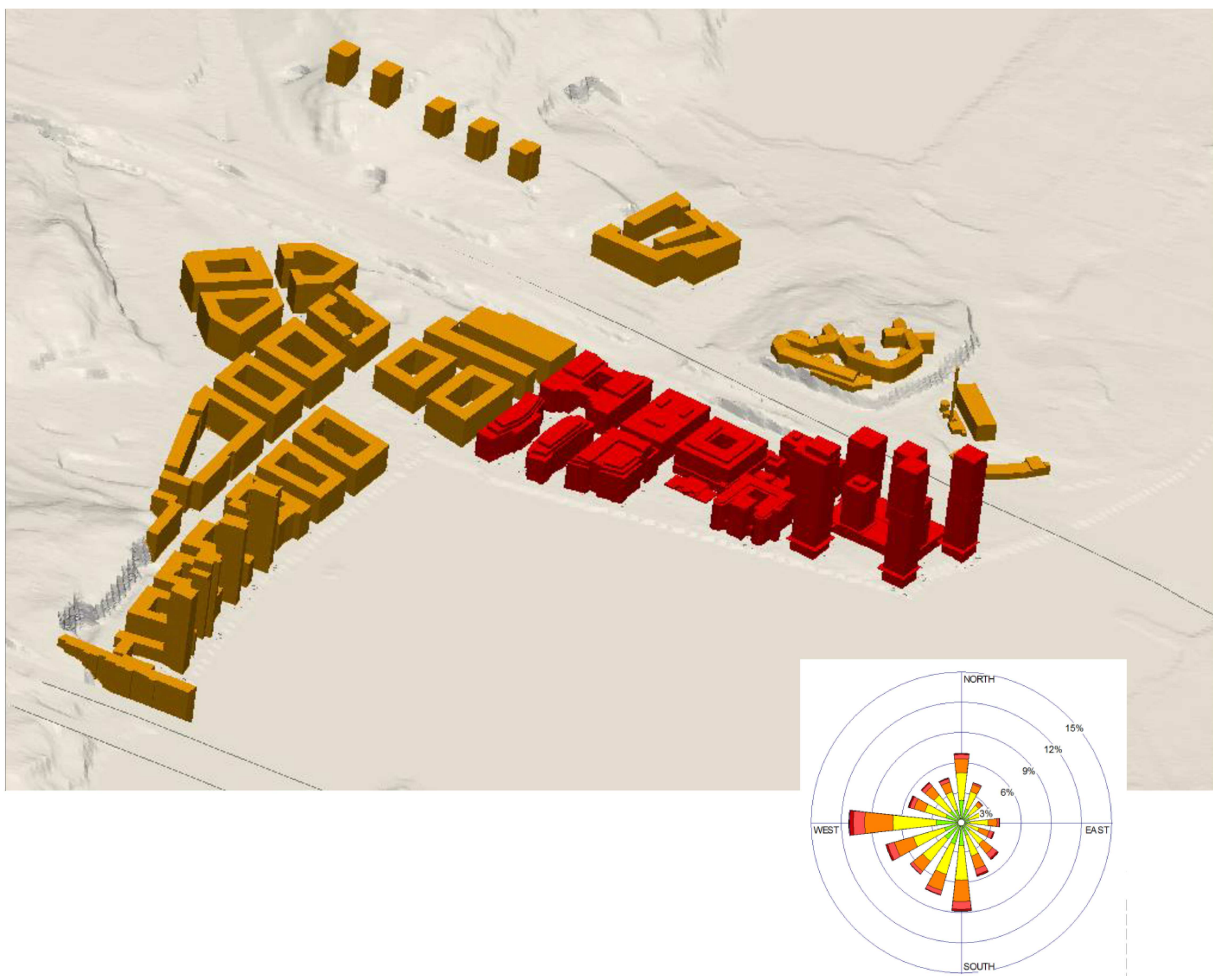


Magnus Asp

RAPPORT NR 2016-8

Vindkomfortstudie för Marievik, Stockholm



Pärmbild.

Bilden visar Marievik med omgivning samt en vindros från Bromma flygplats, baserad på data för hela året och perioden 1961-2013.

Författare:

Magnus Asp

Granskningsdatum:

2016-08-25

Uppdragsgivare:

JM AB

Granskare:

E Björck

Dnr:

2015/1840/9.5

Version:

3.0

Vindkomfortstudie för Marievik, Stockholm

Uppdragstagare

SMHI

601 76 Norrköping

Projektansvarig

Emil Björck

011 – 495 82 67

emil.bjorck@smhi.se

Uppdragsgivare

JM AB

Gustav III:s Boulevard 64

169 82 STOCKHOLM

Kontaktperson

Gunnar Landing

08 -782 88 10

gunnar.landing@jm.se

Distribution

Klassificering

Affärssekretess

Nyckelord

Vindstudie, vindkomfort, CFD, Marievik, Stockholm

Övrigt

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	0
2	BAKGRUND OCH SYFTE	1
3	METODIK	2
3.1	Beräkningsteknik	2
3.1.1	Beräkningsområde	2
3.1.2	Meteorologiska förutsättningar.....	3
3.2	Allmänt om vind och vindkomfort.....	3
3.2.1	Komfortkriterier	4
3.3	Allmänt om vindskydd	5
4	RESULTAT	6
4.1	Vindstatistik.....	6
4.2	Vindberäkningar	7
4.2.1	Komfortkriterier	7
4.2.2	Vindens förstärkning	11
5	SLUTSATSER	15
6	REFERENSER	15
7	FIGURER.....	16

1 Sammanfattning

Området Marievik i Liljeholmen, Stockholm förnyas och i detaljplanen ingår bland annat ett antal höga hus på fastigheterna Marievik 15 och 22. Dessa hus förväntas ge påverkan på planområdet avseende vindförhållanden vid entréer, gaturum, parker och längs kajen. Då man är angelägna om att skapa ett så gott vindklimat i området som möjligt har JM AB gett SMHI i uppdrag att utföra en vindkomfortstudie.

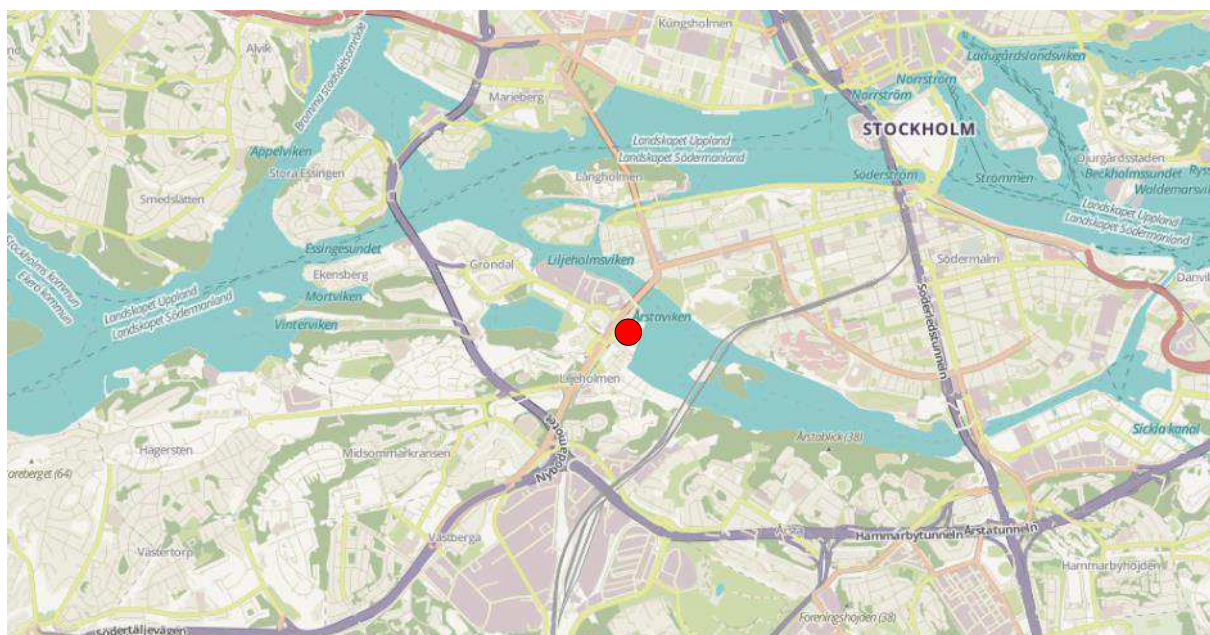
SMHI har genomfört vindsimuleringar med syftet att beskriva hur vindklimatet kommer att bli på ett antal platser inom den föreslagna utformningen. Med hjälp av en datormodell har strömningsberäkningar utförts för det aktuella området. Utgångspunkten för detta arbete är CAD-geometrier från uppdragsgivaren och klimatstatistik från Bromma flygplats mätstation.

Vindförhållandena vid åtta olika vindriktningar har studerats med hög detaljrikedom. Beräkningsresultaten har vägts samman med hjälp av vindstatistik och presenteras grafiskt som horisontella tvärsnitt på fotgängarnivå i mått som kan jämföras med antagna komfortkriterier. För varje enskild vindriktning presenteras även vindens förstärkning relativt anblåsande ostörda förhållanden (vindförhållandena över ett öppet fält). Följande slutsatser kan dras angående vindmiljön i området:

- Vindar från sektorn syd till väst är generellt vanligast i området.
- Sex av de tio studerade miljöerna beräknas få tillräckligt låg medianvindhastighet för att klara komfortkriterierna för långvarigt stillastående eller stillasittande med önskvärda förhållanden.
- Ingen av de studerade miljöerna har till hela ytan tillräckligt låg andel med vindar högre än 5 m/s för att klara av komfortkriterierna för långvarigt stillastående eller stillasittande med önskvärda förhållanden.
- Både parken vid M19 och parken i M15 väntas på grund av sina lägen nära öppet vatten få blåsiga förhållanden vid vindar från ost och sydost.
- Takterrasserna på de tre högsta husen i M22 väntas, enligt beräkningar utan vindskyddande glasskivor, få blåsiga förhållanden. På det högsta huset beräknas vindklimatet vara på gränsen att överskrida vad som brukar upplevas acceptabelt även för kortare uppehåll. Med glasskivor förbättras sannolikt vindklimatet avsevärt. Vindmodellering med glasskivor inkluderade krävs dock för att få svar på om önskvärda förhållanden för längre stillastående/stillasittande kan uppnås.
- De båda studerade gårdarna i M15 kommer vid de flesta vindriktningarna få vindar som är kraftigt förstärkta på grund av läget vid de höga husen.
- Gångbroarna runt tornen T6, T7 och T3 har ett mycket vindutsatt läge och det kan vara en god idé att på de platser som är mest utsatta överväga vindskyddande åtgärder som högre glasskivor eller skärmtak.

2 Bakgrund och syfte

Området Marievik i Liljeholmen, Stockholm förnyas och i detaljplanen ingår bland annat ett antal höga hus på fastigheterna Marievik 15 och 22. Dessa hus förväntas ge påverkan på planområdet avseende vindförhållanden vid entréer, gaturum, parker och längs kajen. Då man är angelägna om att skapa ett så gott vindklimat i området som möjligt har JM AB gett SMHI i uppdrag att utföra en vindkomfortstudie. SMHI har genomfört vindsimuleringar med syftet att beskriva hur vindklimatet kommer att bli på ett antal platser inom den föreslagna utformningen. Uppdraget av JM AB innefattar även underlag till utformningen av byggnadernas ventilationssystem i form av tryckfält för överenskomna ytor. Dessa resultat presenteras i en separat rapport.



Figur 1. Geografisk översikt. Marievik är markerat med en röd punkt. Kartunderlaget kommer från openstreetmap.org, © OpenStreetMaps bidragsgivare.

3 Metodik

Strömningsberäkningar har genomförts för åtta vindriktningar. Resultaten från dessa modelleringar har därefter sammanvägts som horisontella fält på 2 meters höjd över marken med hjälp av vindstatistik från Bromma Flygplats, som underlag för en samlad bedömning av vindmiljön.

3.1 Beräkningsteknik

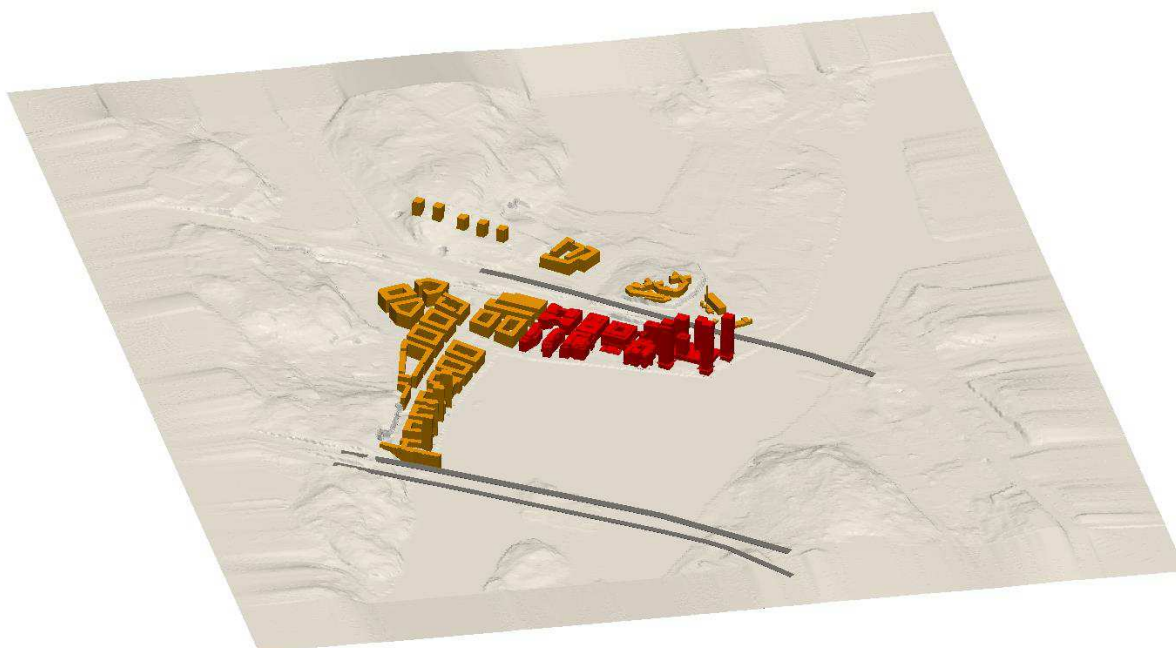
Strömningsberäkningarna genomförs med CFD-teknik (Computational Fluid Dynamics). Ekvationer löses för luftens hastighet, tryck och turbulens i ett stort antal punkter i beräkningsvolymen. I vissa avseenden kan tekniken ses som en numerisk vindtunnel. Den CFD-programvara som använts heter OpenFOAM och utvecklas av OpenCFD ltd i Storbritannien.

CFD-tekniken har länge använts vid aerodynamisk utformning av bilar och flygplan, samt inom en rad andra industritillämpningar. På SMHI har tekniken använts för vindsimuleringar sedan början av 1980-talet.

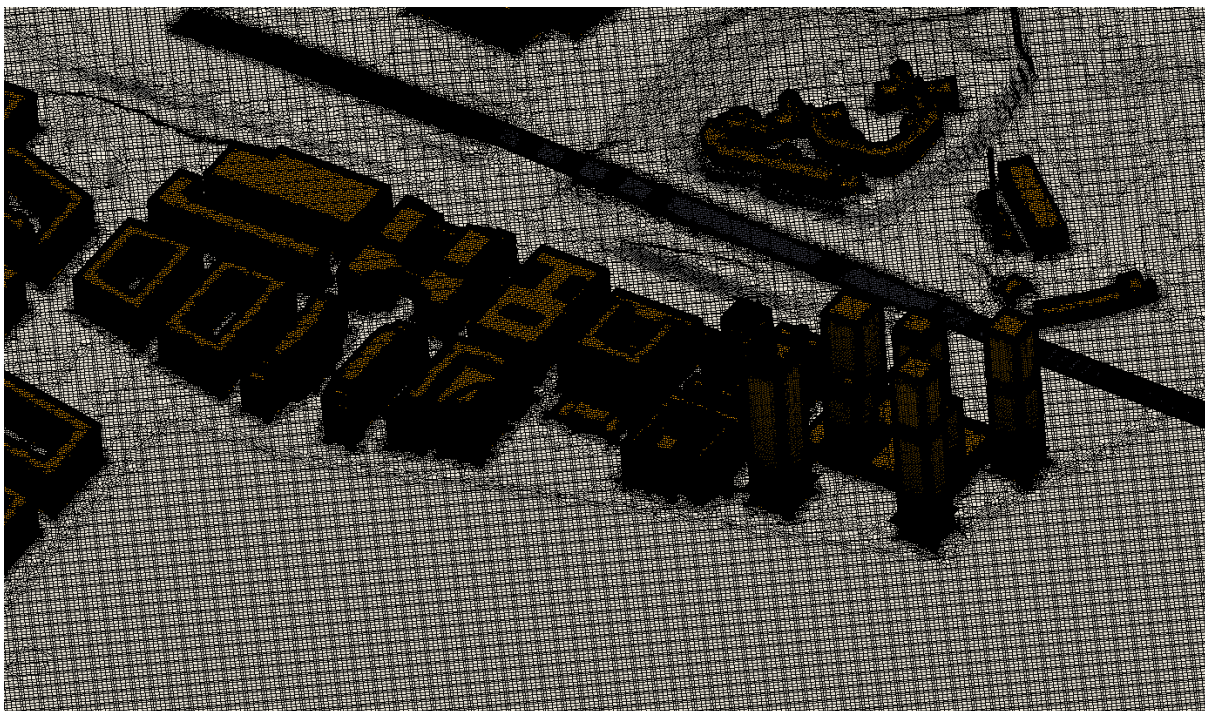
3.1.1 Beräkningsområde

Modellgeometrin och höjddata för topografin tillhandahålls av uppdragsgivaren. Detaljer i geometrin som inte bedömdes påverka vindmiljön har försumrats. I Figur 2 visas de byggnader och den mark som inkluderats i beräkningarna.

Ett beräkningsnät skapades för området baserat på ovan nämnda underlag, se Figur 3. Det innebär att luften inom området delades in i ett stort antal celler. Beräkningsnätet anpassades efter byggnadernas form och förtätades i det område som bedömdes som extra intressant för att uppnå en högre noggrannhet i beräkningarna. I varje cell i beräkningsnätet beräknas den tredimensionella vindvektorns riktning och storlek (hur mycket det blåser och åt vilket håll), vindtrycket och den energi som skapas av vindens turbulens.



Figur 2. Beräkningsdomänen med det aktuella området.



Figur 3. Ett utsnitt av beräkningsnätet. Rutnätet som kan ses på mark och fasader utgör den yttre randen av beräkningsnätet som fyller luftmassan inom området. Beräkningsnätet förtätas på de platser som bedöms som mer intressanta.

3.1.2 Meteorologiska förutsättningar

I denna studie har antagandet gjorts att vindklimatet vid mätstationen på Bromma Flygplats är representativt för ostörda vindförhållanden (som t.ex. på ett öppet fält) vid den aktuella platsen i Stockholm. Mätstationen vid Bromma Flygplats är den närmast tillgängliga vindstationen, avståndet från Marievik är bara ca 7 km och data därifrån bör representera vindförhållanden på en tänkt öppen yta vid Liljeholmskajen väl.

CFD-beräkningarna har utförts för åtta vindriktningar. Den anblåsande vinden har förutsatts ha en logaritmisk vertikalprofil som representerar strömning över plan, öppen mark. Denna inflödesvind modifieras kraftigt när den passerar över byggnaderna i beräkningsområdet.

3.2 Allmänt om vind och vindkomfort

Vind kan upplevas som besvärande ur flera aspekter. Vid hård vind (> 10 m/s) utövar vinden ett tryck mot kroppen som kan skapa balanssvårigheter och innebära olycksrisker för fotgängare, speciellt vintertid i kombination med snö och halka. Vindtrycket är proportionellt mot kvadraten på vindhastigheten vilket betyder att vindtrycket ökar mycket snabbt med ökande vindhastighet.

Hårda vindar är dessutom ofta byiga, dvs. de byter riktning ofta och plötsligt, vilket förstärker obehaget ytterligare. Byigheten blir speciellt stark i passager mellan byggnader och vid hörn, där luftens strömning ändras kraftigt över korta avstånd.

Vinden upplevs som besvärande ”blåsigt” redan vid avsevärt lägre hastigheter än 10 m/s. Toleransgränsen är flytande och beror bl.a. på personens ålder, typ av aktivitet samt klädsel. Vid låga temperaturer ger redan en svag vind en påtaglig köldförnimmelse och begränsar kraftigt den tid man kan uppehålla sig på en viss plats utan att uppleva obehag. De vindriktningar som medför speciellt låga temperaturer kan därför fordra särskild uppmärksamhet vid detaljplanering av den yttre miljön. Vid en lufttemperatur på t.ex. 0°C förlorar kroppen ca dubbelt så mycket värme per tidsenhet vid 5–6 m/s som vid vindstilla. Annorlunda uttryckt motsvarar denna vindökning en upplevd skillnad i temperatur på ca -8°C .

3.2.1 Komfortkriterier

Vid utvärdering av komfortkriterier används begreppet ”upplevd vind”. Upplevd vind innebär att man förutom medelvindhastigheten även tar hänsyn till vindens byighet. Detta eftersom turbulens eller ”byighet” påverkar vindkomforten negativt. Den upplevda vinden, även kallad ekvivalent vind, är den vindhastighet på ett öppet fält som skulle ge upphov till samma komfortupplevelse. Byigheten är ofta högre i bebyggelse än på ett öppet fält, vilket innebär att den upplevda vindhastigheten ofta är något högre än medelvindhastigheten.

Vindens mekaniska verkan på kroppen börjar bli besvärande då den upplevda vindhastigheten V_e överskrider gränsvärdet 5 m/s.

För att vindmiljön på en viss plats skall kunna betecknas som godtagbar får detta gränsvärde inte överskridas under mer än en viss procentuell andel av tiden under ett genomsnittligt år. Hur stor denna andel får vara beror på typen av aktivitet. För ytor avsedda för kortvarig vistelse, t.ex. gång- och cykeltvägar, kan man acceptera att gränsen 5 m/s överskrids relativt ofta medan man för ytor avsedda för långvarigt stillasittande (exempelvis uteserveringar) endast kan acceptera överskridande i sällsynta fall.

Komfortkriterierna för vindens mekaniska verkan är differentierade dels enligt Davenport (1972) dels förenklade enligt Glaumann (1988), se Tabell 1. Procenttalen anger den högsta andel av tiden under ett år som gränsvärdet 5 m/s för upplevd vindhastighet får överskridas. Ju längre tid som gränsvärdet överskrids, ju högre sannolikhet för att tillfällen med mycket höga vindhastigheter och hög turbulensintensitet inträffar under överskridandeperioden. Exempelvis ser vi att på platser avsedda för promenad, anser Davenport att det är tolerabelt att vindhastigheten överskrider 5 m/s högst 23 % av tiden, obehagligt om vindhastigheten överskrids 34 % av tiden och farligt om den överskrids 53 % av tiden.

Vindkomforten kan också bedömas utifrån årsmedianen av den upplevda vinden, se Tabell 2.

I denna studie refererar vi för de flesta genomgångna miljöerna till Glaumanns kriterier för önskvärda förhållanden vid långvarigt stillastående/stillasittande (Tabell 1 och Tabell 2). I fall där det är uppenbart fråga om kortvarig vistelse refereras även till dessa kriterier.

Tabell 1. Komfortkriterier, högsta andel av tiden under ett år som gränsvärdet 5 m/s för upplevd vindhastighet bör överskridas enligt Davenport och Glaumann, Glaumann och Westerberg 1988, Davenport 1972.

← Davenport →				Glaumann
Aktivitet	Tolerabelt	Obehagligt	Farligt	Högst
Cykel, Snabb gång	43 %	50 %	53 %	50 % (risk för skador)
Promenad	23 %	34 %	53 %	50 % (risk för skador)
Kortvarigt stillastående / stillasittande	6 %	15 %	53 %	20 % (acceptabelt)
Långvarigt stillastående / stillasittande	0.1 %	3 %	53 %	0.5 % (önskvärt)

Tabell 2. Komfortkriterier, årsmedian av den upplevda vinden som ej bör överskridas, Glaumann och Westerberg, 1988.

Vistelsemiljö	Årsmedian av den upplevda vinden som ej bör överskridas [m/s]
Gång- och cykelvägar – risk för personskador	5
Ytor för kortare uppehåll, t.ex. torg, busshållplatser – gräns för acceptabla förhållanden	3
Ytor för längre uppehåll stillasittande, t.ex. uteplatser, lekplatser – gräns för önskvärda förhållanden	1.5

3.3 Allmänt om vindskydd

Vindskydd används för att minska vindhastigheten och vindturbulensen. Inne i bebyggelse kan syftet med ett vindskydd vara att skydda bebyggelsen i sin helhet, för att få en lägre vindavkylning eller vindskydd i utemiljön, runt t ex vistelseytor.

Det finns två huvudtyper av anlagda vindskydd. Dels *ffjärrskydd*, som är höga och relativt glesa och huvudsakligen består av trädplanteringar och dels *närskydd*, som är lägre och tätare, t ex plank eller skärm, buskage mm. Fjärrskydden har till uppgift att ge ett allmänt vindskydd åt stora ytor medan närskydden är till för att kraftigt reducera vinden över ett litet område.

Mätningar visar att ett mycket tätt vindskydd reducerar vindhastigheten kraftigt men att hastigheten dock kommer att tillta snabbare på läsidan än vid mindre täta vindskydd. Hur stor genomsläpplighet en vindskyddande skärm ska ha beror på storleken av den yta som den ska skydda, höjden över marken och den vindreduktion som ska uppnås. Täta eller något genomsläppliga vindskydd, närskydd, har till uppgift att kraftigt reducera vinden över en mindre yta, t ex uteplatser, balkonger eller andra platser där människor mer eller mindre kommer att vistas sittande.

En genomsläpplig skärm minskar virvelbildningen eftersom den minskar tryckskillnaderna mellan lovart och lä. Vindreduktionen bakom och framför en genomsläpplig skärm blir mindre än vid en tät skärm, men läområdet kommer att sträcka sig längre bakom skärmen.

En läplantering skiljer sig i effektivitet och planeringsmässigt ifrån t ex en tät skärm. Grenar och löv rör sig mer eller mindre beroende på vindhastigheten, och eftersom en plantering inte blir den andra lik, kan effektivitet och planeringsprinciper bara beskrivas i stora drag. En läplantering tappar dessutom en viss effekt då och om de tappar sina löv. Vid ett helt nytt område bör därför skyddande träd i så stor utsträckning som möjligt sparas. Annars är användandet av snabbväxande arter i kombination med skärmar mer effektivt. En mer ingående diskussion om vindskyddande metoder ges i Glaumann och Westerberg (1988).

4 Resultat

4.1 Vindstatistik

Figur B 5 till B 14 visar vindrosor från Bromma Flygplats mätstation (figurer märkta B återfinns i kapitel 7, Figurer). Vindrosorna visar vindriktningsförhållanden på 10 meters höjd. Vindriktningen anger den riktning varifrån vinden blåser. Ringar för procentsats av tiden finns utritade i figurerna. Exempelvis kan man läsa ut av Figur B 5, som visar vindarna under hela året, att den västliga sektorn från syd till nord är vanligare än den östliga. Allra vanligast är västlig vind med totalt cirka 11 % av tiden. För västlig vind kan man också läsa ut att vindar med styrkan 0,5-2,5 m/s (grön) svarar för ca 2 % av tiden, vindar på 2,5–4,5 m/s (gul) svarar för ca 5 % av tiden osv.

Underlaget till vindrosorna är observationer var tredje timme under perioden 1961-2013, förutom de väderspecifika vindrosorna (Figur B 10-14) där väderdata endast finns tillgängliga 2004-2013.

Figur B 6 till B 9 visar vindrosor för de olika årstiderna. Under vintern dominerar vindar från sektorn syd till nordväst över väst, med vindar rakt från väst under ca 14 % av tiden. Under våren är vindarna mer jämnt fördelade, men fortfarande dominerar västliga vindar tätt följt av nordliga och sydliga. Under sommaren och hösten är vindar från sektorn syd till väst över sydväst vanligast. Om alla årstider kan generellt sägas att vindhastigheterna är högre under dagen än nattetid.

Figur B 10 visar att det vid nederbörd generellt är vanligast med vindar från nord eller syd, samt nordostliga vindar.

I Figur B 11 och B 12 skiljer man på regn eller duggregn respektive snö eller snöblandat regn. I Figur B 11 ser man att vindar från syd dominerar vid regn eller duggregn, men att nordliga och sydostliga vindar också är förekommande. I Figur B 12 ser man att vindar från nord och nordnordost är vanligast i samband med snö eller snöblandat regn. Sammanfattningsvis visar Figur B 10 -12 att vindar från väst, som är den vanligaste förekommande vindriktningen över året, inte är vanlig vid nederbörd i någon form.

Figur B 13 visar en vindros för de tillfällen då det blåser minst 5 m/s samtidigt som det kommer nederbörd i form av snö och/eller regn. Figuren visar att vindar från sektorn östsydost till syd är vanligast vid dessa väderförhållanden.

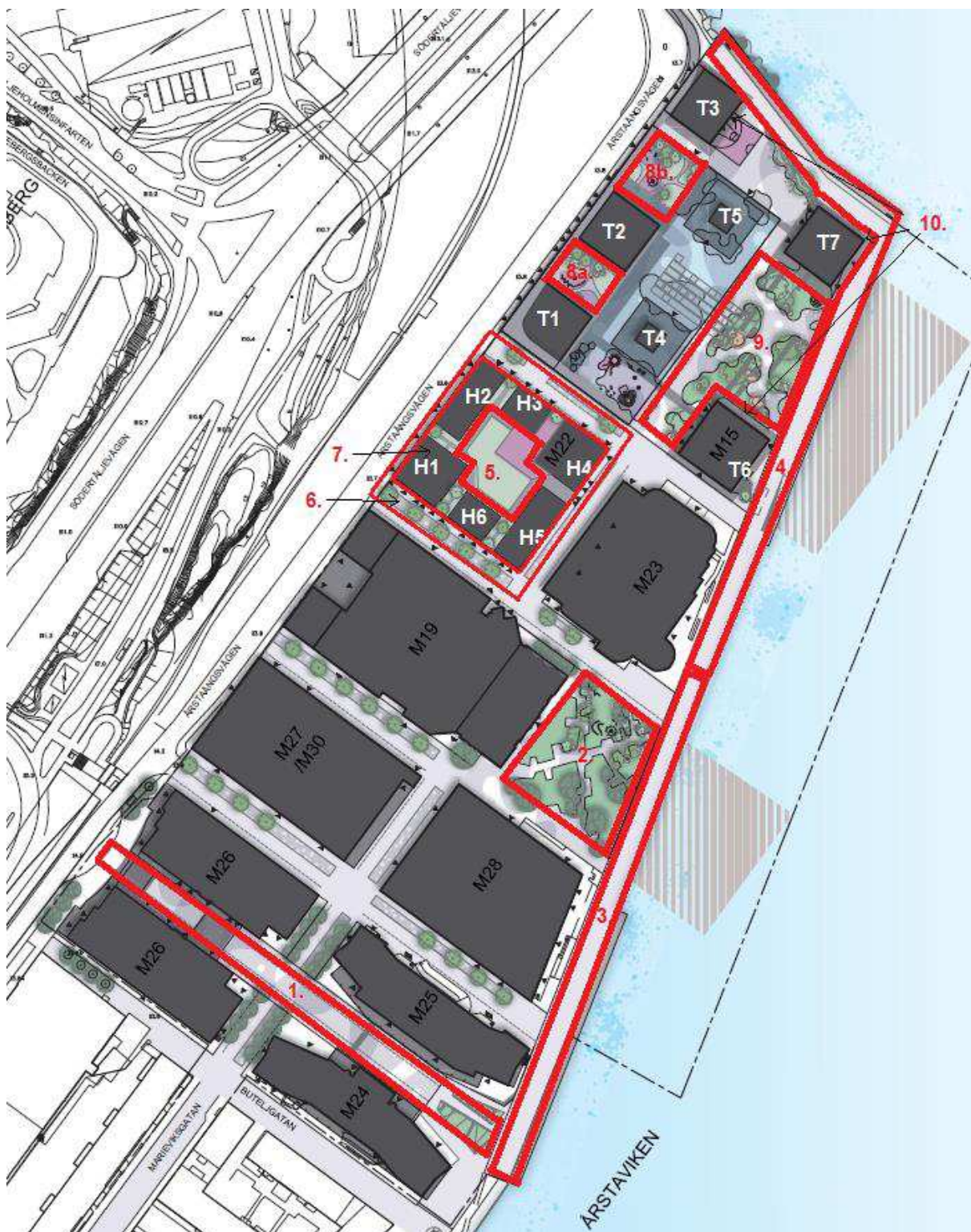
Figur B 14 visar en vindros för de tillfällen då det blåser kraftigt (8 m/s). Vind från väst och sydost är vanligast förekommande vid dessa vindförhållanden.

4.2 Vindberäkningar

Resultaten från strömningsberäkningarna presenteras i Figur B 15-24 som horisontella fält på 2 m höjd över marken respektive över takterasser och gångbroar. Figurerna har alla två kartor, a och b där a visar den södra delen av området och b den norra delen. Y-riktningen i figurerna är norrut medan X-riktningen följaktligen är österut, om inget annat anges. I vissa figurer är också vindvektorer inlagda för att visa vindens riktning.

4.2.1 Komfortkriterier

Figur 4 visar de platser som av uppdragsgivaren har bedömts som särskilt intressanta att analysera. En sammanställning av årsmedianen av vindhastigheten (Figur B 15) och hur många procent av tiden som vindhastigheten överskrider 5 m/s (Figur B 16) vid de valda platserna, presenteras i relation till komfortkriterierna i Tabell 3.



Figur 4. Platser som studerats närmre; 1. Millenniumstråket, 2. Park, 3. Kajen, södra delen, 4. Kajen, norra delen, 5. Gård i M22, 6. Entréer och gaturum, M22, 7. Takterasser på M22, 8. Gårdar i M15, 9. Park i M15, 10. Gångbroar, M15. Kartunderlaget kommer från openstreetmap.org, © OpenStreetMaps bidragsgivare.

1. Milleniumstråket

Gångstråket markerat med 1 i figur 4 benämns Milleniumstråket. Sett till medianvindhastigheten klarar vindklimatet på Milleniumstråket gränsen för önskvärda förhållanden för långvarigt stillasittande även om den nordvästra delen av stråket har en årsmedian upp till 1,2 m/s.

Vindar över 5 m/s väntas förekomma upp till 2,8 % av tiden. Dessa värden överstiger komfortkriteriet för önskvärda förhållanden vid långvarigt stillastående/stillasittande (0,5 %) men klarar gott och väl gränsen för tolerabla förhållanden vid kortvarigt stillastående (6 %). Den sydöstra delen av stråket (mellan M24 och M25) väntas få störst andel blåsiga tillfällen vilket kan beaktas vid planering av eventuella sittmiljöer.

I kapitel 4.2.2 finns en genomgång av vilka vindriktningar som är mer och mindre fördelaktiga.

2. Park

Parken markerad med 2 i figur 4 väntas få en medianvindhastighet på 0,7–1,2 m/s med de högsta värdena i den östra delen närmast kajen. Sett till medianvinden får parken alltså önskvärda vindförhållanden.

Vindar över 5 m/s väntas förekomma i upp till 2,1 % av tiden och i de ostligaste och nordligaste delarna av parken överskrider komfortkriteriet för önskvärda förhållanden vid långvarigt stillastående/stillasittande. Detta beror främst på närheten till öppet vatten men till viss del även på en förstärkning av vinden åstadkommen av den befintliga byggnaden M23.

I modellen är ingen vegetation medtagen i parken så i beräkningarna ligger platsen helt oskyddad för vindar från vattnet. För att få ett så bra vindklimat som möjligt i parken rekommenderas vindskyddande åtgärder i den östra och norra delen som exempelvis bevarande eller nyplantering av träd.

För kortvariga uppehåll förväntas hela parken väl klara gränserna för tolerabla förhållanden.

3. Kajen, södra delen

Den södra delen av kajen beräknas få en medianvindhastighet på 0,7–1,2 m/s och klarar därmed kriteriet för önskvärda förhållanden för långvarigt stillastående/stillasittande.

Vindar över 5 m/s väntas i upp till 3 % av tiden. De högsta värdena väntas i höjd med parken och i närheten av byggnaden M25 och där klaras inte kriterierna för önskvärda förhållanden för långvarigt uppehåll med önskvärda förhållanden. Minst blåsigt ser det ut att bli precis i höjd med byggnaden M28 söder om parken.

4. Kajen, norra delen

Längs den norra delen av kajstråket kan problem med vindklimatet förväntas främst i närheten av höghusen T3, T6 och T7. Medianvindhastigheten beräknas till mellan 0,8 och 1,6 m/s med de högsta värdena där kajen passerar T3 och T7. Dessa platser väntas med andra ord få ett vindklimat som bara är acceptabelt för kortare uppehåll.

Den mest kritiska platsen sedd till vindmiljön är hörnet på kajen nedanför T7. Där väntas vindar över 5 m/s förekomma upp till 8,6 % av tiden vilket är över gränsen för vad som enligt Davenport anses tolerabelt även för kortvarigt stillastående/stillasittande (20 %). Dock klaras gränsen för tolerabla förhållanden vid promenad (23 %).

5. Gård i M22

Kvarteret M22:s innergård är till stora delar skyddad av de omgivande byggnaderna och väntas få ett gott vindklimat. Medianvindhastigheten varierar mellan 0,6 och 1,3 vilket är väl under gränsen för önskvärda förhållanden i vistelsemiljöer där man uppehåller sig längre tid.

När det gäller vindkomfortkriteriet vindar över 5 m/s så väntas gården till allra största del få önskvärda förhållanden. Något blåsigare än övriga delar av gården ser det ut att kunna bli i passagen mellan byggnaderna H1 och H2 med vindar över 5 m/s i upp till 1,0 % av tiden.

6. Entréer och gaturum, M22

Samtliga entréer till husen i kvarteret M22 ser ut att klara medianvindkriteriet för önskvärda förhållanden vid längre uppehåll. Även gaturummen närmast M22 klarar kriteriet även om det lite längre ut på gatan mellan H2 och T1 väntas en medianvindhastighet upp mot 1,5 m/s.

Samma plats är också den mest utsatta för vindar över 5 m/s med upp till 3,5 % av tiden men även områdena nära kvarteret M22:s västra och södra hörn kan upplevas som blåsiga. Alla gaturummen och entréer klarar dock kriteriet för tolerabla förhållanden vid kortvarigt stillastående/stillasittande (6 %) vilket får bedömas som den relevanta aktiviteten för gatumiljön och entréer.

7. Takterasser på M22

På de sex husen i M22 planeras takterasser som alla planeras ha en ca 2 m hög glasskiva som räcke/vindskiva längs kanten på taken. Vid vindmodelleringen har dock ingen vindskiva funnits med i modellgeometrin vilket gör att de resulterande vindhastigheterna på takterrasserna sannolikt är överskattade.

De tre högsta husen H1, H2 och H4 väntas också få de högsta vindhastigheterna. Beräkningarna ger en medianvindhastighet på upp till 3,0 m/s på det högsta huset H4. Det är på gränsen till en ej acceptabel vindmiljö även för kortare uppehåll.

Samma mönster framgår av resultaten för vindhastigheter över 5 m/s. På det högsta huset H4 erhålls vind över 5 m/s upp till 25 % av tiden vilket är över gränsen för det acceptabla även för kortvarigt stillastående/stillasittande och kan upplevas som obehagligt. Med glasskivor och ev. växtlighet förbättras sannolikt vindklimatet avsevärt på de tre högsta husen men utan närmare beräkningar är det svårt att säga om önskvärda förhållanden för längre stillastående/stillasittande kan uppnås.

Enligt beräkningarna kan delar av terrasserna på de tre lägre husen H3, H5 och H6 få önskvärda förhållanden även utan skyddande glasskivor. Glasskivor och växtlighet bör bidra till att den största delen av ytan på de terrasserna ska kunna få tolerabla förhållanden för längre vistelse.

8. Gårdar i M15

Vindklimatet på gårdarna mellan T1 och T2 (8a i figur 4) och mellan T2 och T3 (8b i figur 4) kommer att påverkas mycket av de intilliggande husens höga höjd. Medianvindhastigheten väntas bli 0,5-1,7 m/s vilket innebär att relativt stora delar av gårdarna överskrider gränsen för önskvärda förhållanden för längre uppehåll.

Vindhastigheter över 5 m/s beräknas förekomma i som mest upp till 7,0 procent av tiden (nära passagen mellan T2 och T5) och på stora delar av båda gårdarna över 3 % vilket kan upplevas som obehagliga förhållanden vid längre stillastående/stillasittande. Vindskyddande åtgärder som mycket växtlighet är en möjlighet att få ett bättre vindklimat. Skärmtak några meter upp på fasaderna är också ett alternativ som kan lugna vindmiljön i marknivå.

9. Park i M15

Mellan T6 och T7 planeras en park ut mot kajen. Större delen av parken väntas få bättre vindkomfort än de båda gårdarna, men i passagen nordväst om T6 visar resultaten på lite blåsigare förhållanden. Medianvindkriteriet (1,5 m/s) klaras dock precis.

Förutom passagen nordväst om T6 får även området nära T6:s östra hörn en utsatt vindmiljö. Där väntas vindhastigheter över 5 m/s förekomma i som mest 3,5 procent av tiden. För sittmiljöer och liknande är området i den inre delen av parken mellan T4 och T5 bäst lämpat.

10. Gångbroar, M15

Runt tornen T6, T7 och T3 planeras det gångbroar en bit upp på fasaden. Från T6 och T7 ska det också gå gångbroar som förbindelse mot nivån som T4 och T5 blir placerade på. Modellresultaten visar att det kan bli blåsigt på gångbroarna i närheten av hörnen på husen samt på de båda förbindelsebroarna. Vid T6:s och T7:s alla hörn, vid T3:s södra och norra hörn samt på förbindelsebroarna väntas höga medianvindhastigheter, som mest upp till 1,9 m/s. Detta är dock acceptabelt för kortare uppehåll.

Samma platser är också de som är mest utsatta för vindar över 5 m/s. Blåsigast väntas det bli vid T7:s östra hörn där dessa förhållanden väntas upp till 13 % av tiden. Detta är på gränsen till vad som kan upplevas som en obehaglig vindmiljö även vid korta vistelser vilket gör att man där kan överväga vindskyddande åtgärder som exempelvis högre glasskivor eller skärmtak.

Tabell 3. Sammanställning för alla vindriktningar över hela året. Intervallen anger minimum och maximum för platsen/ytan. Önskvärda förhållanden markeras med grönt, gult överskrider denna nivå. Skalan är tagen från Glaumanns gränsvärden för upplevd vindhastighet (längre stillasittande) angivna i Tabell 2 samt Glaumanns kriterier för vindkomfort vid långvarigt stillasittande/stillastående angivna i Tabell 1. Färgkodningen inkluderar det högsta värdet i intervallet oavsett hur stor del av ytan detta motsvarar.

		Medianvindhastighet [m/s]	% av tiden > 5 m/s
1	Milleniumstråket	0,4-1,2	0-2,8
2	Park	0,7-1,2	0-2,1
3	Kajen, södra delen	0,7-1,2	0-3,0
4	Kajen, norra delen	0,8-1,6	0-8,6
5	Gård i M22	0,6-1,3	0-1,0
6	Entréer och gaturum, M22	0,5-1,5	0-3,5
7	Takterasser på M22	0,3-3,0	0-25
8	Gårdar i M15	0,5-1,7	0-7,0
9	Park i M15	0,7-1,4	0-3,5
10	Gångbroar, M15	0,6-1,9	0-13

4.2.2 Vindens förstärkning

Figur B 17 - 24 visar hur vinden förstärks i bebyggelsen vid olika vindriktningar på 2 m höjd över marken respektive över takterrasserna och gångbroarna. Vindens förstärkning anges i form av en faktor relativt hur vinden upplevs på ett fält eller annan öppen plats på marken. Exempelvis; siffran 1,1

motsvarar 1,1 gångers förstärkning. En förstärkning på 1,5 innebär således att vinden upplevs blåsa 50 % mer än över öppna ytor i närheten.

Vi rekommenderar att bilderna med vindens förstärkning framförallt används för att studera strömningsmönstret och få en förståelse för vilka byggnader som orsakar förstärkning av vinden eller ger lä. Tabell 4 sammanfattar vindens förstärkning och hur den varierar inom valda ytor.

1. Milleniumstråket

Resultaten från analysen av olika vindriktningar visar att vindar från nordost, ost och sydost, dvs. vindar från vattnet, medför förstärkning av vinden i Milleniumstråkets sydöstra del (mellan M24 och M25). Allra störst väntas förstärkningen bli vid ostlig vind då man i denna del av stråket kan uppleva mer än en fördubbling av vinden jämfört med upplevelsen vid ett öppet fält (upp till 2,1 gångers förstärkning). Som nämnts i avsnitt 4.2.1 kan detta vara bra att tänka på vid planering av eventuella sittmiljöer. Trädplanteringar i området mellan Milleniumstråket och kajen skulle kunna vara ett sätt att bryta ned dessa vindar och därmed bidra till att förbättra vindklimatet i sydöstra delen av gångstråket.

Vid ostlig vind förstärks vinden även i den nordvästra delen stråket, i höjd med M26. Denna del av stråket påverkas även av förstärkta vindar vid vindar omkring nordväst. Förstärkningen där är dock inte lika kraftig som vid ostlig vind.

2. Park

Parken väntas få ett bra vindklimat vid vindar omkring väst som generellt är vanligt förekommande. Vid vind från nordost, ost och sydost väntas dock en förstärkning av vinden. Precis som för Milleniumstråket är det ostvind som väntas ge störst problem (upp till 1,8 gångers förstärkning). Blåsigast blir det i östra delen av parken på grund av närheten till vattnet och vid ost- och nordostvind till viss del på grund av en förstärkning som den befintliga byggnaden M23 bidrar till.

3. Kajen, södra delen

Den södra delen av kajen har ett skyddat läge vid vind från hela den västliga sektorn mellan syd och nord. Vid vindar mellan nordost och sydost ligger den dock exponerad för vattnet och delar av kajstråket väntas få en förstärkning av vinden. Värst blir förstärkningen vid rakt ostlig vind då vinden i närheten av de södra hörnen på byggnaderna M23, M25 och M28 kan blåsa upp till 2,1 gånger så kraftigt som vid en ostörd öppen yta i närheten. Lyckligtvis hör vindar omkring ost till de ovanligaste vindriktningarna, se figur B5.

4. Kajen, norra delen

Den norra delen av kajen ligger exponerad för många vindriktningar och oavsett var det blåser ifrån är det alltid någon del av kajstråket där vinden förstärks. Förstärkningen beror på närheten till vattnet i kombination med de höga husen T3, T6 och T7. Det är främst i närheten av dessa byggnader samt i höjd med parken mellan T6 och T7 som kajstråket kan få ett ogynnsamt vindklimat. Vid placering av exempelvis bänkar kan det vara en god idé att välja platser som enligt resultatfigurerna klarar sig bäst vindklimatmässigt.

5. Gård i M22

Innergården i M22 kommer sannolikt generellt få ett bra vindklimat. Passagen mellan byggnaderna H1 och H2 väntas dock få en förstärkning av vinden vid vind från nordväst, nord och syd. Vid dessa tillfällen kan delen av gården närmast passagen också upplevas som blåsig.

6. Entréer och gaturum, M22

I gaturummen mot M15, M23 och M19 väntas förstärkning av vinden vid olika vindriktningar. Störst förstärkning ger beräkningarna vid nordlig och nordvästlig vind i gaturummet mellan H2 och T1. Även entréerna till H2 och H3 från denna gata påverkas av förstärkningen. Att just detta område får ett ogynnsamt vindklimat beror av allt att döma på närheten till det höga huset T1. Den höga byggnaden kommer fånga upp kraftigare vind från högre höjd och trycka ner denna till marknivå där vinden styrs in i gaturummet.

7. Takterasser på M22

Då vindhastigheten generellt ökar med höjden är det naturligt att de planerade takterrasserna på M22 kommer få ett utsatt vindklimat jämfört med ostörd marknivå. Förstärkningen kommer i de flesta fall bli störst på de tre högsta husen H1, H2 och H4 men utsattheten varierar lite beroende på vindriktning. Som tidigare nämnts kommer sannolikt den planerade ca 2 m höga glasskiva runt terrasserna förbättra vindklimatet avsevärt jämfört med resultaten i denna rapport och det gäller särskilt de tre högsta husen. De uppskjutande delarna av byggnaderna med utgången till terrasserna innebär lå vid olika vindriktningar vilket säkert kan utnyttjas vid detaljplaneringen av terrassernas utformning.

8. Gårdar i M15

Båda gårdarna kommer vid de flesta vindriktningarna få vindar som är kraftigt förstärkta på grund av läget vid de mycket höga husen. Vid vind mellan nordväst och sydost via nord kan det kännas som en fördubbling eller mer av den ostörda vinden på delar av gårdarna.

Vid vindar från väst och sydväst klarar sig dock nästan hela gårdarna från vindförstärkning, en lyckosam omständighet eftersom dessa hör till de vanligaste vindriktningarna.

9. Park i M15

Även parken mellan T6 och T7 påverkas av förstärkta vindar på grund av de omgivande höga byggnaderna och närheten till öppet vatten. Mest förstärks vinden i den östra delen närmast kajen vid vindar från ost och sydost, dvs. vid vindar från vattnet. Vid nordväst- och västvind däremot ligger parken väl skyddad.

10. Gångbroar, M15

Gångbroarna runt tornen T6, T7 och T3 har ett mycket utsatt läge och husens höjd och läge gör att det oavsett vindriktning alltid finns någon del där vinden kommer få en kraftig förstärkning. Som nämnts i avsnitt 4.2.1 kan det vara en god idé att på de platser som är mest utsatta överväga vindskyddande åtgärder som högre glasskivor eller skärmtak.

Tabell 4. Vindförstärkningen inom intressanta ytor för samtliga undersökta vindriktningar. Grön färg visar en vindförstärkning som är mindre än eller lika med 1ggr, gul färg visar förstärkning upp till 1,5 ggr och orange färg visar förstärkning däröver. Förstärkningen anges relativt ostörda anblåsande vindar (t.ex. vind över ett öppet fält).

	Vindriktning	N 0°	NO 45°	O 90°	SO 135°	S 180°	SV 225°	V 270°	NV 315°
1	Milleniumstråket	0,1-1,3	0-1,2	0,1-2,1	0-1,4	0-0,6	0-0,9	0-1,3	0-1,3
2	Park	0,3-1,0	0,1-1,3	0,4-1,8	0,4-1,6	0,2-0,6	0,2-1,0	0,1-0,8	0,1-0,8
3	Kajen, södra delen	0-0,7	0,4-1,7	0,2-2,1	0-1,6	0,1-0,6	0-1,0	0,1-0,8	0-0,7
4	Kajen, norra delen	0,1-2,1	0,1-1,7	0,1-2,0	0,1-2,1	0-1,6	0-1,2	0-1,2	0-1,9
5	Gård i M22	0-1,3	0-0,3	0-0,8	0-0,9	0-1,3	0-1,0	0,1-0,8	0,1-1,3
6	Entréer och gaturum, M22	0-1,9	0-0,8	0-1,7	0-1,7	0,1-1,2	0,1-0,9	0-1,0	0-1,8
7	Takterasser på M22	0-2,6	0-1,5	0-1,6	0-2,7	0-2,0	0-2,5	0-2,0	0-2,4
8	Gårdar i M15	0,1-2,5	0-2,0	0-2,4	0-2,1	0-1,5	0-0,9	0-1,2	0,5-2,0
9	Park i M15	0,1-1,8	0-1,4	0-2,1	0-1,9	0,1-1,2	0,1-1,2	0-1,0	0-0,8
10	Gångbroar, M15	0-2,4	0-2,2	0-2,7	0-2,5	0-1,8	0-2,1	0-1,7	0-2,4

5 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras angående vindmiljön i området:

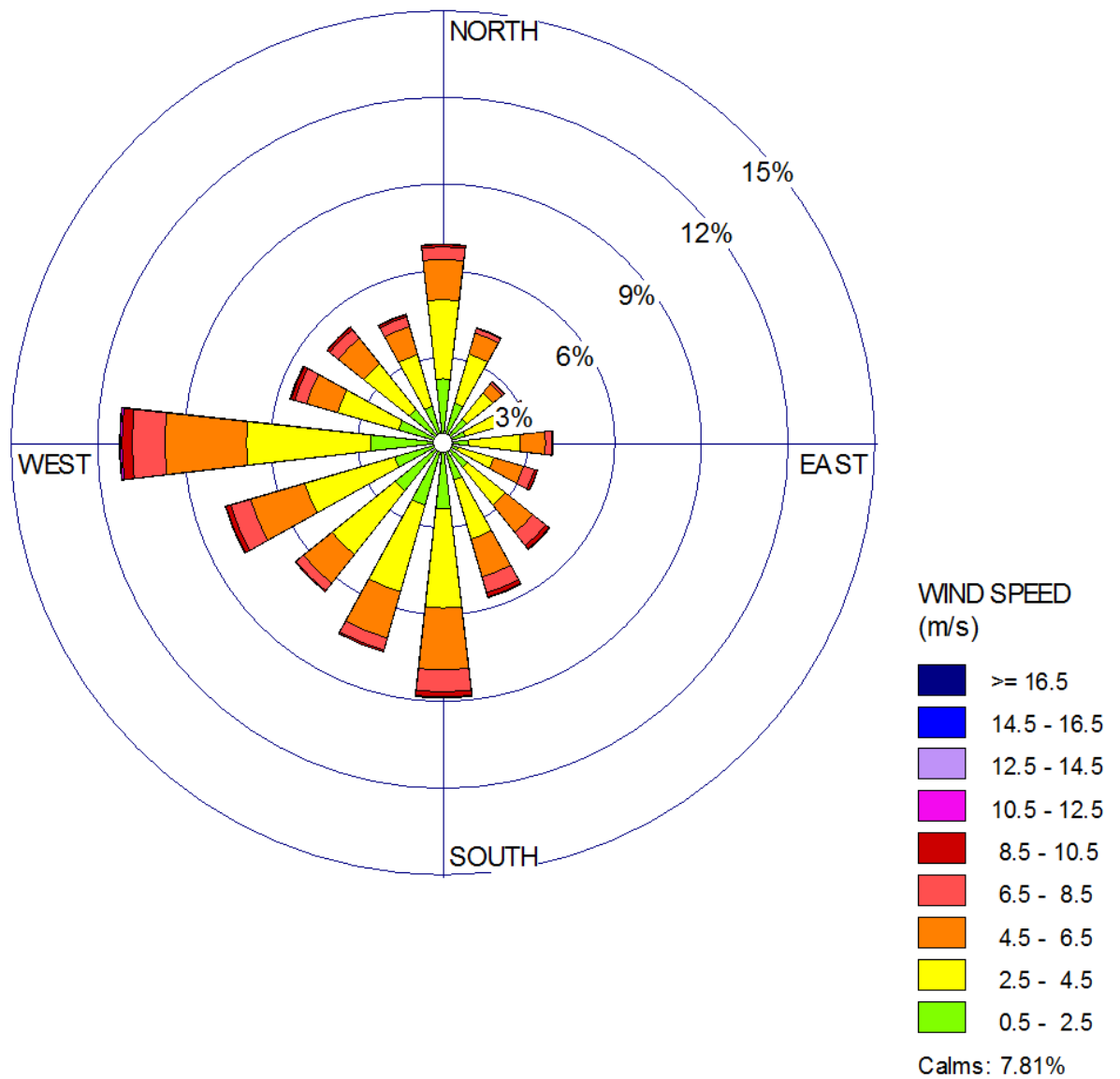
- Vindar från sektorn syd till väst är generellt vanligast i området.
- Sex av de tio studerade miljöerna beräknas få tillräckligt låg medianvindhastighet för att klara komfortkriterierna för långvarigt stillastående eller stillasittande med önskvärda förhållanden.
- Ingen av de studerade miljöerna har till hela ytan tillräckligt låg andel med vindar högre än 5 m/s för att klara av komfortkriterierna för långvarigt stillastående eller stillasittande med önskvärda förhållanden.
- Både parken vid M19 och parken i M15 väntas på grund av sina lägen nära öppet vatten få blåsiga förhållanden vid vindar från ost och sydost.
- Takterrasserna på de tre högsta husen i M22 väntas, enligt beräkningar utan vindskyddande glasskivor, få blåsiga förhållanden. På det högsta huset beräknas vindklimatet vara på gränsen att överskrida vad som brukar upplevas acceptabelt även för kortare uppehåll. Med glasskivor förbättras sannolikt vindklimatet avsevärt. Vindmodellering med glasskivor inkluderade krävs dock för att få svar på om önskvärda förhållanden för längre stillastående/stillasittande kan uppnås.
- De båda studerade gårdarna i M15 kommer vid de flesta vindriktningarna få vindar som är kraftigt förstärkta på grund av läget vid de höga husen.
- Gångbroarna runt tornen T6, T7 och T3 har ett mycket vindutsatt läge och det kan vara en god idé att på de platser som är mest utsatta överväga vindskyddande åtgärder som högre glasskivor eller skärmtak.

6 Referenser

Davenport, A.G. (1972): *An approach to human comfort criteria for environmental wind conditions*. CIB/WMO Colloquium Teaching the Teachers, Swedish National Building Research Institute, Stockholm.

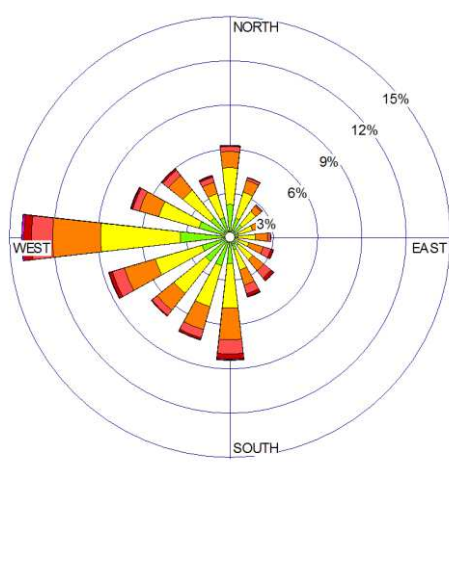
Glaumann, M. och Westerberg, U. (1988): *Klimatplanering VIND*. Statens Institut för Byggnadsforskning. Svensk Byggtjänst, Stockholm.

7 Figurer

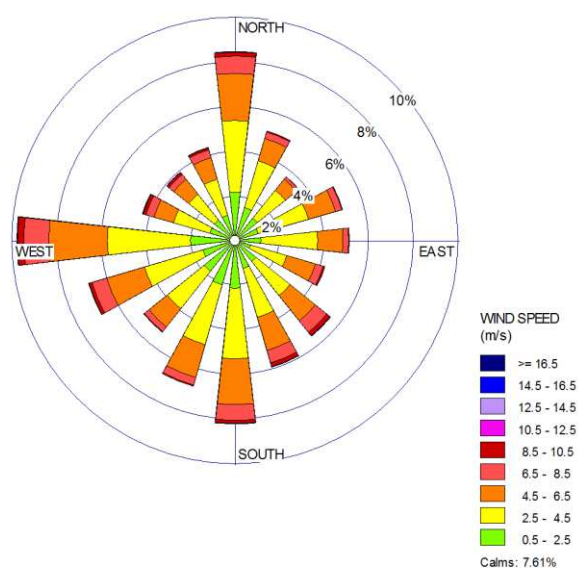


Figur B 5. Vindros Bromma flygplats för hela året, 1961-2013. Medelvind 3.64 m/s.

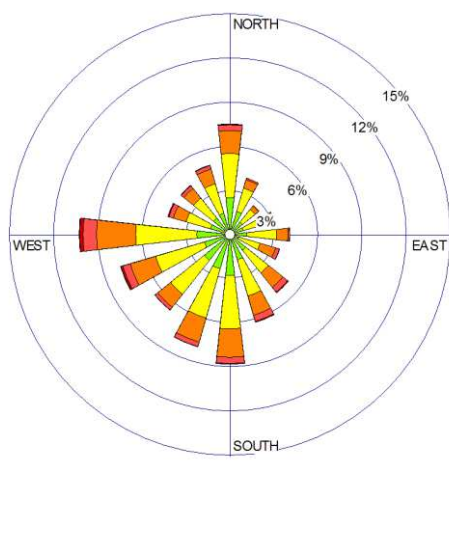
Årstider



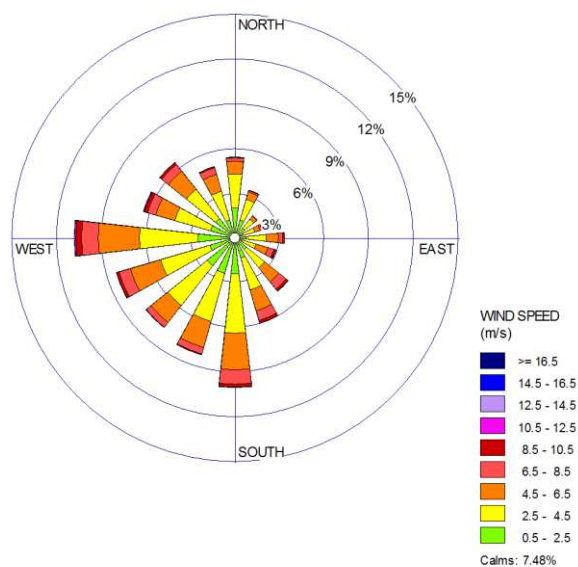
Figur B 6. Vindros Bromma flygplats, dec-feb, 1961-2013. Medelvind 3.77 m/s.



Figur B 7. Vindros Bromma flygplats, mar-maj, 1961-2013. Medelvind 3.72 m/s.

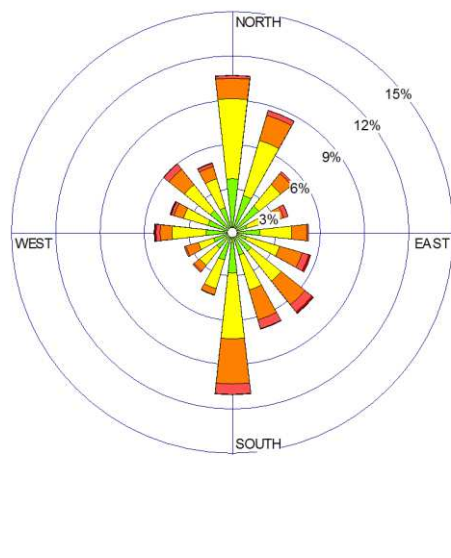


Figur B 8. Vindros Bromma flygplats, juni-aug, 1961-2013. Medelvind 3.38 m/s.

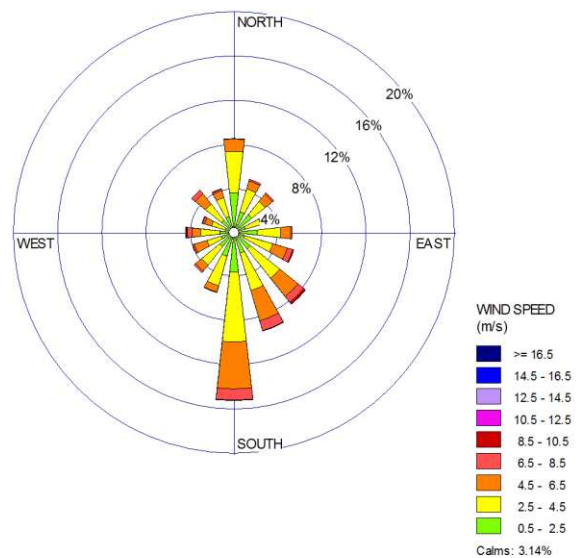


Figur B 9. Vindros Bromma flygplats, sept-nov, 1961-2013. Medelvind 3.71 m/s.

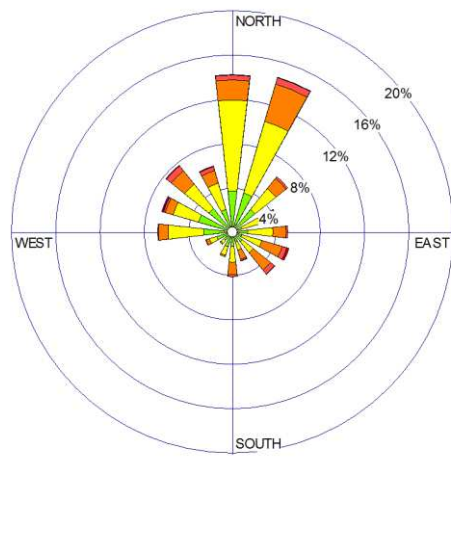
Vädervindrosor



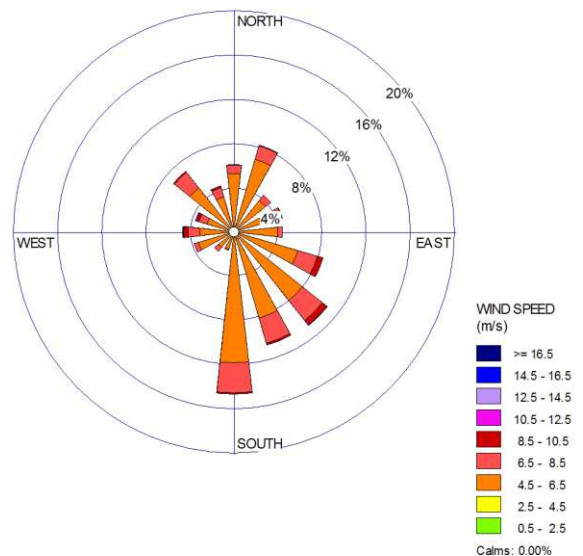
Figur B 10. Vindros Bromma flygplats vid nederbörd, 2004-2010. Medelvind 3.47 m/s.



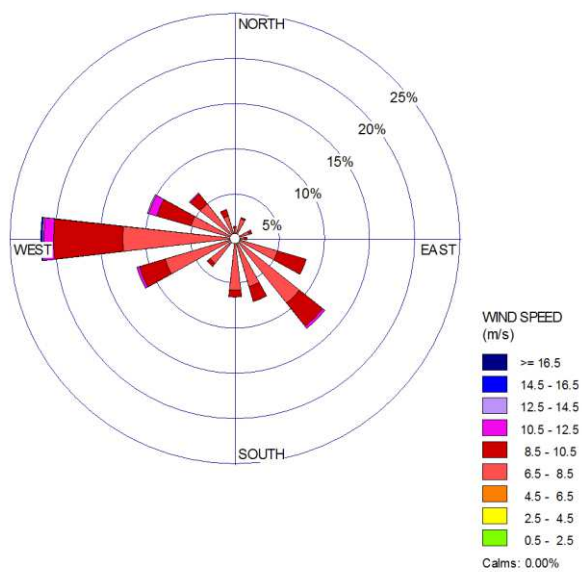
Figur B 11. Vindros Bromma flygplats vid regn och duggregn, 2004-2010. Medelvind 3.53 m/s.



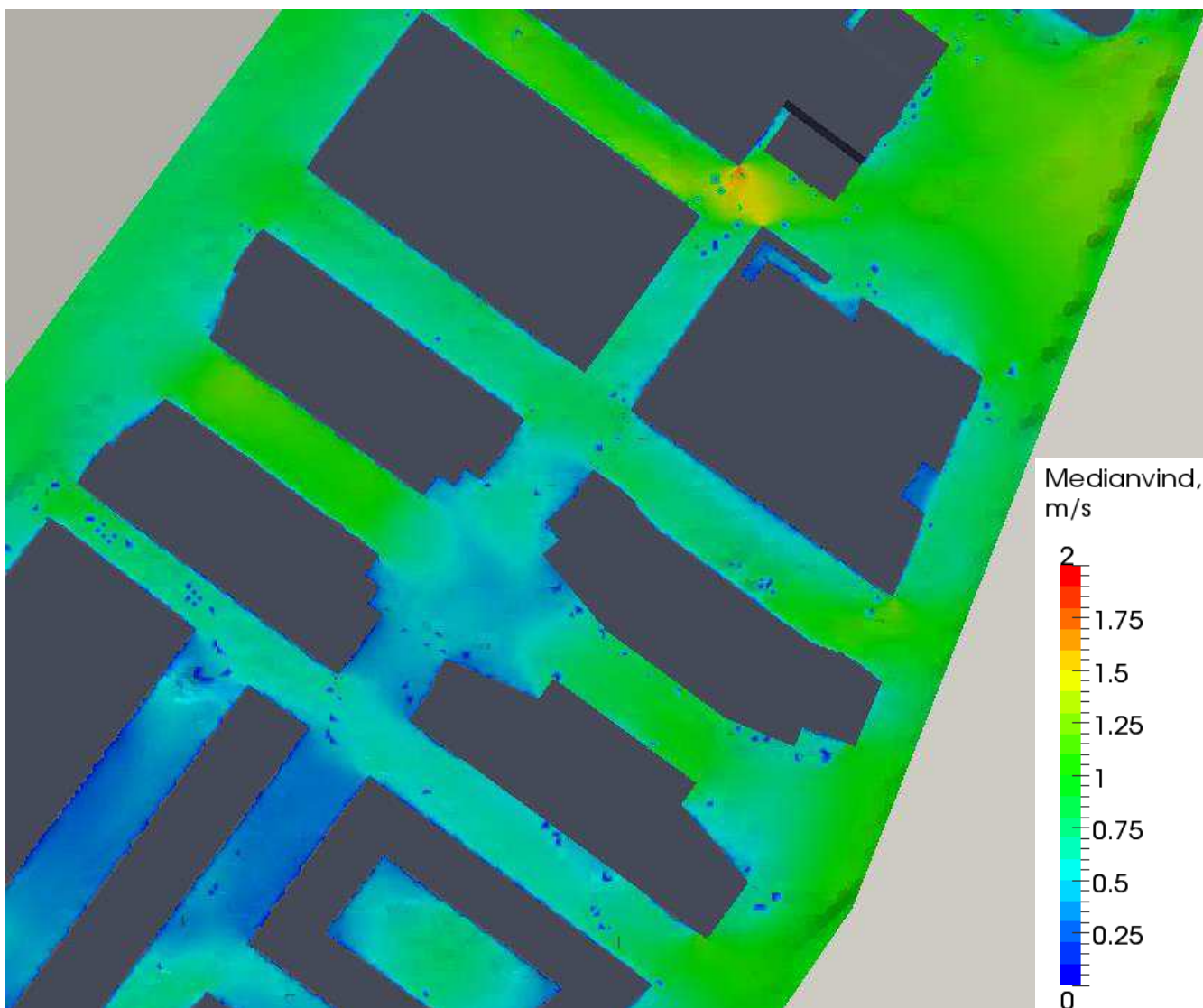
Figur B 12. Vindros Bromma flygplats vid snö och snöblandat regn, 2004-2010. Medelvind 3.37 m/s.



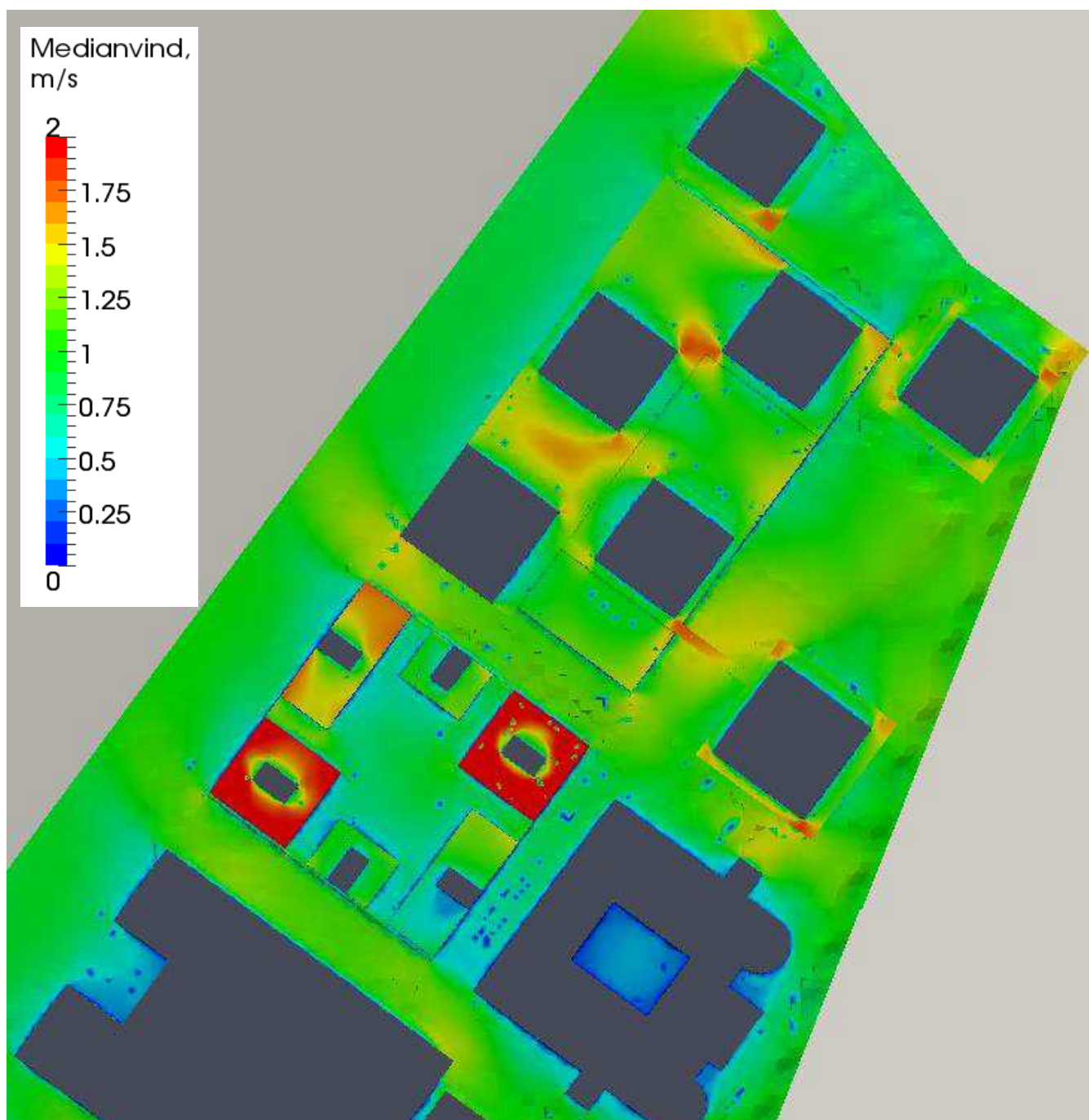
Figur B 13. Vindros Bromma flygplats vid vind > 5 m/s och nederbörd, 2004-2010.



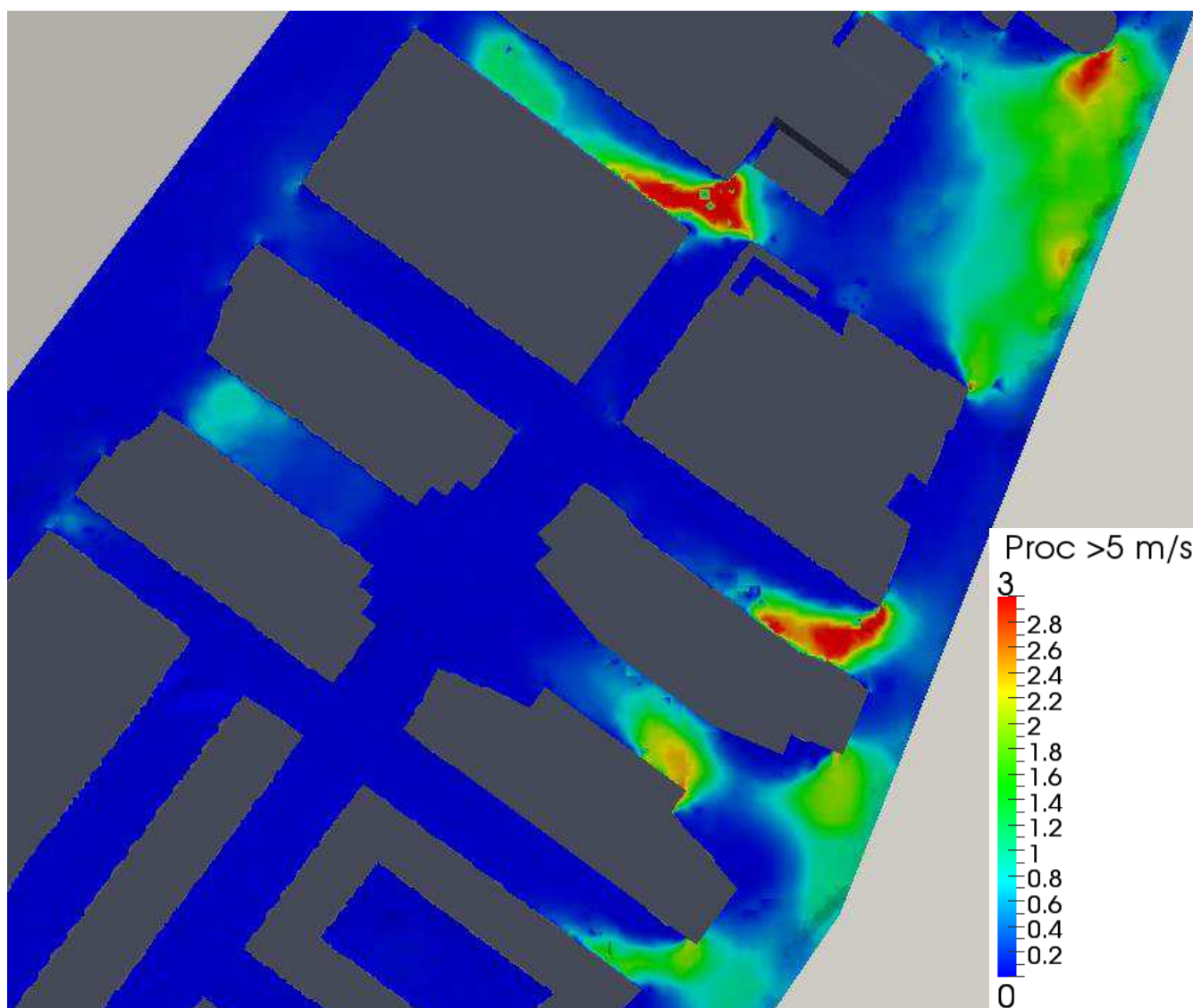
Figur B 14. Vindros Bromma flygplats vid kraftig vind >8 m/s, 2004-2010.



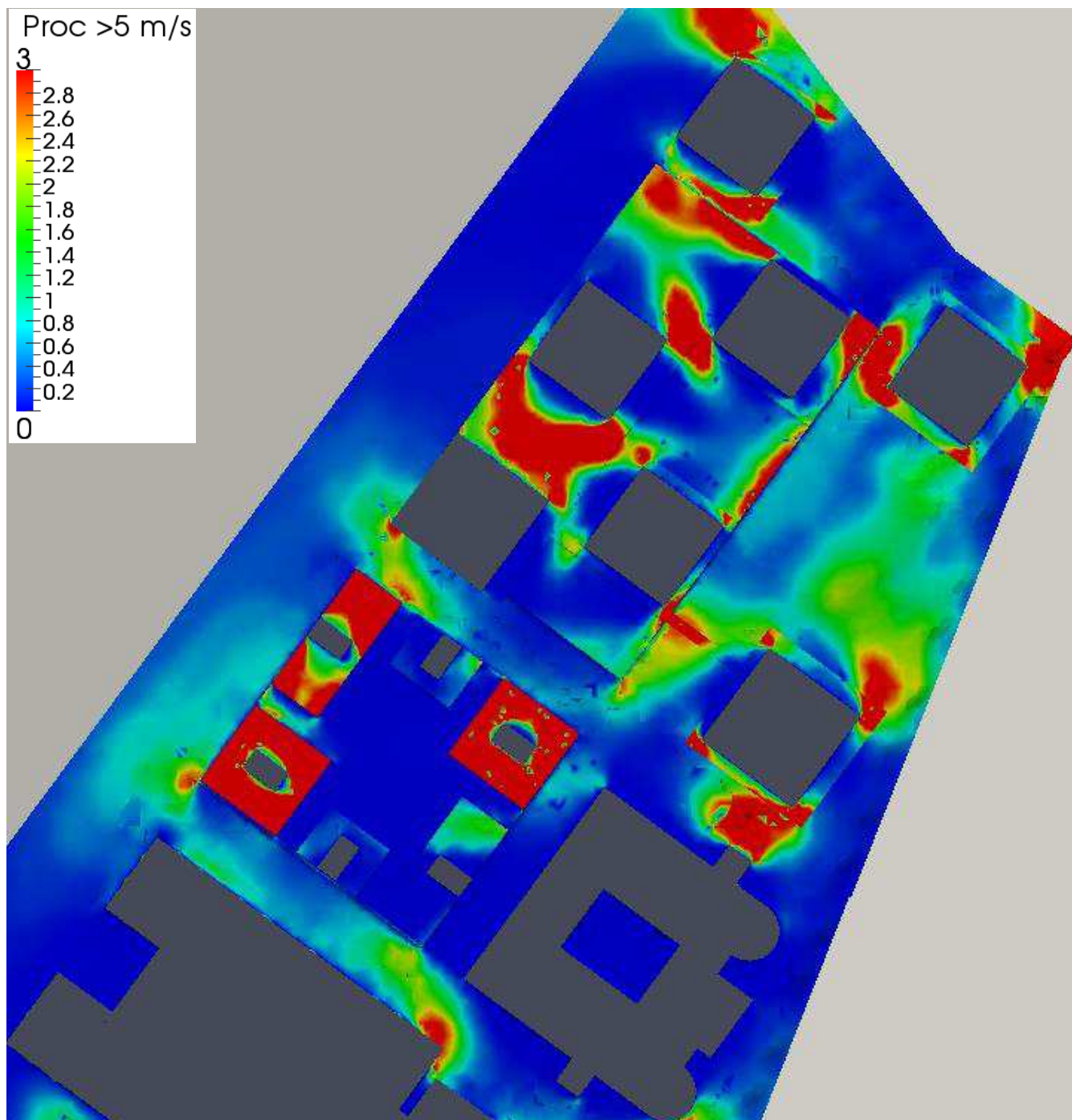
Figur B 15a. Årsmedianen av vindhastigheten i m/s, presenterad på 2 m höjd över marken. Sammanvägning av alla vindriktningar.



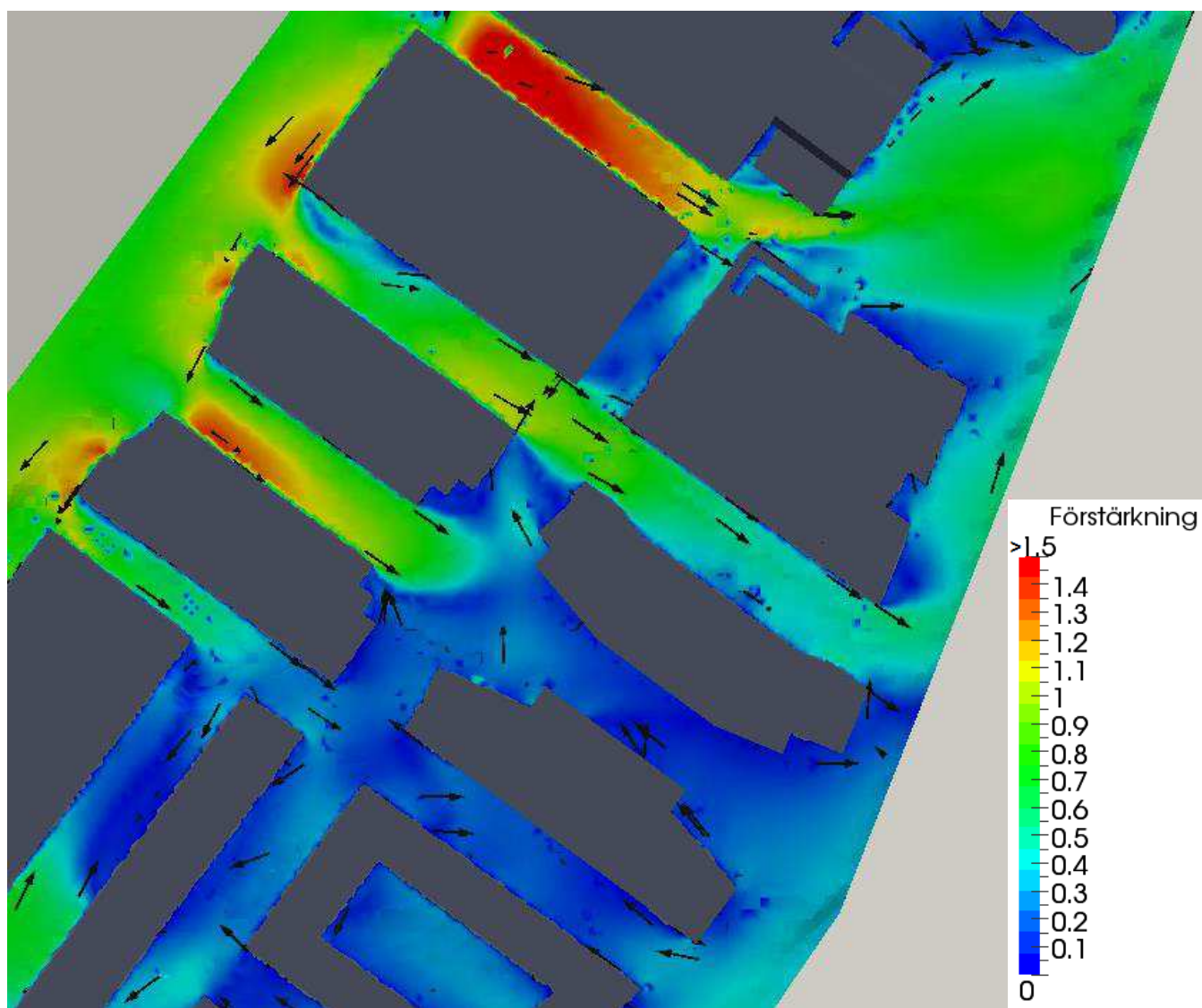
Figur B 15b. Årsmedianen av vindhastigheten i m/s, presenterad på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Sammanvägning av alla vindriktningar.



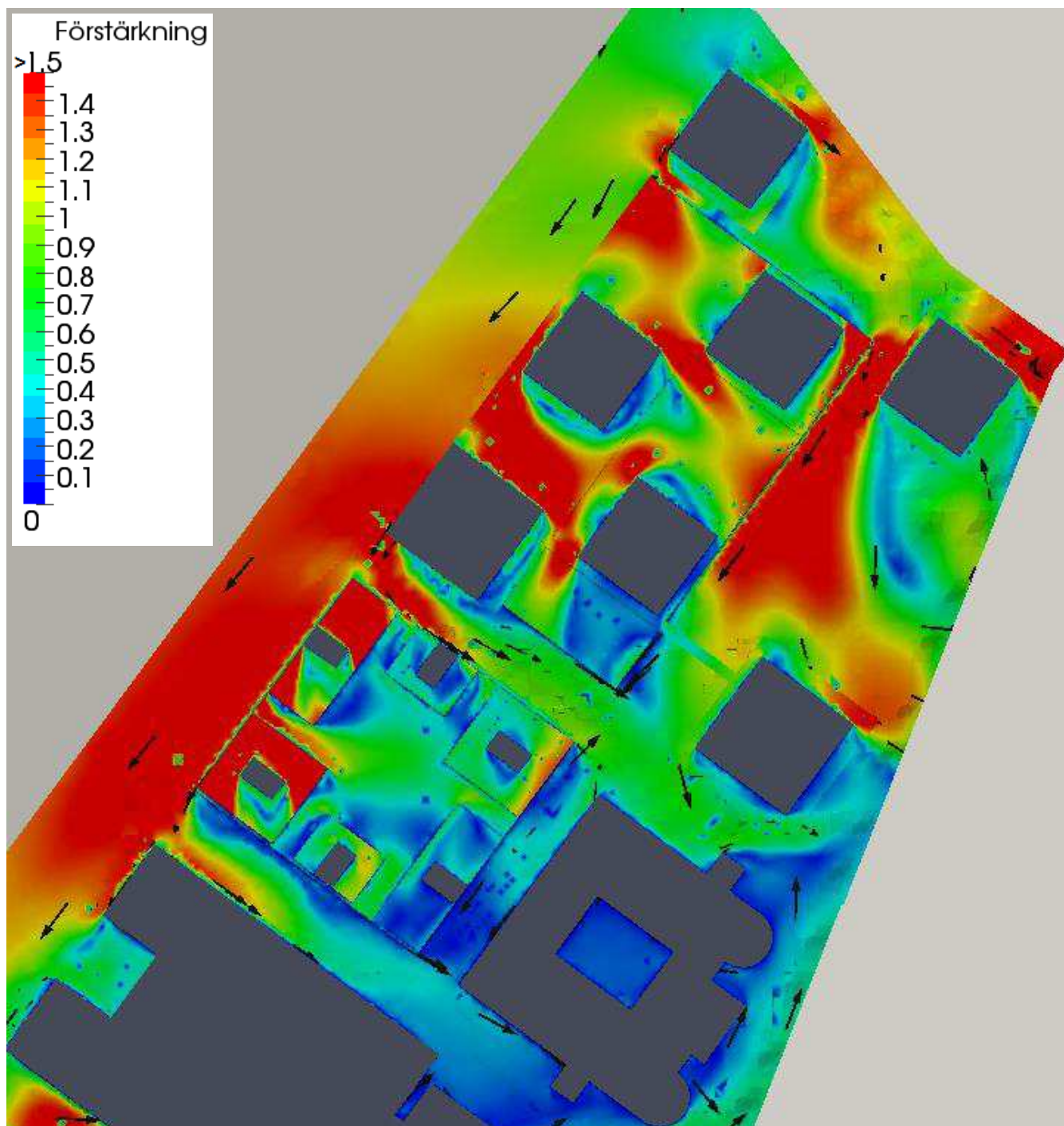
Figur B 16a. Procent av tiden som vindens hastighet överstiger 5 m/s, på 2 m höjd över marken. Sammanvägning av alla vindriktningar.



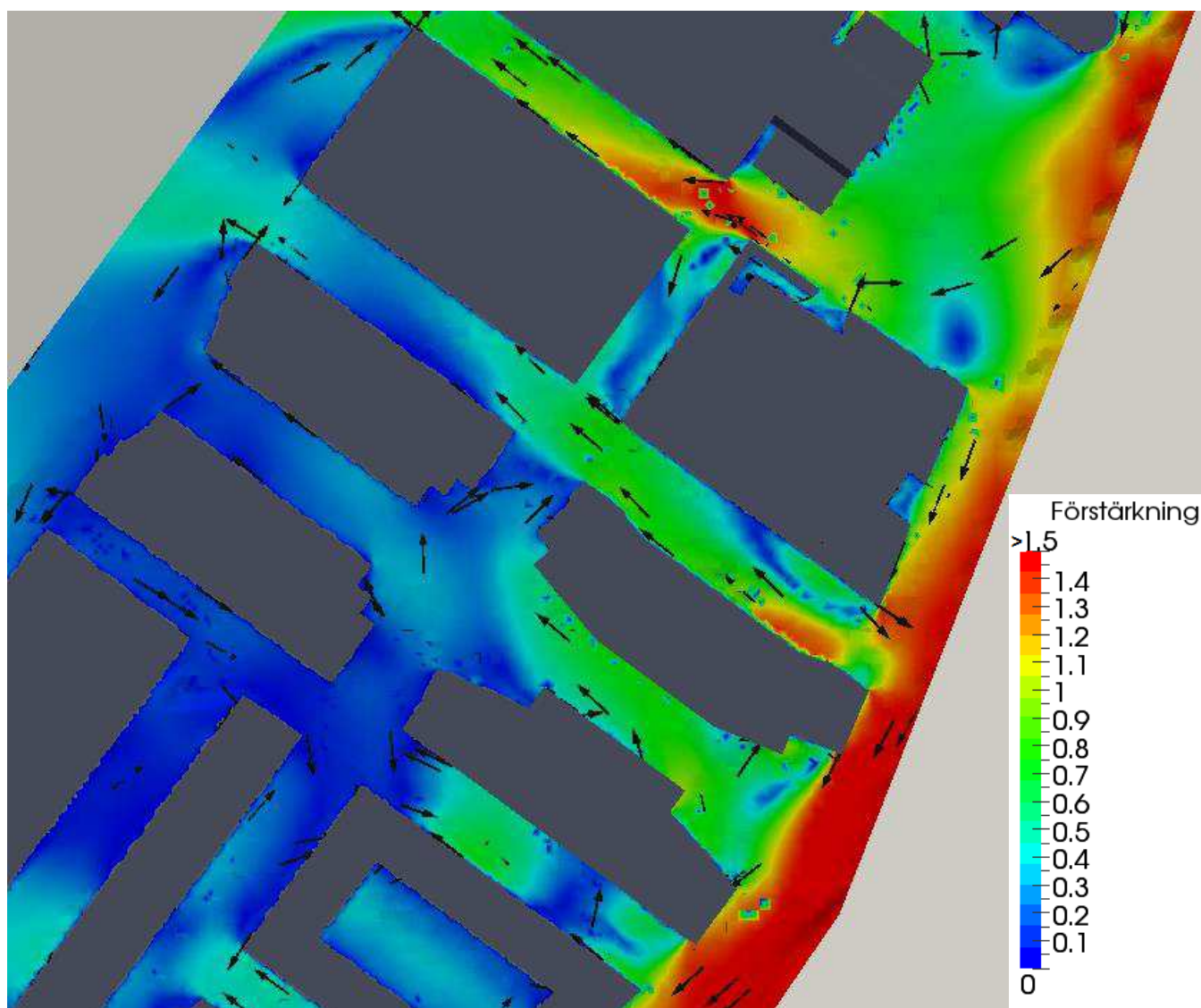
Figur B 16b. Procent av tiden som vindens hastighet överstiger 5 m/s, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Sammanvägning av alla vindriktningar.



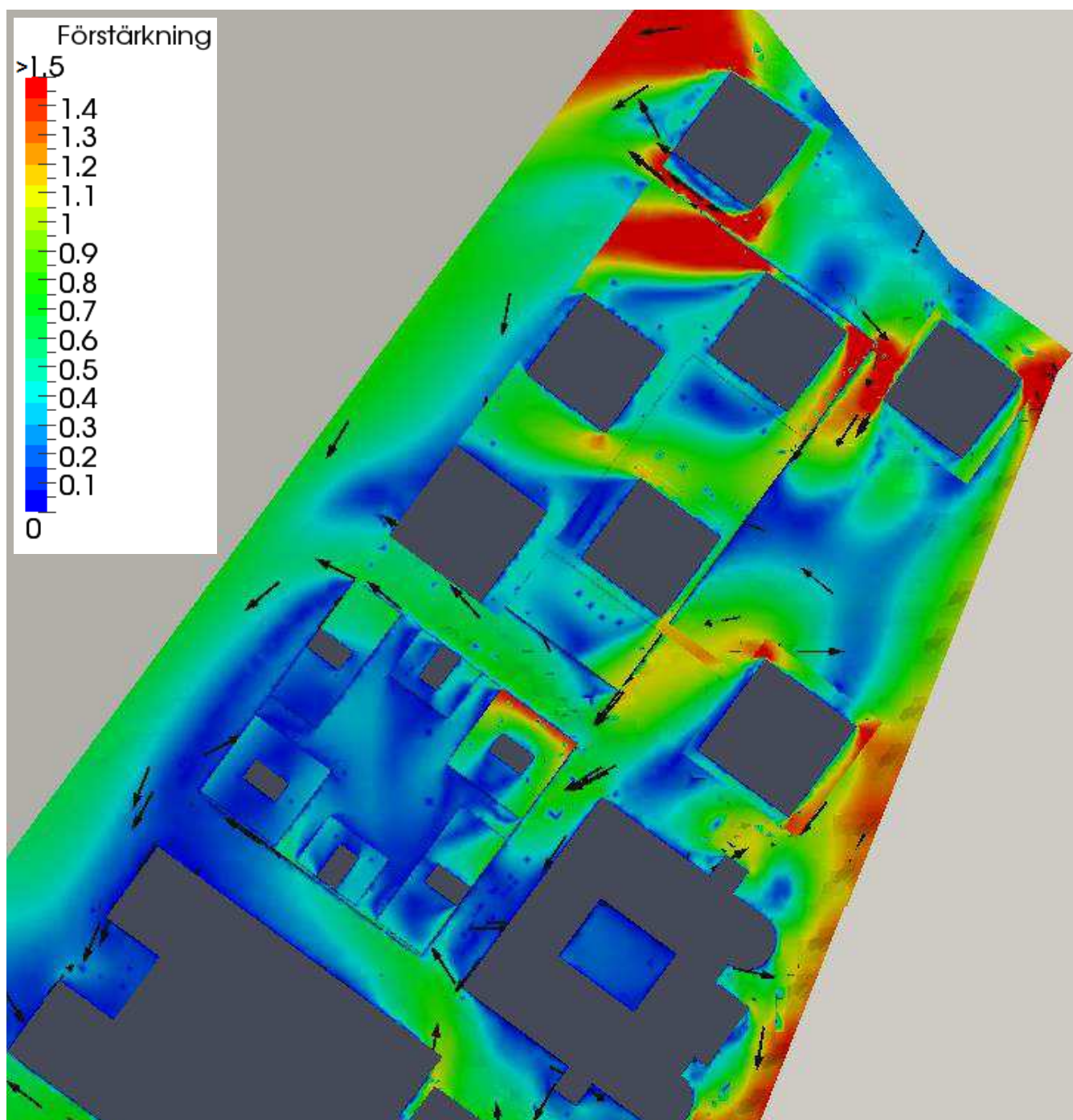
Figur B 17a. Vindens förstärkning vid vind från nord, 0°, på 2 m höjd över marken. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



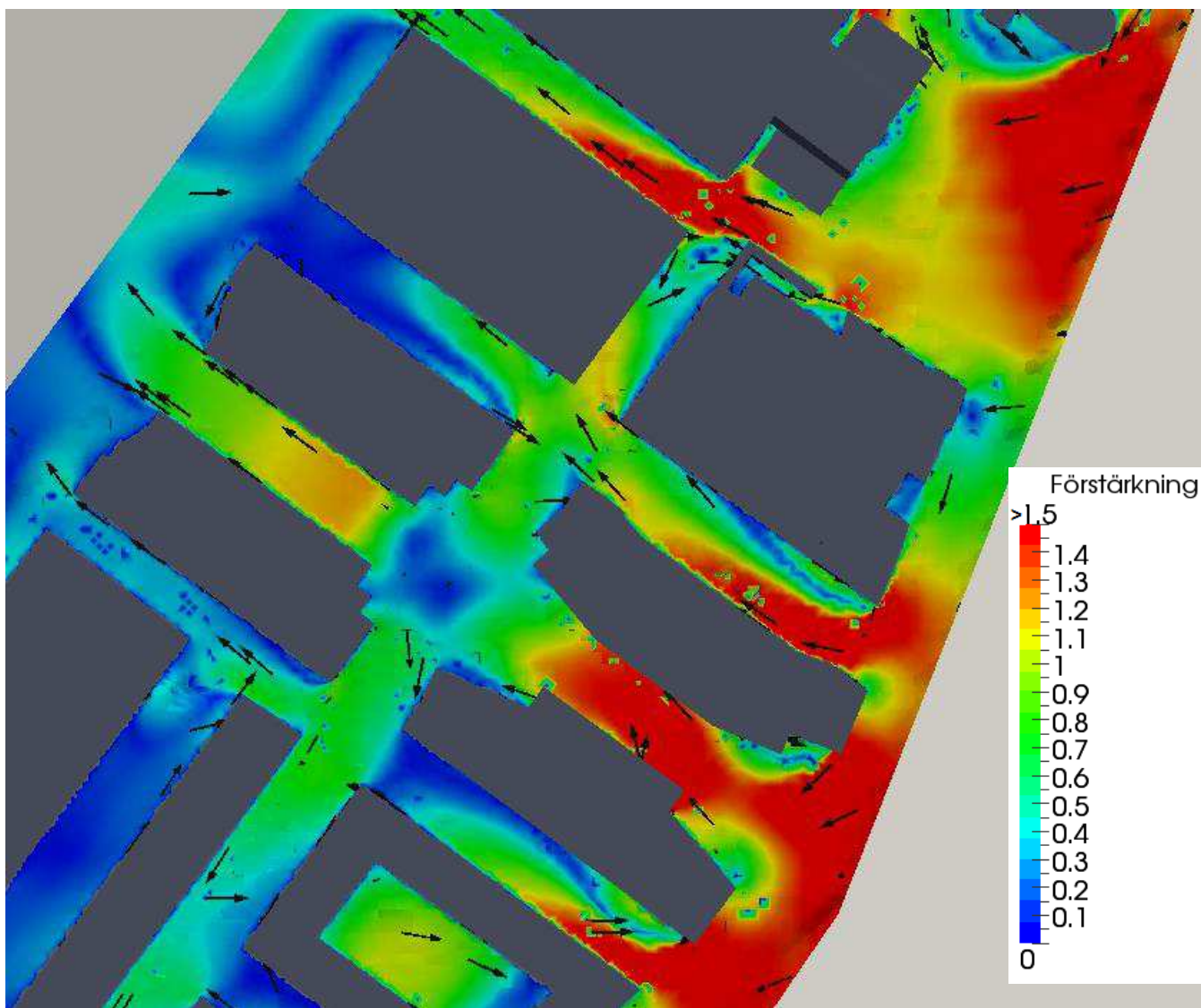
Figur B 17b. Vindens förstärkning vid vind från nord, 0°, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



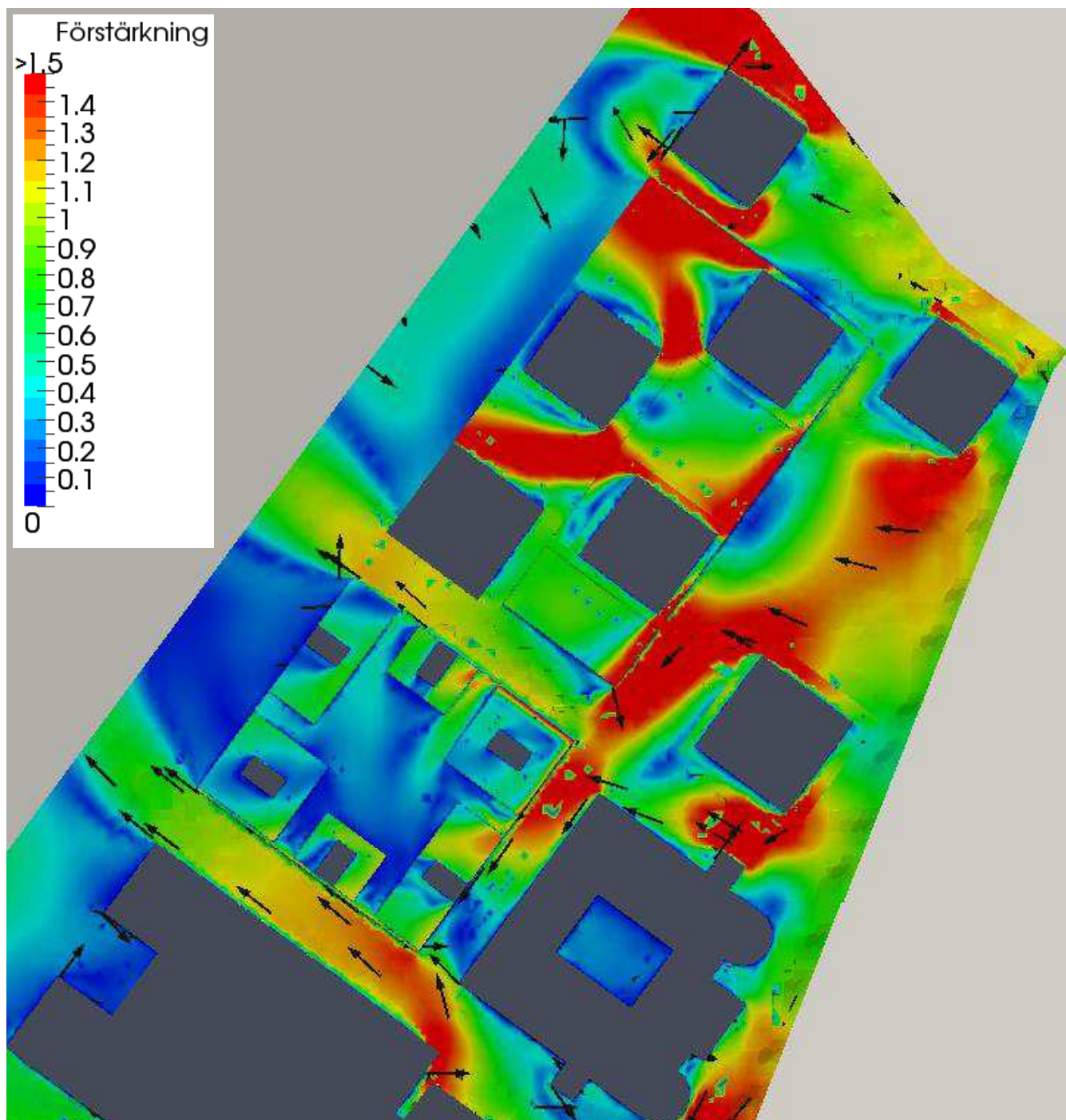
Figur B 18a. Vindens förstärkning vid vind från nordost, 45°, på 2 m höjd över marken. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



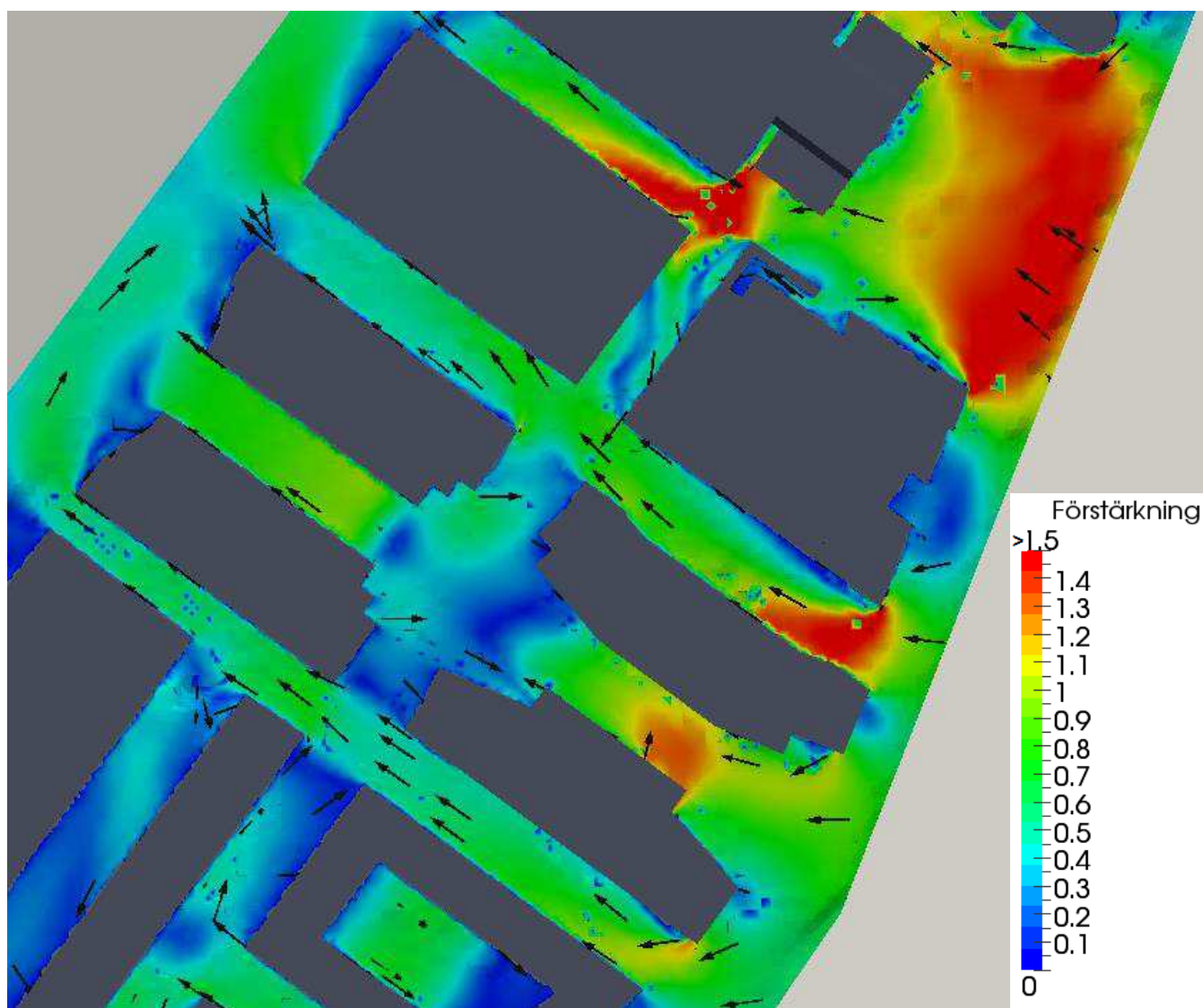
Figur B 18b. Vindens förstärkning vid vind från nordost, 45°, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



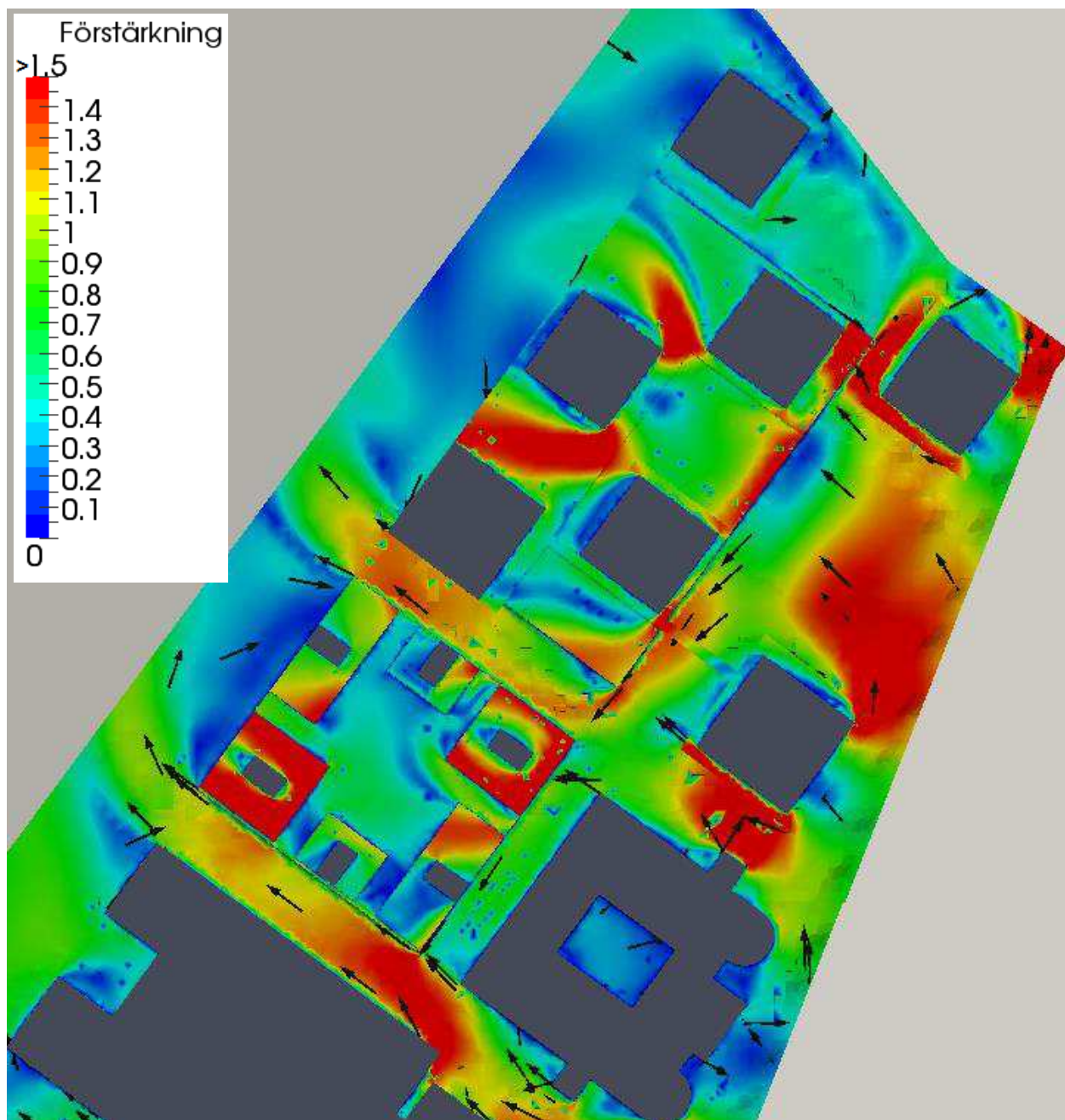
Figur B 19a. Vindens förstärkning vid vind från ost, 90°, på 2 m höjd över marken. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



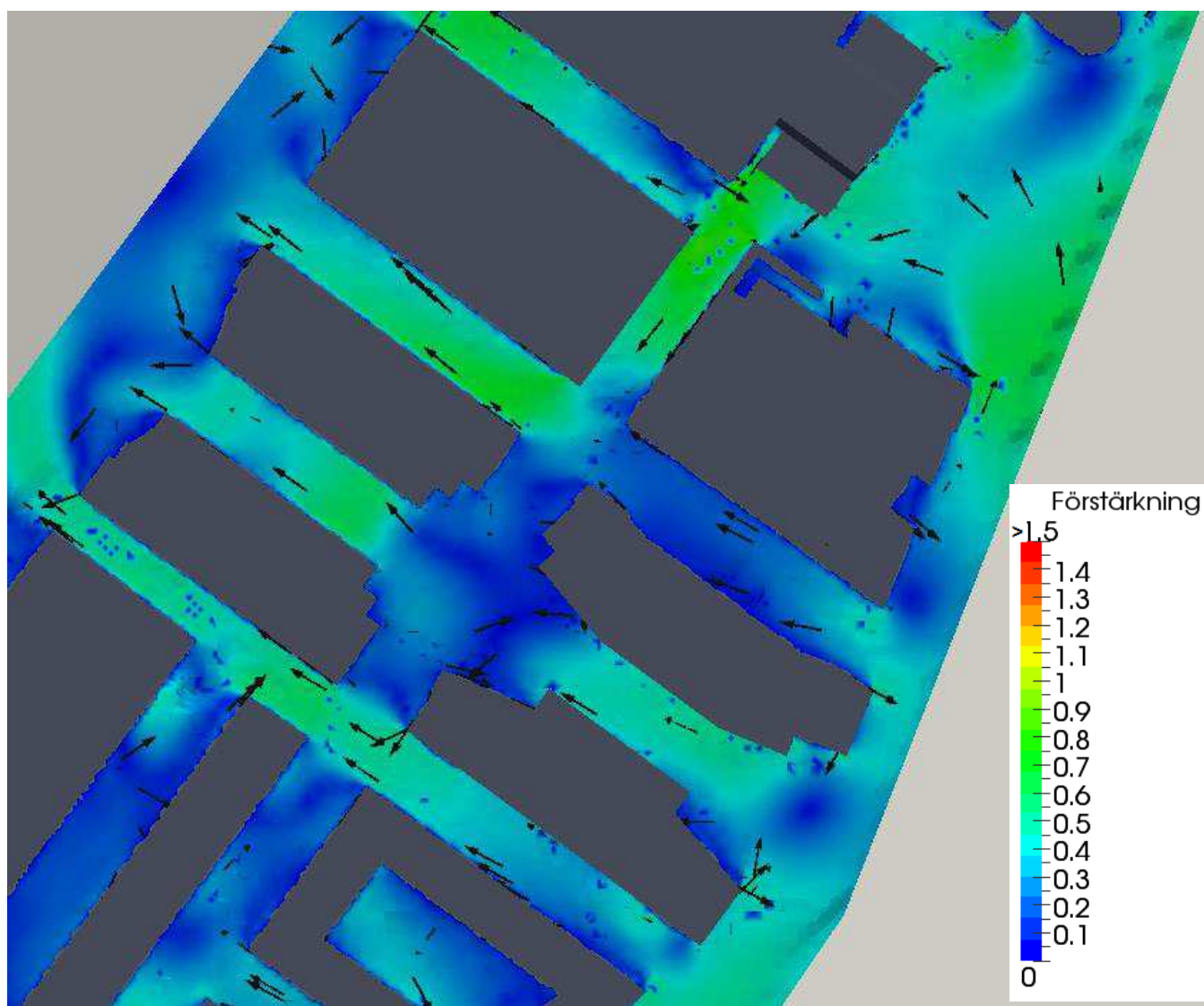
Figur B 19b. Vindens förstärkning vid vind från ost, 90°, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



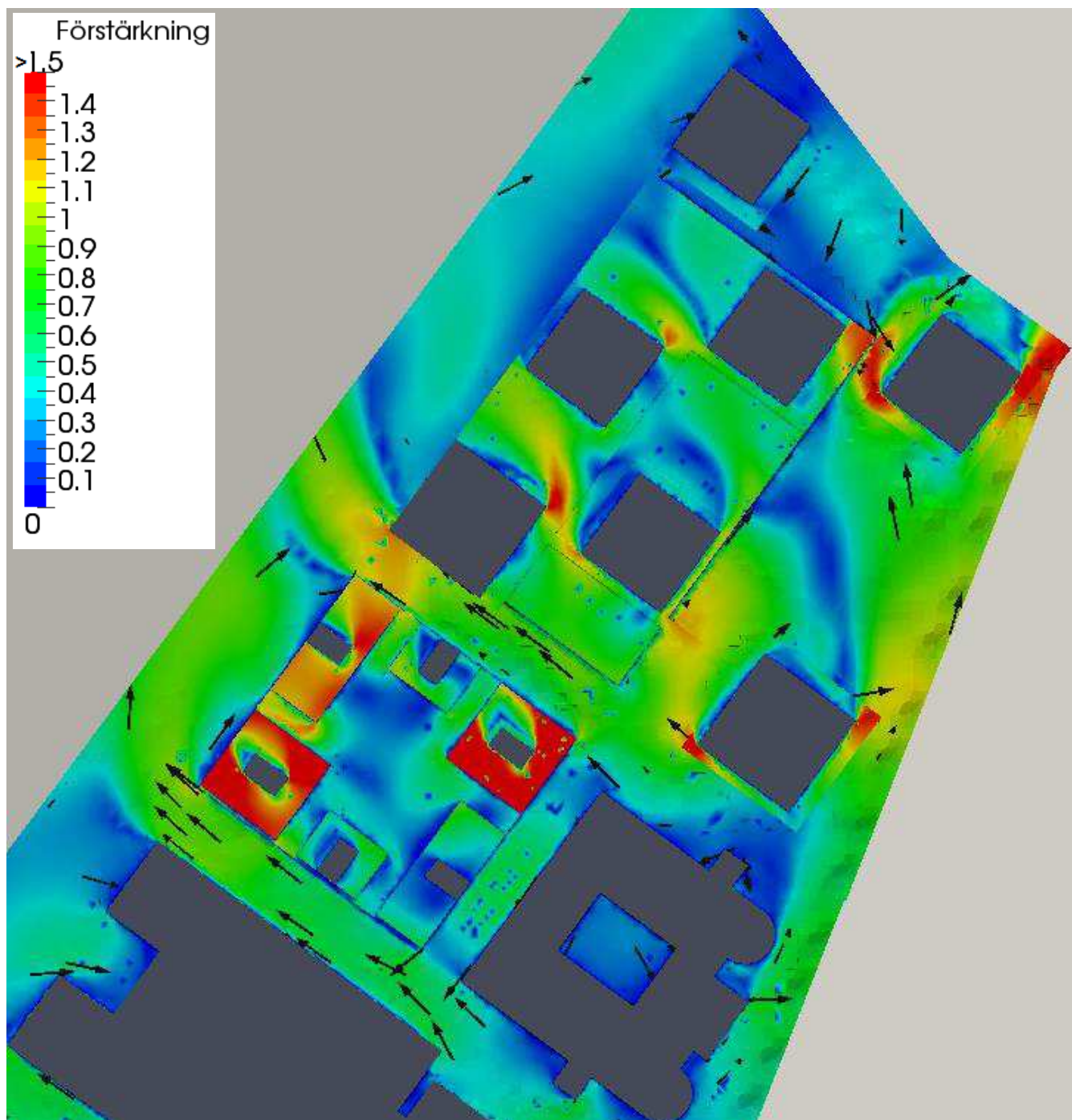
Figur B 20a. Vindens förstärkning vid vind från sydost, 135°, på 2 m höjd över marken. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



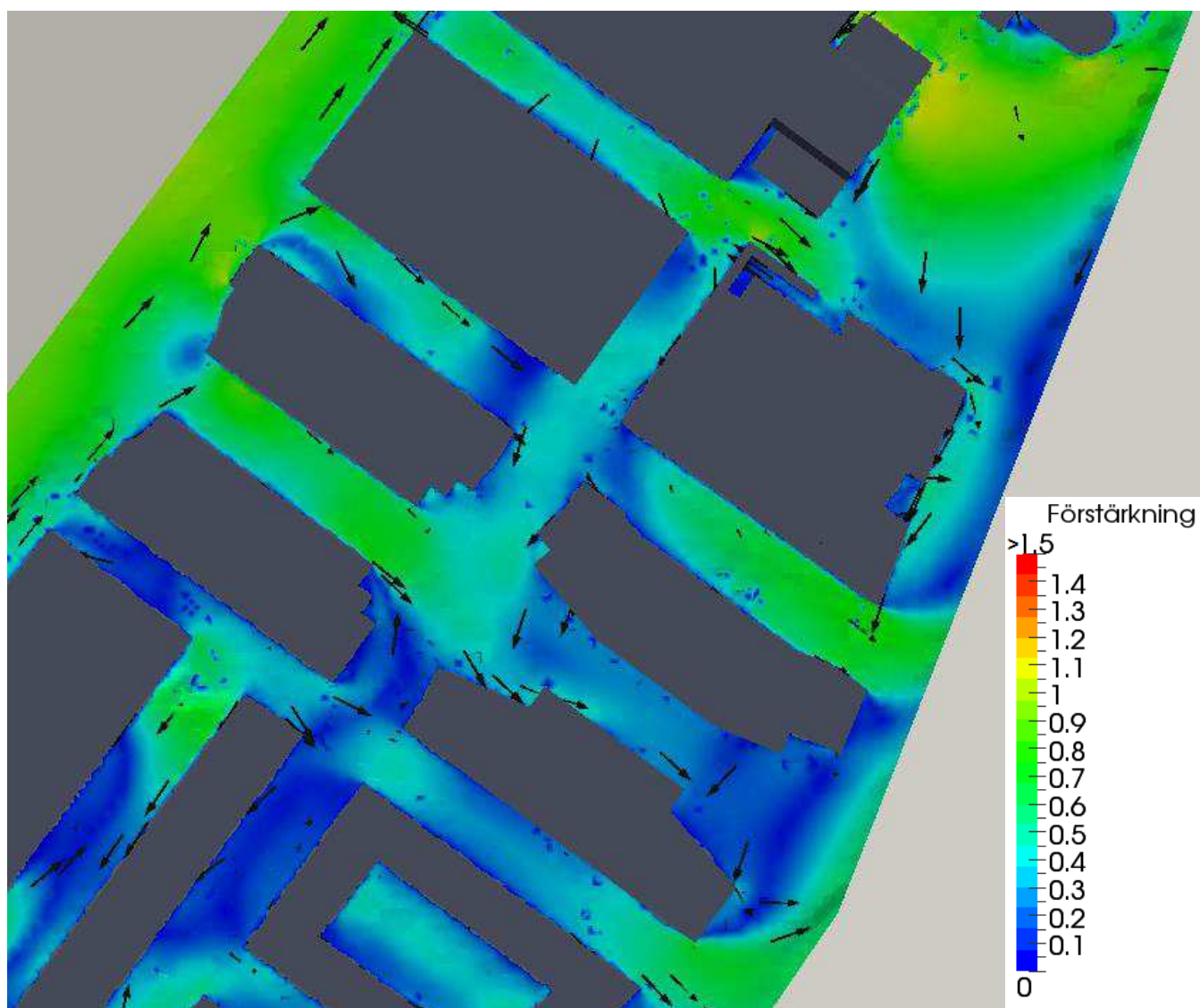
Figur B 20b. Vindens förstärkning vid vind från sydost, 135°, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



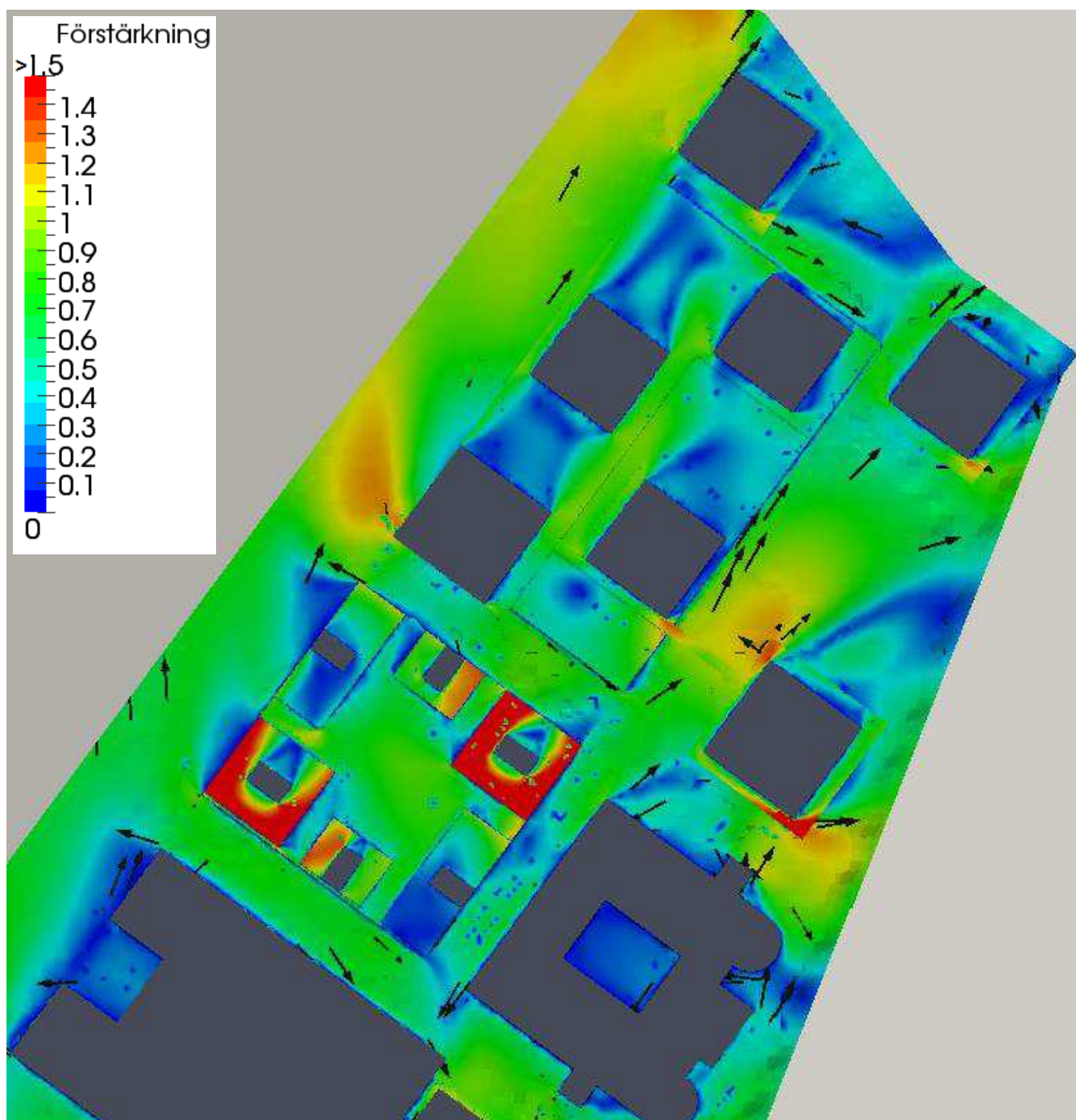
Figur B 21a. Vindens förstärkning vid vind från syd, 180°, på 2 m höjd över marken. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



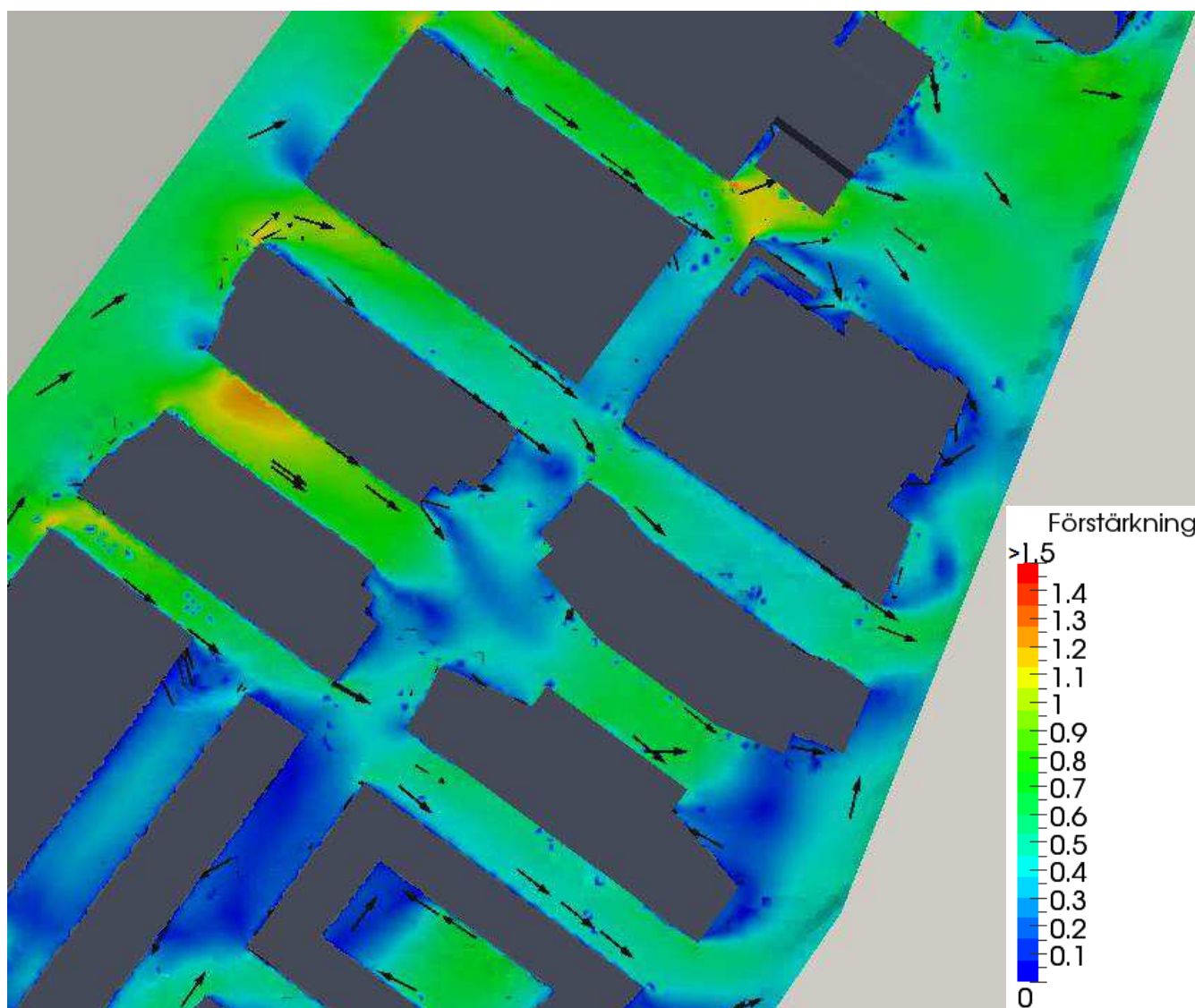
Figur B 21b. Vindens förstärkning vid vind från syd, 180°, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



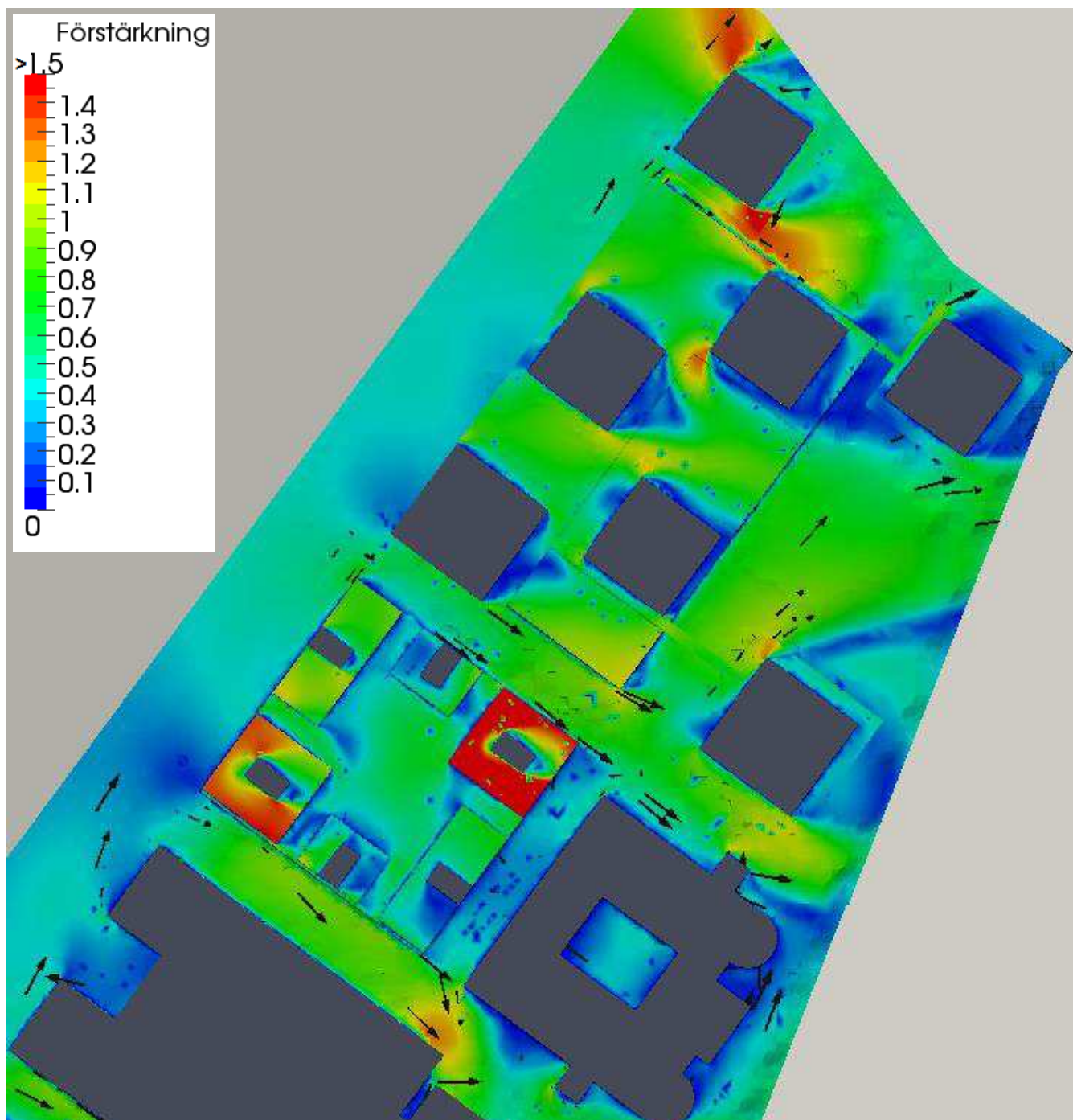
Figur B 22a. Vindens förstärkning vid vind från sydväst, 225°, på 2 m höjd över marken. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



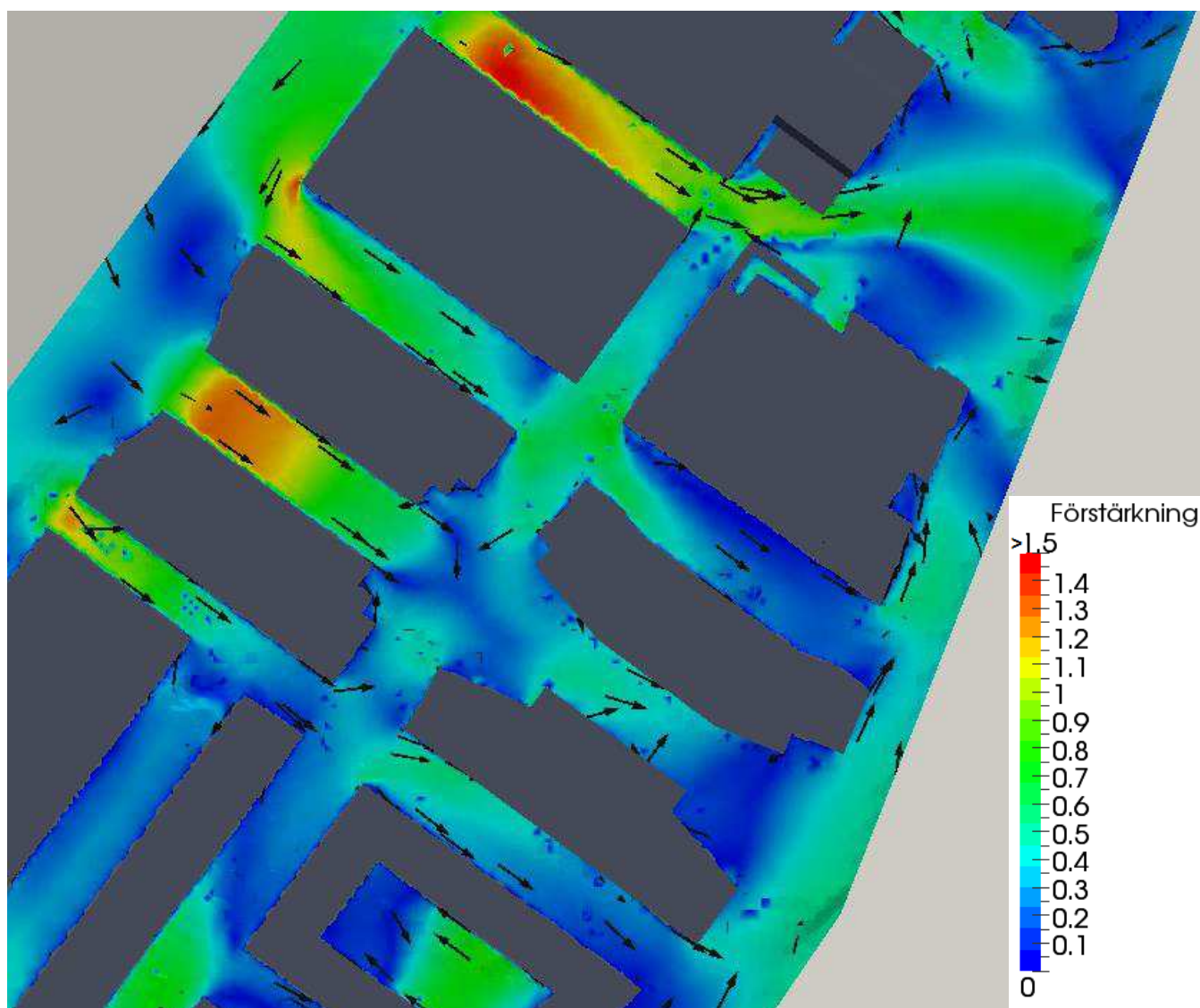
Figur B 22b. Vindens förstärkning vid vind från sydväst, 225°, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



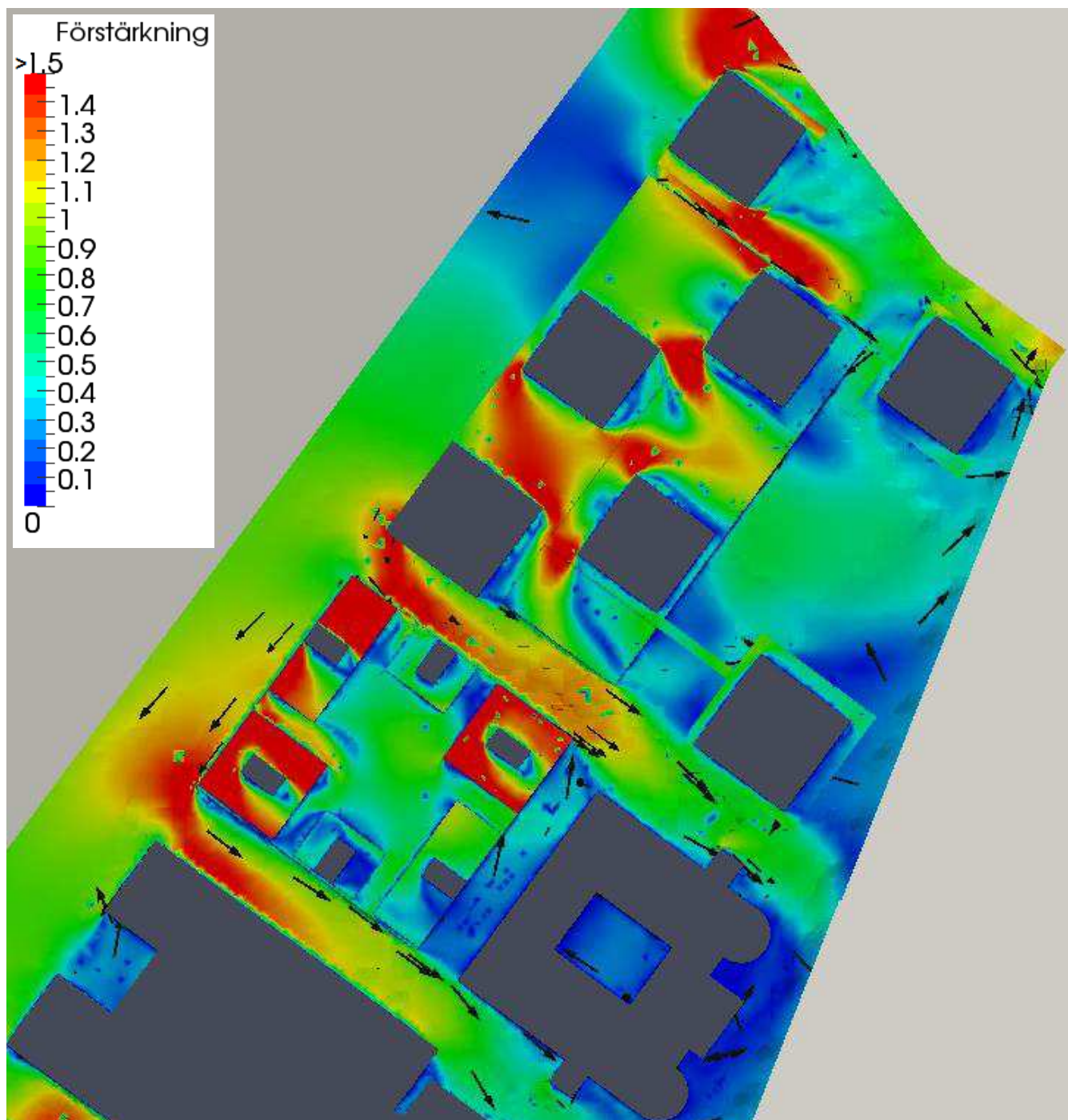
Figur B 23a. Vindens förstärkning vid vind från väst, 270°, på 2 m höjd över marken. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



Figur B 23b. Vindens förstärkning vid vind från väst, 270°, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



Figur B 24a. Vindens förstärkning vid vind från nordväst, 315°, på 2 m höjd över marken. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.



Figur B 24b. Vindens förstärkning vid vind från nordväst, 315°, på 2 m höjd över marken respektive över tak och gångbroar. Skalan anger förstärkningsfaktorn. Gulgrön färg (faktor 1) innebär att vinden upplevs lika stark som på ett öppet fält. Gul och röd färg innebär att vinden upplevs starkare och blå/grön färg att vinden upplevs svagare.

Denna sida är avsiktligt tom



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01