nog sittplatser på det sydvästra hörnet av MIMO vara möjligt. Mer om detta i Avsnitt 4.5.8.



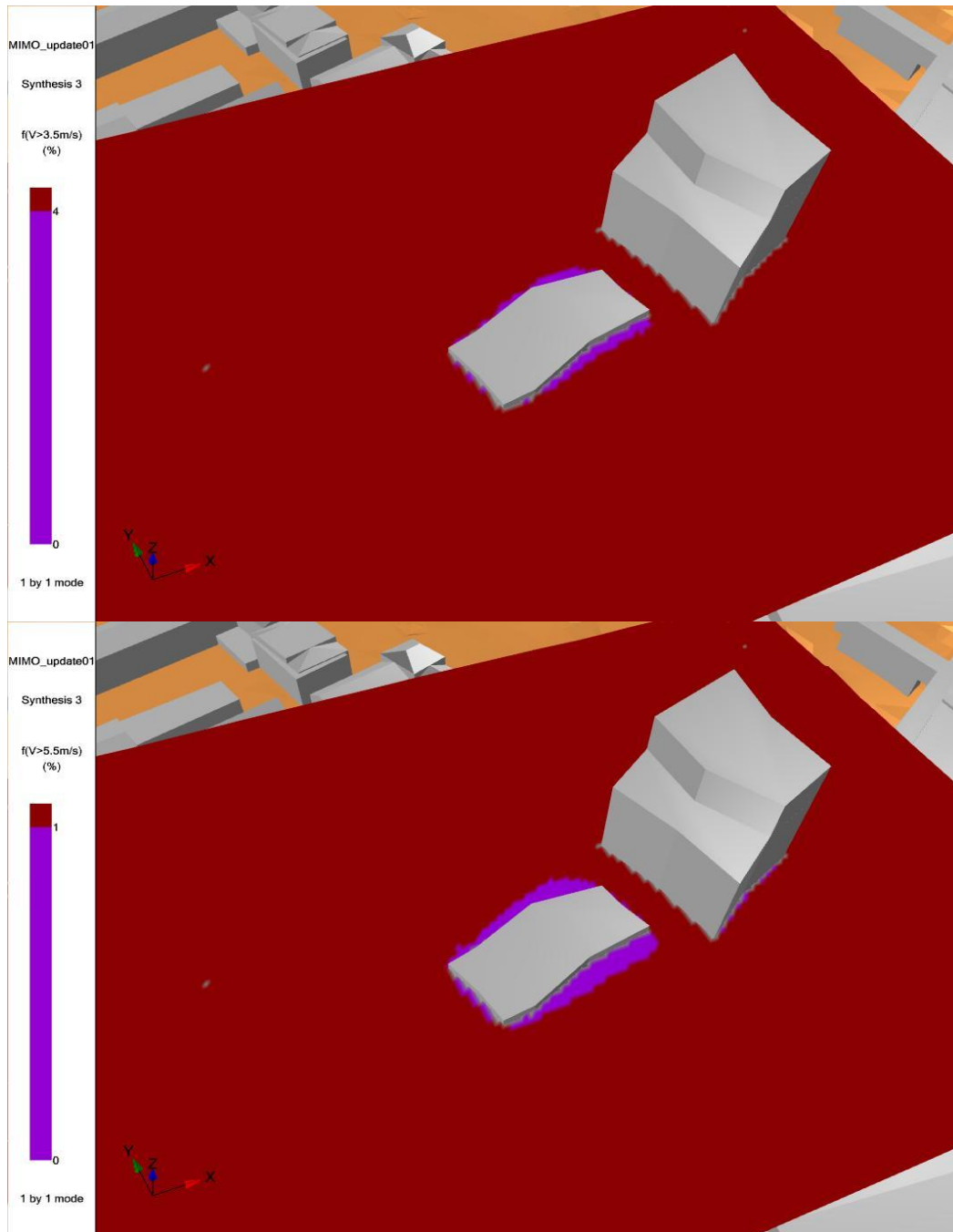
Figur 17: Överst visas frekvensen av vind över 3.5 m/s för vinterhalvåret och nederst visas frekvensen av vind över 5,5 m/s. De acceptabla områdena ses i lila färg.

### Takterrass

På takterrassen överskrids det acceptabla kriteriet för sittplatser, undantaget helt intill fasaden, illustrerat i Figur 18 för sommarhalvåret och Figur 19 för vinterhalvåret. Stora delar av området har även högre vindnivå än 5,5 m/s i mer än 1 % av tiden.



Figur 18: Överst visas frekvensen av vind över 3,5 m/s för sommarhalvåret och nederst visas frekvensen av vind över 5,5 m/s, på takterrassen. De acceptabla områdena ses i lila färg.



Figur 19: Överst visas frekvensen av vind över 3.5 m/s för vinterhalvåret och nederst visas frekvensen av vind över 5,5 m/s, på takterrassen. De acceptabla områdena ses i lila färg.



### 4.5.3 Ingångspartier till byggnader

I enlighet med Tabell 3 är det acceptabelt med vindhastigheter över 3,5 m/s upp till 4 % av tiden, motsvarande 350 timmar om året, för entréer och ingångspartier till byggnader. Detta komfortkriterium motsvarar komfortkriteriet för sittplatser utomhus och följer därmed resultatet och diskussionen i föregående avsnitt 4.5.2.

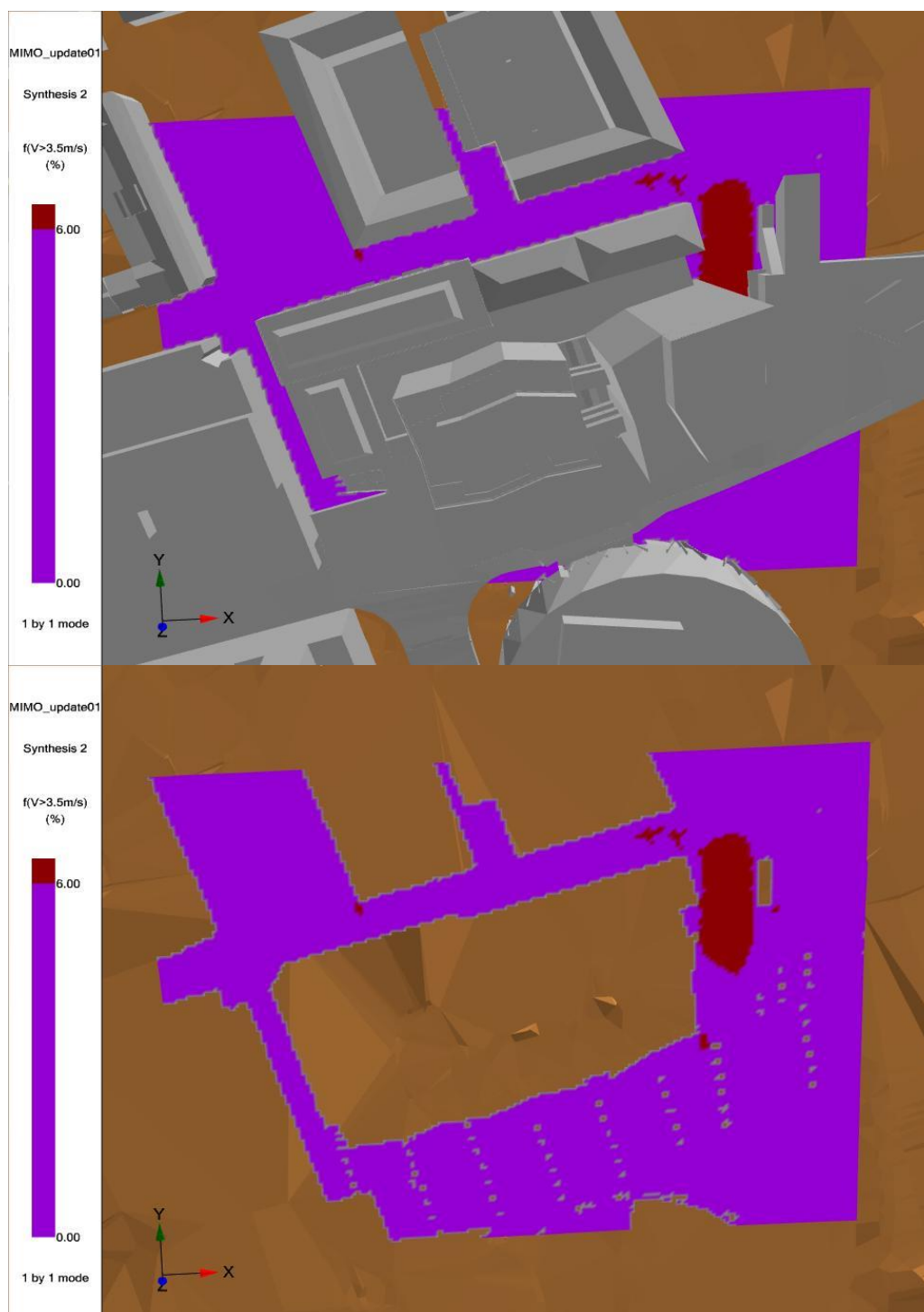
På marken längs fasaden runt MIMO-komplexet är det övervägande acceptabla förhållanden för entréer, men ogynnsamma områden finns i områden i nordöst, ex. Figur 12 till Figur 15. Mot öst är det acceptabla förhållanden för entréer. Lawsons kriterium för oacceptabel vind (5,5 m/s mer än 6 % av tiden) är inte överskridet.

På bron finns det acceptabla områden för entréer helt intill fasaden.

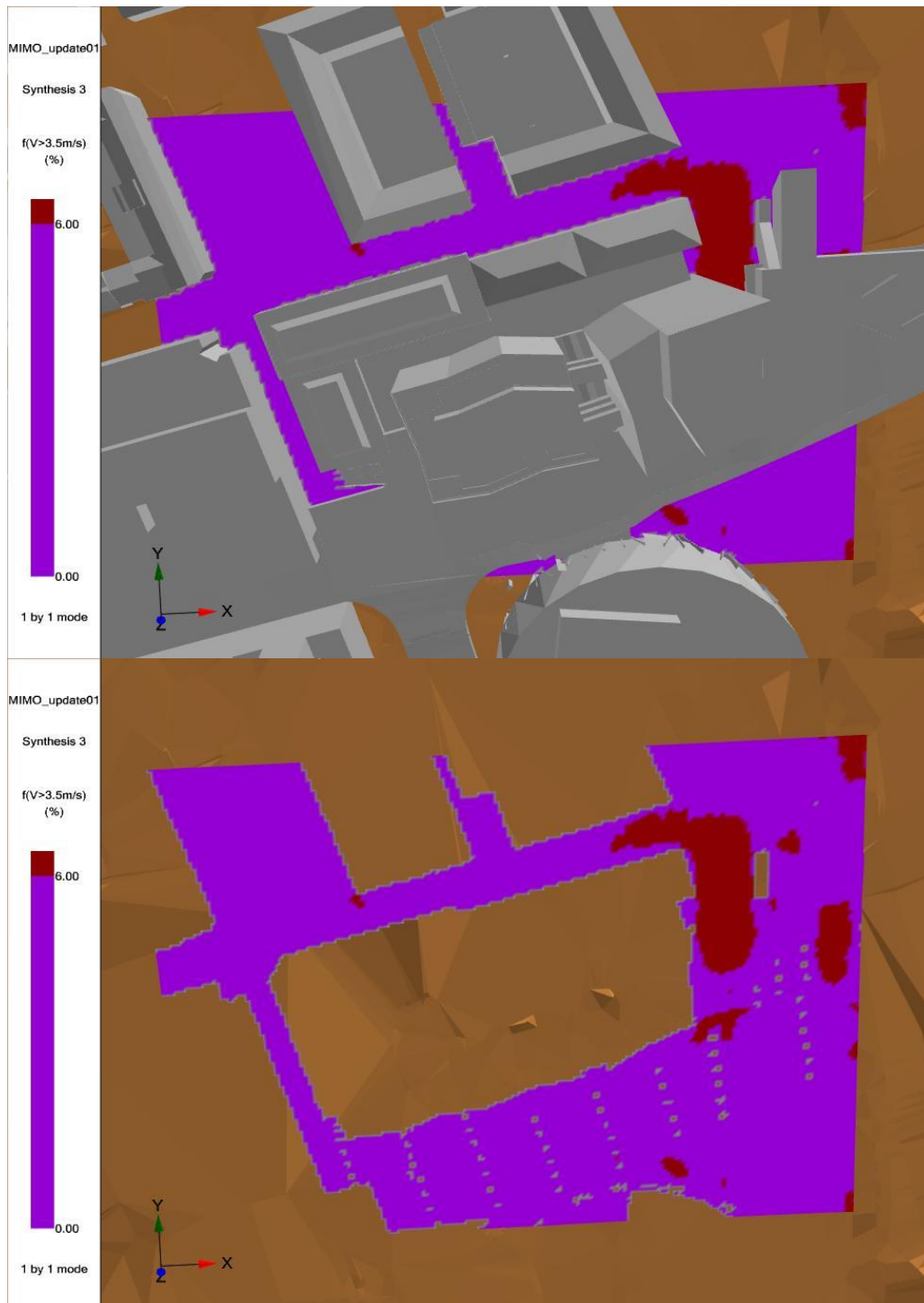
### 4.5.4 Områden för fotgängare - stående

I enlighet med Tabell 3 är det acceptabelt med vindhastigheter över 3,5 m/s upp till 6 % av tiden, motsvarande 526 timmar om året, för områden med stående fotgängare. Med fotgängarområden för stående menas parkområden, gågator och liknande. Detta är illustrerat för markplan i Figur 20 för sommarhalvåret och Figur 21 för vinterhalvåret, där ogynnsamma områden finns mot nordöst.

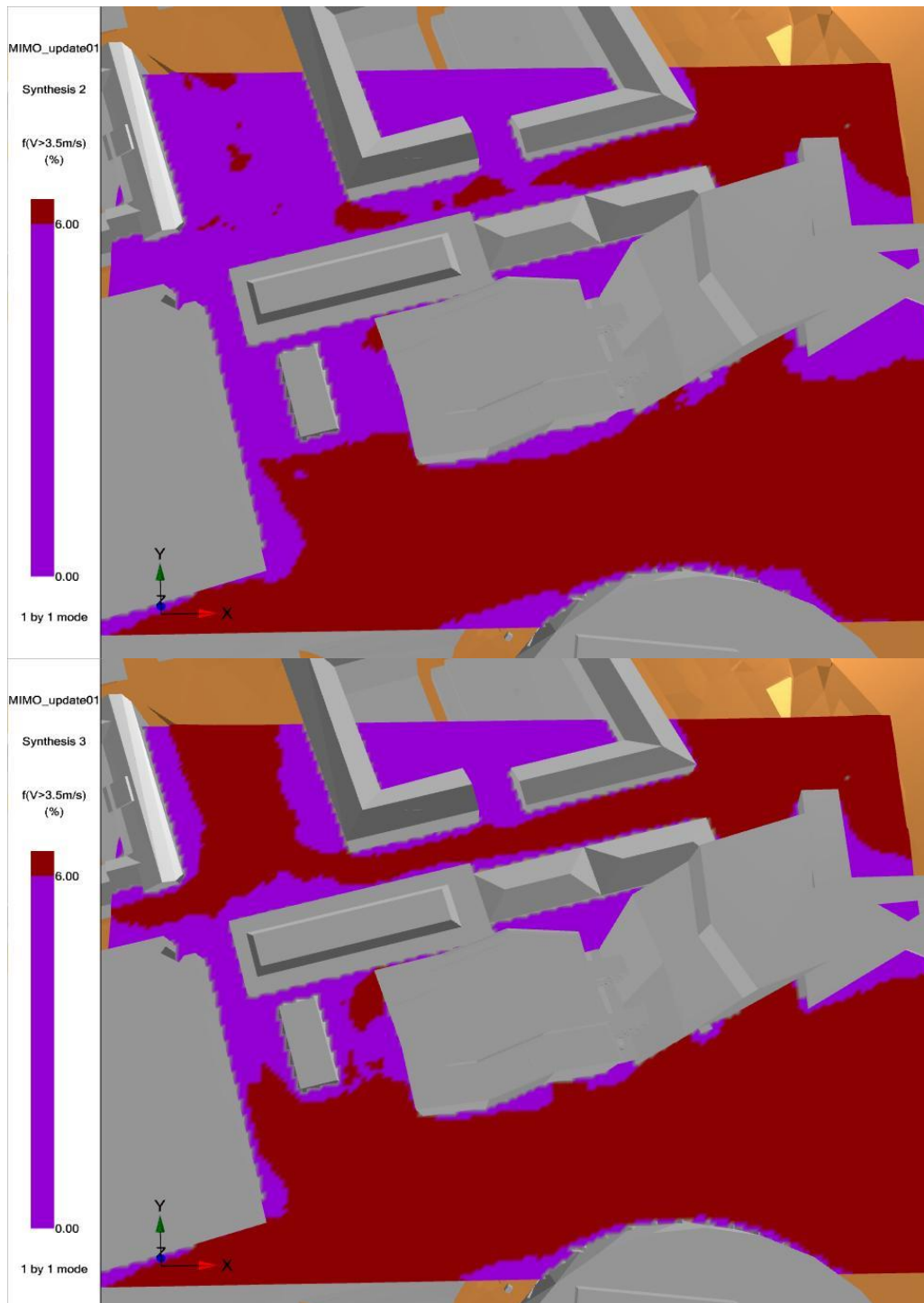
På bron finns acceptabla områden för stående fotgängarna helt intill fasaden, se Figur 22.



Figur 20: Frekvensen av vind över 3,5 m/s för områden 2 m över marken, för sommarhalvåret. Nederst visas frekvensen utan samtliga byggnader, för att visa förhållanden under bron. De acceptabla områdena ses i lila färg.



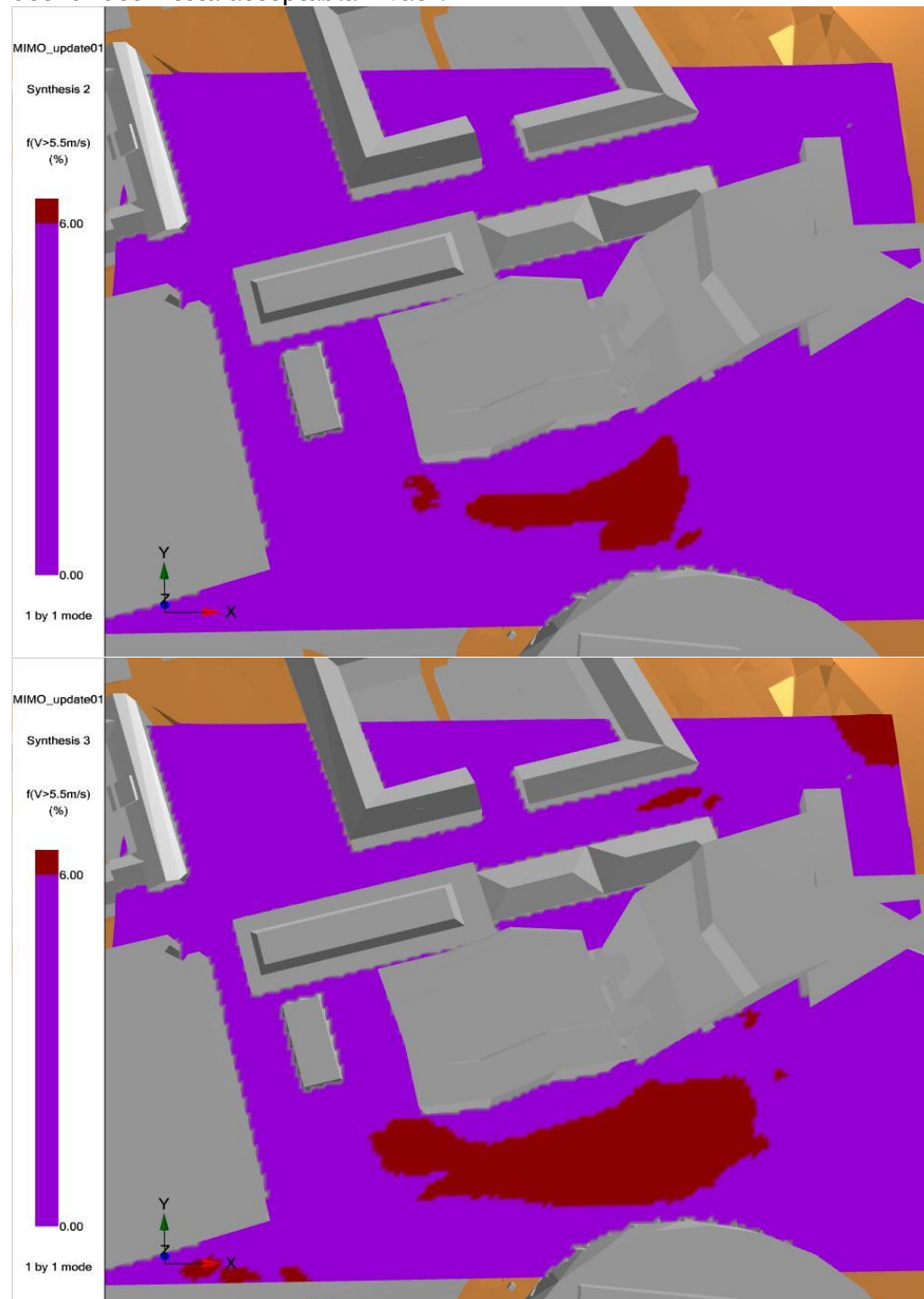
Figur 21: Frekvensen av vind över 3,5 m/s för områden 2 m över marken, för vinterhalvåret. Nederst visas frekvensen utan samtliga byggnader, för att visa förhållanden under bron. De acceptabla områdena ses i lila färg.



Figur 22: Frekvensen av vind över 3,5 m/s för områden på bron, för sommarhalvåret (uppe) och för vinterhalvåret (nederst). De acceptabla områdena ses i lila färg.

#### 4.5.5 Områden för fotgängare

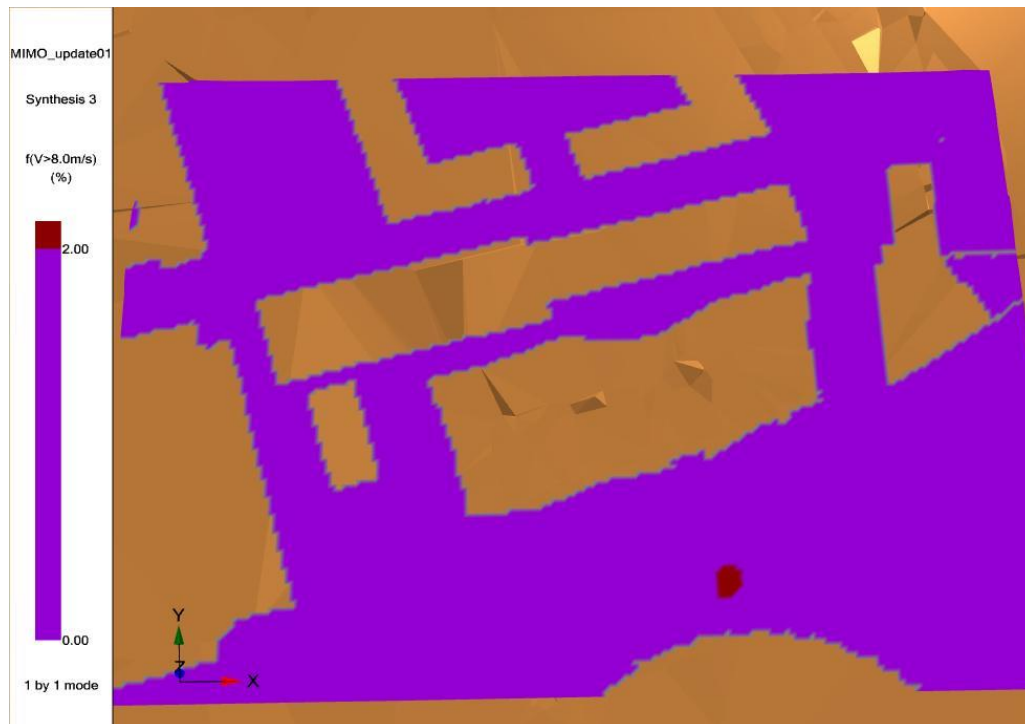
I enlighet med Tabell 3 är det för fotgängarområden acceptabelt med vindhastigheter över 5,5 m/s upp till 6 % av tiden, motsvarande 526 timmar om året. Detta komfortkriterium är alltid uppfyllt i 2 m höjd (under bron), medan kriterium på bron delvis överskrids vilket illustreras för sommar- och vinterperioden i Figur 23. I figuren visas de acceptabla områdena med lila färg. Ogynnsamma områden kan finnas på bron, men i huvudsak på vägbanan. Nära byggnaderna är det för det mesta acceptabla nivåer.



Figur 23: Frekvensen av vind över 5,5 m/s för områdena runt MIMO, för sommarhalvåret överst och vinterhalvåret nederst. De acceptabla områdena ses i lila färg.

#### 4.5.6 Fotgängare - till och från arbetet

I enlighet med Tabell 3 har resultaten analyserats för fotgängarområden för gående till och från arbetet. Om vintern finns det en liten möjlighet för vindnivåer över 8 m/s i mer än 2 % av tiden (175 timmar av året) på bron mellan MIMO och SCA-huset, se Figur 24. Om vintern är det därmed möjligt att ogynnsamma vindnivåer uppnås. Om sommaren kan hela området anses som acceptabelt för gående till och från arbetet.



Figur 24: Frekvensen av vind över 8 m/s för områdena runt MIMO, på bron för vinterhalvåret. De acceptabla områdena ses i lila färg.

#### 4.5.7 Vägar och parkeringsplatser

I enlighet med Tabell 3 har resultaten analyserats för vägar och parkeringsplatser. I samtliga fall, oberoende av säsong, anses hela området vara acceptabelt för vägar och parkeringsplatser.

#### 4.5.8 Begränsande åtgärder

Exempel på begränsande åtgärder som kan förbättra vindkomforten i gatuplanet är:

- Plantering av träd och buskar
- Entrétak över ingångspartier
- Vindskärmar, täta räcken och balustrader
- Avrundade hörn på husen och "trappstegshörn"
- Infällning av ingångspartier

CFD-modelleringen i denna studie har inte tagit med planlagda entrétak över ingångspartier, som kan förbättra komforten något. För sittplatser på takterrassen rekommenderas det att använda sig av vindskärmar. På markplan mot nordöst kan plantering av träd och buskar förbättra vindkomforten. I de fall vegetation används som begränsande åtgärder är det viktigt

att se till att vegetationen är i form av låga träd eller buskar, för att hindra en lokal vindförstärkning under exempelvis träd med kala stammar. Beroende av vilken aktivitet som avses på bron, kan det till viss del rekommenderas begränsande åtgärder. Till exempel kan sittplatser vid det sydvästra hörnet av MIMO vara möjligt om vindskärmar setts upp. Träd kan förbättra komforten; exempelvis kan vindskärmar skärma närmast marken, och träd skärma ovanför dessa.

Effekten av begränsande åtgärder kan kvantifieras och optimeras med hjälp av en CFD-modell. Även eventuella förändringar i konstruktionen, exempelvis ändringar i höjd på byggnaden, kan kvantifieras med beräkningar utförda med CFD-modeller.