

Vindkomfortstudie Kungens kurva

Huddinge



Change list

Ver:	Date:	Description of the change	Reviewed	Approved by
0	2022-03-21	Original Rapport	Sophia Nilsson	Gabriella Nilsson

Project Name:
Project Number:
Client:
Ver:
Date:
Author:
Controlled by
Approved by
Document Reference:

Kungens Kurva Vindkomfort studie
30039597
Fastighets AB Balder
1
21/03/2022
Michael Owen, Leon Lee
Sophia Nilsson
Gabriella Nilsson
p:\25471\30039597_kungens_kurva_vindkomf
ort_studie\000\6_arbetsmaterial\rapport\22032
1_vindkomfortstudie_kungenskurva.docx

Innehåll

1.	Sammanfattning	5
2.	Förbehåll.....	6
3.	Vindkomfort i utomhusmiljö	7
3.1	Tekniker för att förbättra vindkomfort	7
3.2	Vindskydd	9
3.3	Vindkomfortstudier.....	10
3.4	Lawsons komfortkriterier och Beaufort-skalan	10
4.	Metod.....	13
4.1	Geometri.....	13
4.2	Vindstatistik	13
4.3	CFD-modell	16
4.4	Beräkningsnät – mesh.....	17
5.	Resultat	19
5.1	Vindkomfort	20
5.1.1	Särskilt intressanta områden.....	22
5.2	Vindhastighet.....	26
6.	Slutsatser och rekommendationer.....	32
7.	Referenser.....	33

1. Sammanfattning

Sweco har genomfört en vindkomfortstudie av utomhusmiljön runt den planerade utvecklingen i Kungens kurva i Huddinge för kunden Balder, som projekterar byggnaden. Figur 1 visar en karta från Lantmäteriet med en planritning som tillhandahållits av kunden samt modellen som använts för simuleringen. Den molnbaserade plattformen Simscale har använts till simuleringarna och långtidsdata för vind från en närliggande punkt har förts in i modellen för att fånga årsvariationerna. Ett scenario med åtta vindriktningar har simulerats och vindförhållanden är baserade på 20 års data från SMHI:s väderstation Tullinge A på 10 meters höjd.

Analysen har gjorts med referens till Lawsons LDDC-vindkomfortskriterier som kommer att omnämnas genom hela denna rapport. Vid hänvisning till vindkomfort ska alltså dessa kriterier finnas i åtanke. Analysen visar att det finns några områden runt Kungens Kurva som kan anses farliga att vistas i någon gång under året. I denna rapport har fem områden, som föreslagits av kunden, valts ut för att studeras närmare.



Figur 1. Läge och modell som använts för simulering av Kungens Kurva.

2. Förbehåll

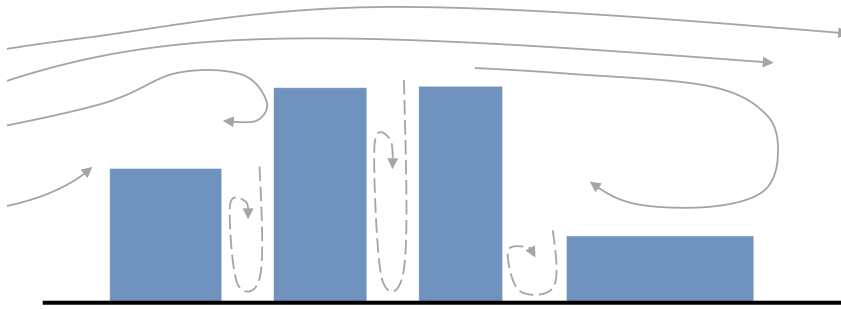
Modellerings- och simuleringstekniken som har använts har visat på hög noggrannhet i valideringar utförda av Simscale. Trots detta kommer numeriska simuleringar alltid att innehålla vissa fel i form av modellering, diskretisering och beräkning. Resultaten som presenteras i rapporten är statistiska medelvärden och tar därför inte hänsyn till vindbyar. Resultaten bör därför tolkas med försiktighet.

3. Vindkomfort i utomhusmiljö

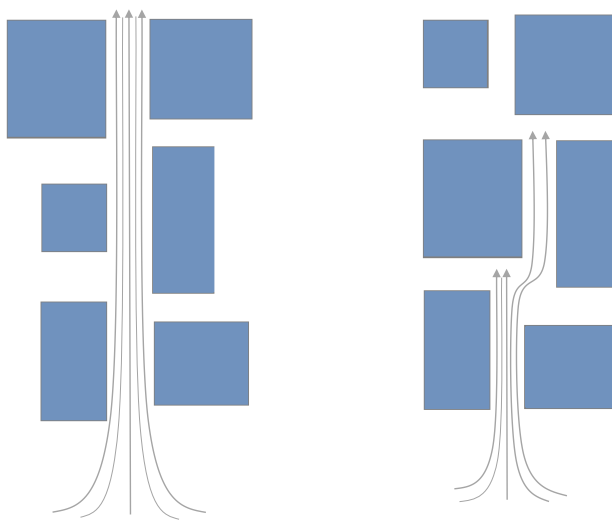
3.1 Tekniker för att förbättra vindkomfort

Byggnader bör vara utformade, orienterade och placerade på det sätt som säkerställer komforten för människor som ska röra sig i närheten av dem. Uppförandet av en ny byggnad kommer alltid att förändra det lokala vindklimatet. Detta illustreras i Figur 2. Luftflöden runt och mellan byggnader kan orsaka kraftiga vindar och turbulens, med ogynnsamma eller farliga vindförhållanden för gångtrafikanter som följd. Av denna anledning bör utformningen av nya byggnader inte bara fokusera på inomhusmiljön, utan även inkludera byggnadernas effekt på utomhusmiljön. (Pancholy , o.a., 2017).

Venturieffekten illustreras i Figur 3. Fenomenet orsakas av luft som trycks ihop och accelererar genom smala passager mellan byggnader, vilket kan leda till en märkbar ökning av den lokala vindhastigheten och turbulensen. Konsekvensen blir ett obehag för fotgängare och cyklister i gatuplan. Genom att placera byggnaderna på ett noga övervägt sätt kan man komma runt detta problem med hjälp av vindblockeringseffekten, som också illustreras i samma figur. Vinden tvingas runt byggnader i stället för att flöda igenom en smal passage (Li, Luo, Sandberg, & Liu, 2015).

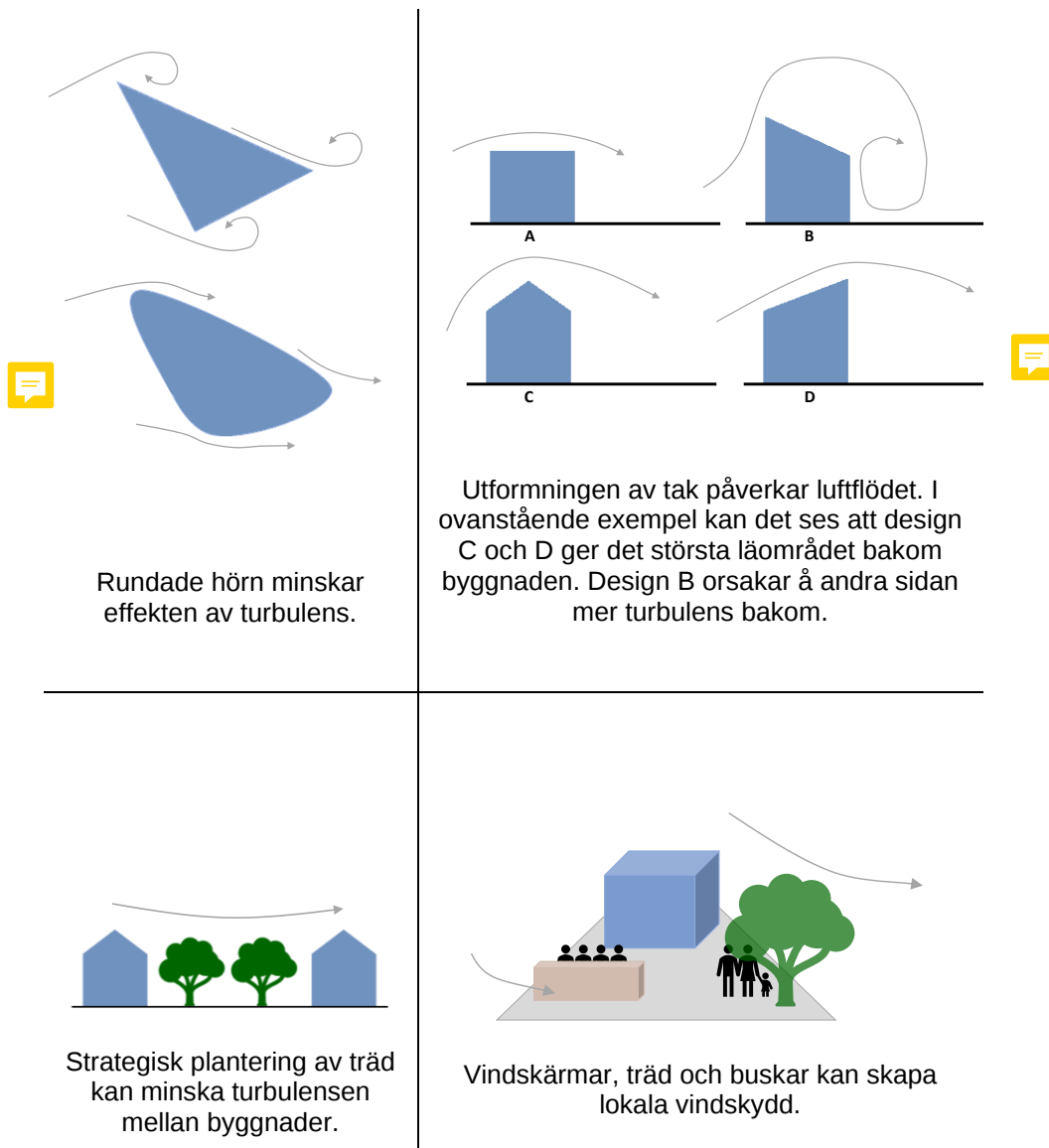


Figur 2. Typiskt luftflödesmönster runt och mellan byggnader.



Figur 3. Venturieffekten (vänster) och vindblockeringseffekten (höger).

Det finns även andra tekniker och åtgärder man kan ta till för att förbättra vindkomforten runt byggnader. Några generella rekommendationer illustreras i Figur 4.



Figur 4. Generella rekommendationer för att förbättra vindkomforten runt byggnader.

3.2 Vindskydd

Vindskydd är naturliga eller artificiella barriärer som används för att förhindra vindskador och för att förbättra utomhusmiljön. Olika former av vindskydd med avseende på höjd, längd, komposition, porositet och orientering har visat sig ha betydande effekt på lokalklimatet (Nuberg, Brendan, & Rowan, 2009).

Vindskyddets höjd (H) och dess porositet avgör hur stor den vindreducerande effekten blir i dess läområde. Området där vindhastigheten reduceras till 80% av den fria vinden ligger generellt på ett avstånd $15H - 20H$ bakom skyddet, beroende på porositet. Läzonen är det område där maximal vindreduktion uppnås, men också där man finner betydande minskning av turbulens och luftvirvar. Denna zon har en triangulär profil och sträcker sig från vindskyddets

topp ner till marknivå vid omkring 8H nedströms (Nuberg, Brendan, & Rowan, 2009).

Vindskydd med låg porositet, det vill säga med låg luftgenomsläpplighet, ger generellt en kortare läzon med kraftigt reducerad vind nära skyddet och högre turbulens nedströms. Ett vindskydd med högre porositet ger ett relativt långt område bakom vindskyddet med reducerad vind och mindre turbulens, men å andra sidan är reduktionen inte lika stor som för ett vindskydd med låg porositet (Wight & Straight, 2015).

3.3 Vindkomfortstudier

Vindkomfortstudier görs vanligtvis under planeringsfasen av nya byggnader för att utvärdera det lokala vindklimatet. En sådan analys kräver information om byggnadens aerodynamik, långtidsdata för vind och komfortkriterier. Den aerodynamiska informationen behövs för att översätta generella meteorologiska klimatdata till relevant information för det studerade området. Vanligtvis delas denna information in i två delar: den del som orsakas av topografin och den del som orsakas av byggnadernas utformning. När denna koppling mellan klimatdata och områdets aerodynamik har etablerats kan komfortkriterierna användas för att bedöma det lokala vindklimatet (Blocken & Carmeliet, 2003).

Det finns flera olika uppsättningar av komfortkriterier. De flesta av dessa kriterier klassificerar vindklimatet i olika aktiviteter som till exempel promenader, rask gång och cykling. De olika aktiviteterna antas ha ett visst tröskelvärde där vinden anses vara för kraftig för en given aktivitet. Lawsons komfortkriterier används av många inom branschen och bedömer ett områdes lämplighet för vissa aktiviteter (Lawson & Penwarden, 1975). En sammanfattning av dessa kan ses i Tabell 1.

3.4 Lawsons komfortkriterier och Beaufortskalan

Lawsons komfortkriterier är definierade för olika aktiviteter i gatuplan. Om vinden överskrider en given gräns mer än 5 % av tiden under ett normalår anses platsen vara ogynnsam för den givna aktiviteten. Gränsen för farliga förhållanden är en medelvind i alla riktningar på över 15 m/s under mer än 0,022 % av tiden under ett år, vilket motsvarar två timmar per år. Det finns andra definitioner av Lawsons vindkomfortkriterier som definierar dessa områden som farliga endast för sköra människor, med ytterligare en gräns vid 20 m/s för icke-sköra människor. I denna rapport används dock 15 m/s som gräns för farliga förhållanden för att ta hänsyn till sköra människor. Vid bedömning av vindkomfortkriterier bör allt som anses obekvämt eller farligt hanteras med förbättringsmetoder som vindskärmar eller vegetation. Annars rekommenderas designändringar som kan förhindra vindaccelererande effekter enligt beskrivning i 3.1.

Tabell 1. Lawson LDDC vindkomfortskriterier med hastighetsbegränsningar för olika aktiviteter.

	Riktvärde vindhastighet	Andel av normalår	Aktivitet	Beskrivning
	< 2.5 m/s	< 5%	Långvarigt sittande	Lämpligt för långvarigt stillasittande. Exempelvis café eller restaurang
	< 4.0 m/s	< 5%	Kortvarigt sittande	Lämpligt för kortvarigt stillasittande. Exempelvis allmänna sittplatser
	< 6.0 m/s	< 5%	Stående	Lämpligt för entréer eller busshållplatser etc.
	< 8.0 m/s	< 5%	Promenera	Lämpligt för långsammare promenader med enstaka stopp
	> 8.0 m/s	< 5%	Obehagligt	Ej bekvämt att vistas i
	> 15 m/s	> 0.022%	Farligt	Kan vara farligt att vistas i

Vidare presenteras Beaufort-skalan i Tabell 2, som beskriver vindens effekt i med mer lättförståeliga koncept, vilket kan ge ytterligare insikt om fotgängares vindkomfortförhållanden i det simulerade området.

Tabell 2. Beauforts vindskala som visar vindens effekt (Lawson & Penwarden, 1975).

Vindstyrka i Beaufort	Benämning	Vindhastighet på 1,5 m (m/s)	Vindens verkningar
0	Lugnt	0,0-0,1	Ingen märkbar vind
1	Svag vind	0,2-1,0	Knappt märkbar för känseln
2	Svag vind	1,1-2,3	Lyfter en vimpel, sätter små löv i rörelse
3	Måttlig vind	2,4-3,8	Sträcker en vimpel, sätter blad och tunna kvistar i oavbruten rörelse
4	Måttlig vind	3,9-5,5	Sträcker en flagga, sätter kvistar och tunnare grenar i rörelse
5	Frisk vind	5,6-7,5	Vindens kraft känns mot kroppen, mindre lövträd börjar svaja
6	Frisk vind	7,6-9,7	Svårt att använda paraply, svårt att gå stadigt, uppkommer obehagligt vinande ljud mot öronen
7	Hård vind	9,8-12,0	Man går ej obehindrat mot vinden
8	Hård vind	12,1-14,5	Besvärligt att gå utomhus, bryter kvistar av träd
9	Mycket hård vind	14,6-17,1	Människor kan blåsa omkull, mindre skador på hus

4. Metod

Syftet med denna analys är att uppskatta vindkomforten i utomhusmiljön vid den planerade utvecklingen i Kungens kurva som ligger i Huddinge samt föreslå möjliga åtgärder för att förbättra vindkomforten i området. Metoderna som har använts beskrivs i detta kapitel.

4.1 Geometri

Data för byggnader för det omkringliggande området samt topografin har tillhandahållits av ÅWL Arkitekter i form av .stl-filer.

Modellen har justerats av Sweco Architects, i samråd med kunden och ÅWL Arkitekter, för att säkerställa att den är lämplig för CFD-simulering. Simuleringsområdet inkluderar topografi och byggnader inom en radie om 400m från Kungens kurva. Modellens kant är därefter förlängd och sluttad för att ligga på samma höjdnivå runt om hela modellen.

Detaljer såsom fönster och balkongräcken har blivit borttagna då dessa inte bedöms vara i en skala som ger relevant information till en vindkomfortstudie. Dessutom har träd och annan vegetation inte inkluderats i modellen. Modellen presenteras i Figur 5.



Figur 5. Vänster: Hela beräkningsmodellen. Höger: Närbild på byggnaden av intresse.

4.2 Vindstatistik

Platsspecifik vindstatistik är nödvändig ingångsdata i modellen för att få ett resultat som representerar området. I denna studie har data mellan 2000 och 2020 från SMHI:s väderstation Tullinge A använts, se Figur 6. Vinddatan har erhållits vid 10 m höjd och extrapolerats ner till 1,5 m över mark. Väderstationen är belägen i ett område med liknande terräng och förutsättningar som Kungens kurva. Dessutom ligger väderstationen cirka 10 km från Kungens kurva och har

därför vindförhållanden som motsvarar platsen väl. Vinddata med 0 m/s får alltid riktningen 0 grader i SMHI:s data. Denna data har slumpmässigt spridits ut i alla riktningar viktat mot riktningsfrekvensstatistiken för data med vindhastighet över 0 m/s.



Figur 6. Kungens kurva och Tullinge A väderstation

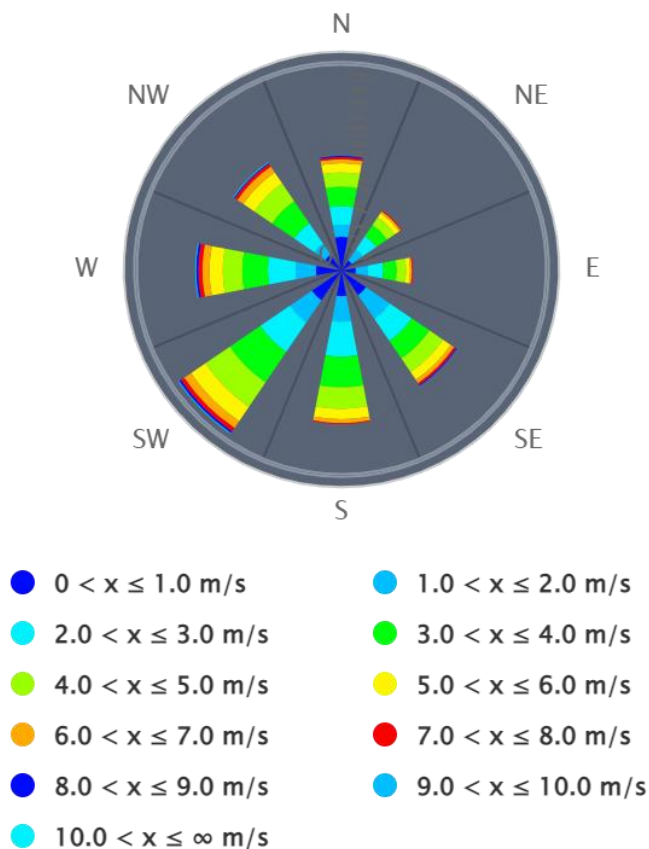
Det årliga vindklimatet baserat på 20 år presenteras i Figur 7. I figuren syns att årsmedelvinden har en relativt jämn riktningsfördelning men att sydliga till västliga vindar dominerar något.

Vindstatistiken är implementerad enligt Wind Engineering Standard EN 1991-1-4, som anger hur vindprofilen ska definieras i det atmosfäriska gränsskiktet. Detta betyder att det i Simscale är möjligt att välja ingående randvärden för varje vindriktning till antingen urban, suburban, open terrain, flat terrain, och coastal areas. Randvärdet bestämmer vindprofilen för det inkommande flödet till beräkningsdomänen vilket påverkar extrapoleringen av vindstyrkan till marknivå. Med hänsyn till byggnadens placering och dess omgivning har vindprofilerna i varje riktning definierats enligt Tabell 3.

Tabell 3. Vindprofil per riktning

Riktning	Profiltyp
N (0°)	Suburban (III)
NO (45°)	Suburban (III)
O (90°)	Suburban (III)
SO (135°)	Suburban (III)
S (180°)	Suburban (III)
SV 225°)	Suburban (III)
V (270°)	Suburban (III)
NV (315°)	Suburban (III)

Windrose



Figur 7. Vindros för helårsmedel.

4.3 CFD-modell

För att beräkna vindkomforten görs en numerisk flödessimulering med en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics). Plattformen Simscale har använts för att göra beräkningar på åtta olika vindriktningar: norr, nordost, ost, sydost, syd, sydväst, väst och nordväst.

För att säkerställa en högkvalitativ simulering som fångar virvlar och turbulenta flöden, använder Simscale Lattice Boltzmann-metoden (LBM). Alla åtta simuleringar körs parallellt på GPUer för att simulera varje riktning. LBM metoden skiljer sig från mer traditionella CFD metoder genom att i stället för att lösa makroskopiska flödesegenskaper simuleras fiktiva partiklar som rör sig längs ett beräkningsnät och interagerar med varandra/fasta objekt. En k-omega SST DDES-modell (Delayed Detached Eddy Simulation) används för att modellera turbulenta flöden. Modellen är en blandning av Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes (URANS) nära ytor som övergår till Large Eddy

Simulation (LES) längre bort från ytan för att fånga de större turbulenta virvelstrukturerna. Till exempel i vakregioner bakom en byggnad.

Metoden fångar rörelser av större virvlar, men i mindre skala modelleras de turbulenta egenskaperna. Detta möjliggör för modellen att mer noggrant beskriva flödets egenskaper (till skillnad från den mer vanliga RANS-metoden) utan att beräkningstiden blir för lång (till skillnad från DNS som i huvudsak används i forskningssyfte). Resultatet fördelas sedan över ett år eller uppdelat i kvartal.

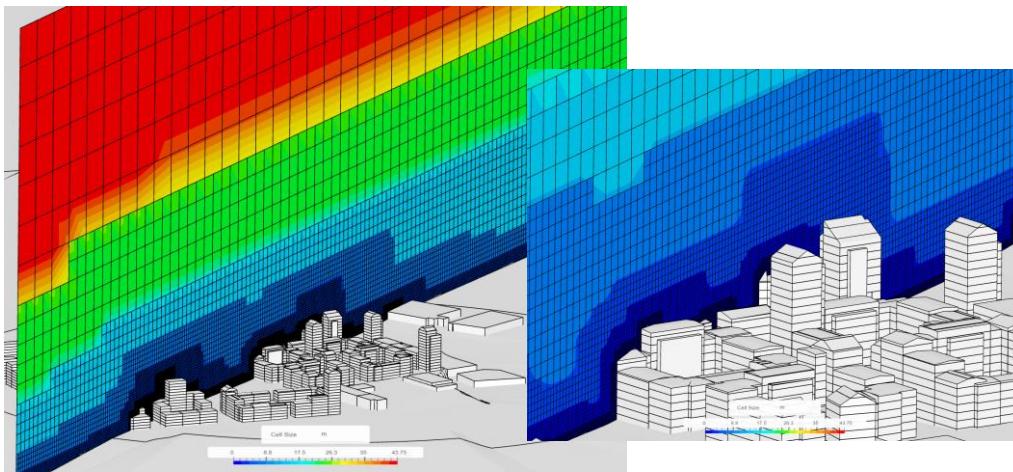
Metoden modellerar med hjälp av en virtuell vindtunnel, som simulerar geometrin som om den vore placerad i en riktig vindtunnel. Dimensionerna är valda för att minimera blockerings effekter, som kan uppstå när byggnaders och terrängens flödesvända tvärsnittsarea upptar en betydande del av flödesdomänen. Detta orsakar orealistiska effekter i modellen då flödet samverkar med vindtunnelväggen. Tunneln måste alltså vara tillräckligt vid och hög för att minimera denna effekt. För de utförda simuleringarna har en höjd, h , på vindtunneln om tre gånger den högsta byggnaden valts. Bredden som har använts är $3h$. Slutligen, vindtunnelns inloppslängd $3h$ och utloppslängden är $9h$.

För varje vindriktning används en vindhastighet på 10m/s på 10 meters höjd som extrapoleras enligt avsnitt 4.2 över domänens höjd och ner till marken. Förstärkningsfaktorer från den inmatade vindstatistiken används sedan för att få den genomsnittliga året-runt-vindkomfortstatistiken.

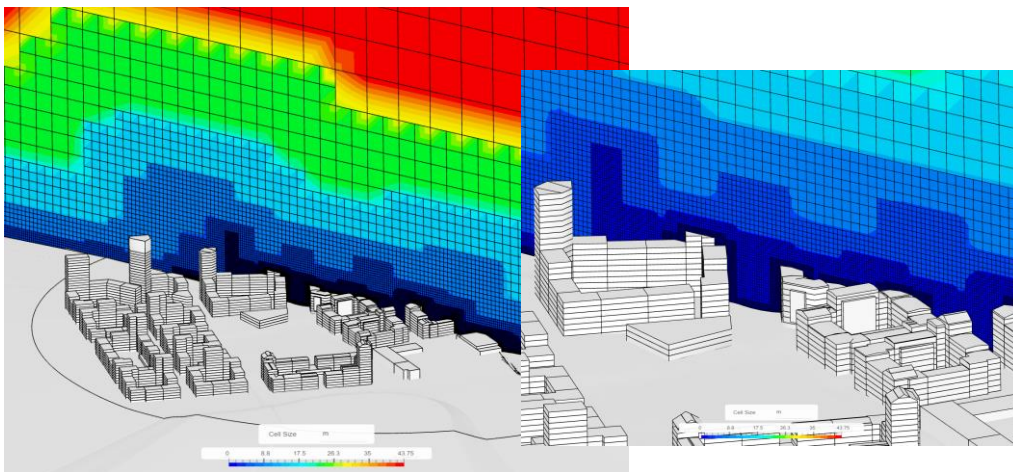
4.4 Beräkningsnät – mesh

När en CFD-simulering genomförs delas beräkningsdomänen in i mindre celler som tillsammans utgör ett beräkningsnät (mesh). Simscale skapar ett mesh för varje vindriktning som tar hänsyn till riktningsspecifika detaljer och förfinar nätet i vakregioner. Ett tydligt exempel på detta är nätet som har skapats till simuleringsfallet för sydvästliga vindar, se Figur 8 och Figur 9. Färgen i figurerna representerar cellstorleken där röd är den största cellstorleken i domänen ($20,83\text{m}$) och mörkblå representerar den minsta cellstorleken i domänen ($0,68\text{m}$) som särskilt syns vid området av intresse och Sagan 1-byggnaderna för att fånga balkonggeometrin. Den minsta cellstorleken är också representerad på marknivå för att tillräckligt bra kunna lösa flödet på $1,5\text{m}$ höjd över marken och ge tillförlitliga simuleringsresultat på denna nivå.

Den automatiska mesh-tekniken har skapat förfinade områden på nordostsidorna av byggnaderna. Detta är på grund av att det störda och komplexa vindflödet som uppstår i vindvaken på dessa byggnader kräver ett finare beräkningsnät. Det går också att se att den minsta cellstorleken uppkommer intill byggnadernas och markens yta, detta syns tydligt i Figur 9.



Figur 8. Sydvästligt beräkningsnät parallell mot vindriktningen.



Figur 9. Sydvästligt beräkningsnät vinkelrätt mot vindriktningen

5. Resultat

Resultaten av studien bedöms enligt Lawson LDDC komfortkriteriet enligt Tabell 1. Dessa bedöms på 1,5 m över marknivå för att bäst representera hur vinden upplevs av fotgängare. Vindkomfortkriterierna ger den tydligaste indikationen om var vindkomfortförhållandena är acceptabla och vilka områden som är obekväma eller farliga och därför kräver begränsnings- eller förbättringsåtgärder av områdets utformning. Kriterierna bedöms utifrån medelvindhastigheterna och fångar därför inte effekterna av vindbyar. Detta måste beaktas vid tolkning av resultaten. Detta förhindrar dessutom användningen av resultaten för att fastställa strukturella belastningar.

Intressanta områden att studera är gatorna som omger byggnaden, byggnadens innergård och busshållplatsen öster om byggnaden.

Intresseområdena som föreslagits av kunden och kommunen visas i Figur 10 och listas nedan:

1. Innergård 1–5 och takterrass ovanpå vårdboende och förskola
2. Innergård 16 och förskola
3. Skola och cykelparkering
4. Innergård 11 och förskola
5. Park

Dessa fem områden kommer att diskuteras mer ingående i kapitel 5.1.1.



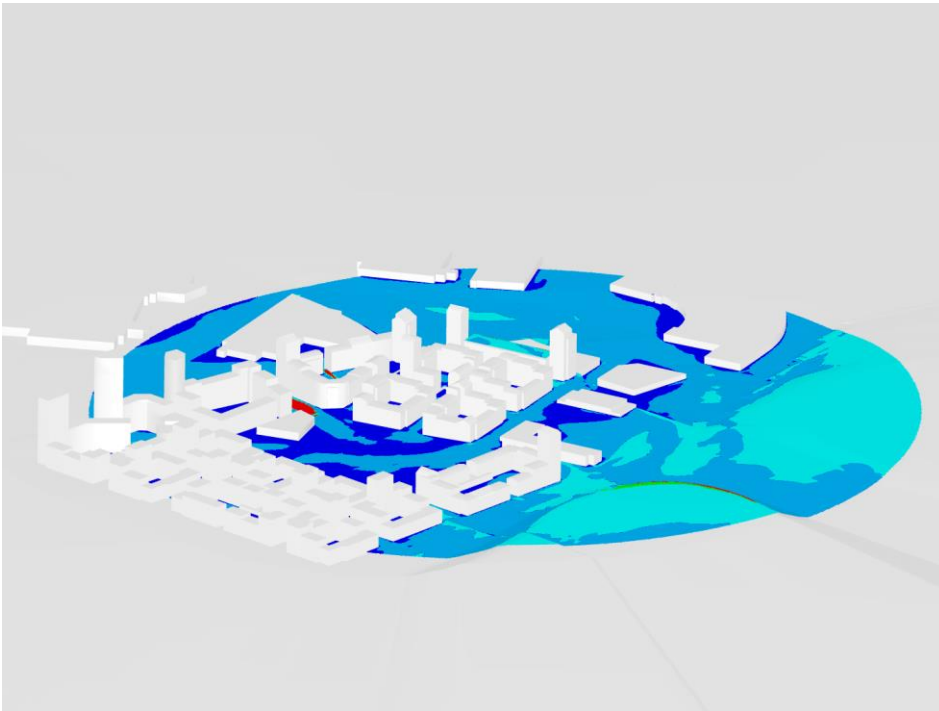
Figur 10. Särskilt intressanta områden

Där vindkomfortförhållanden anses obekväma eller farliga ska vindhastigheterna och deras riktning undersökas ytterligare för att påvisa vad som orsakar de dåliga förhållandena, samt ge vägledning om hur vindreducerande metoder kan användas för att förbättra områdena.

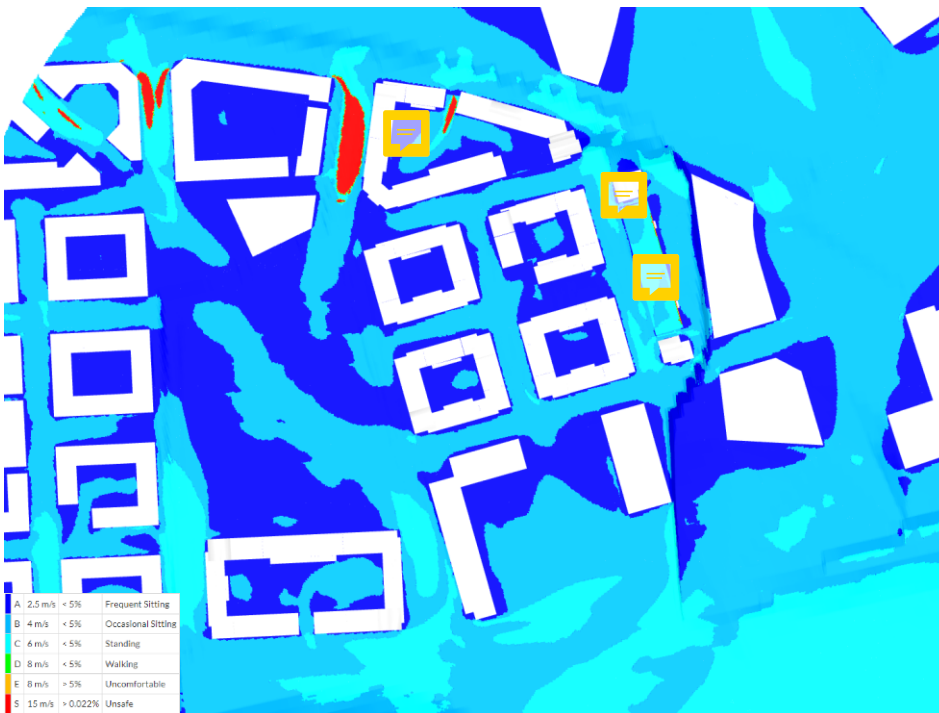
Resultatet redovisas årsvis och kvartalsvis för att hjälpa till att identifiera områden med dålig vindkomfort. De faktiska förhållandena ska dock bedömas enligt de årliga resultaten eftersom Lawsons komfortkriterier definieras av procentandelen av året. Således kommer helårsberäkningsresultat att användas för att identifiera områden där vindförhållandena måste åtgärdas med begränsningsåtgärder, om de verkar vara obekväma eller farliga. Kvartalsresultaten bör användas mer som vägledning för var begränsningsmetoder kan vara önskvärda. Till exempel kan kvartalsresultaten vara användbara när man identifierar områden där säsongsbetonade aktiviteter som till exempel en uteservering planeras, där framförallt sommarmånaderna är intressanta.

5.1 Vindkomfort

Generellt sett, under hela året, är vindkomfortförhållandena bra för de flesta stationära aktiviteter samt för promenader, med endast ett par små områden identifierade där obekväma och/eller farliga förhållanden observeras. Figur 11 ger en översikt över vindkomforten över hela området och man kan se att vindkomforten generellt sett är bra för de flesta aktiviteter, även promenader. När en närmare översiktsbild studeras, som Figur 12, går det dock att identifiera områden där vindkomfortklimatet är obehagligt eller farligt.



Figur 11. Lawsons komfortkriterium som årsmedel över hela beräkningsdomänen.



Figur 12. Vindkomfort baserad på årlig vindstatistik.

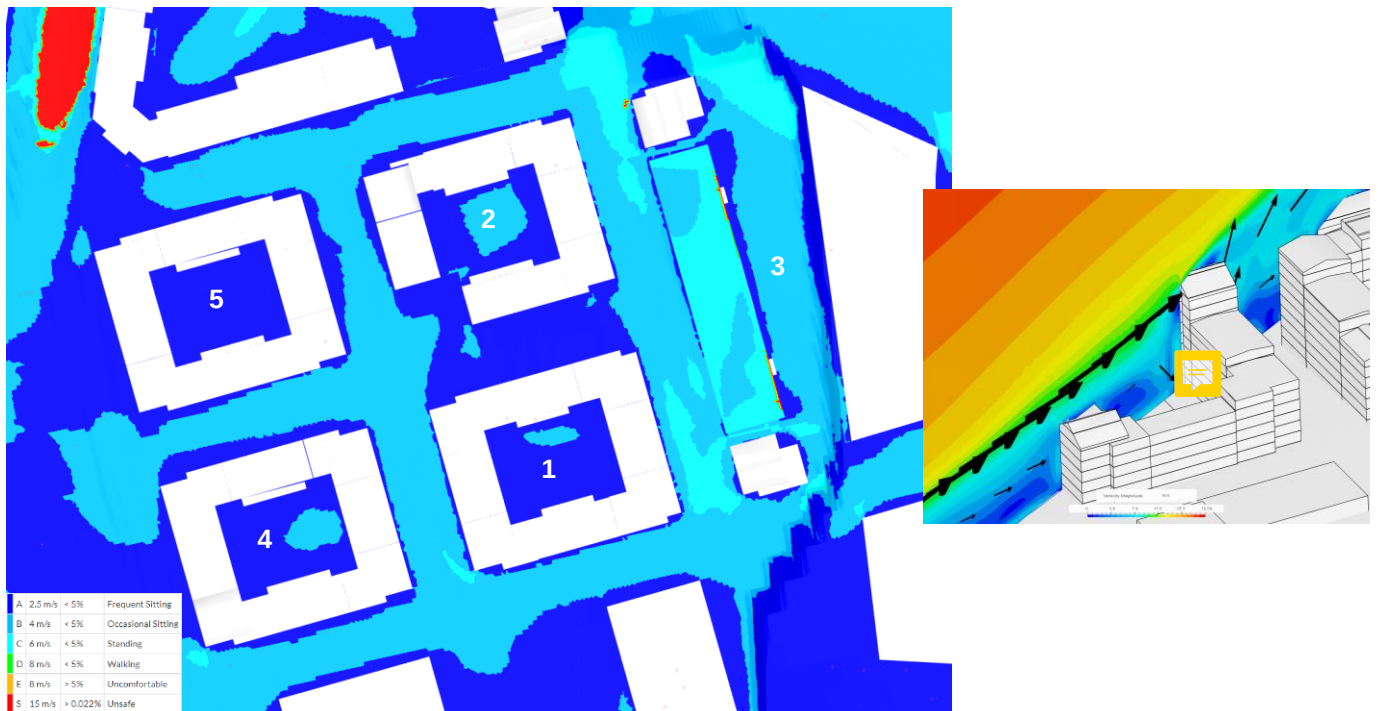
5.1.1 Särskilt intressanta områden

Alla intresseområden ska bedömas baserat på helårsvärden så att områden där åtgärder krävs kan identifieras.

5.1.1.1 Område 1

De generella vindkomfortförhållandena är goda för innergårdssområde 1, 2, 4, och 5. Nästan hela området har förutsättningar, enligt LDDC:s komfortkriterier, som gör det lämpligt för alla aktiviteter, även kortvarigt sittande. Dock finns det några platser där vindkomfortförhållandena kan anses vara farliga. Till exempel på takterrassen ovanför vårdboendet och förskolan bredvid innergård 3 samt det nordvästra hörnet av den höga byggnaden norr om vårdboendet. Därför rekommenderas några förbättringsåtgärder för området inom dessa områden som uppvisar dåliga vindkomfortförhållanden. Figur 13 visar vindkomfortförhållandena för innergårdarna och takterrassen.

På de helt slutna innergårdarna (innergård 1, 4 och 5), kan det ses att det generellt är gynnsamt för långvarigt sittande. Dock finns platser där vindkomfortförhållandena är något sämre och mer lämpas för kortvarigt sittande. Detta förklaras av en downwash-effekt där, till exempel i innergård 4, sydvästliga vindar blåser mot det nordöstliga tornet och sedan tvingas ner i innergården. Detta illustreras i Figur 13.

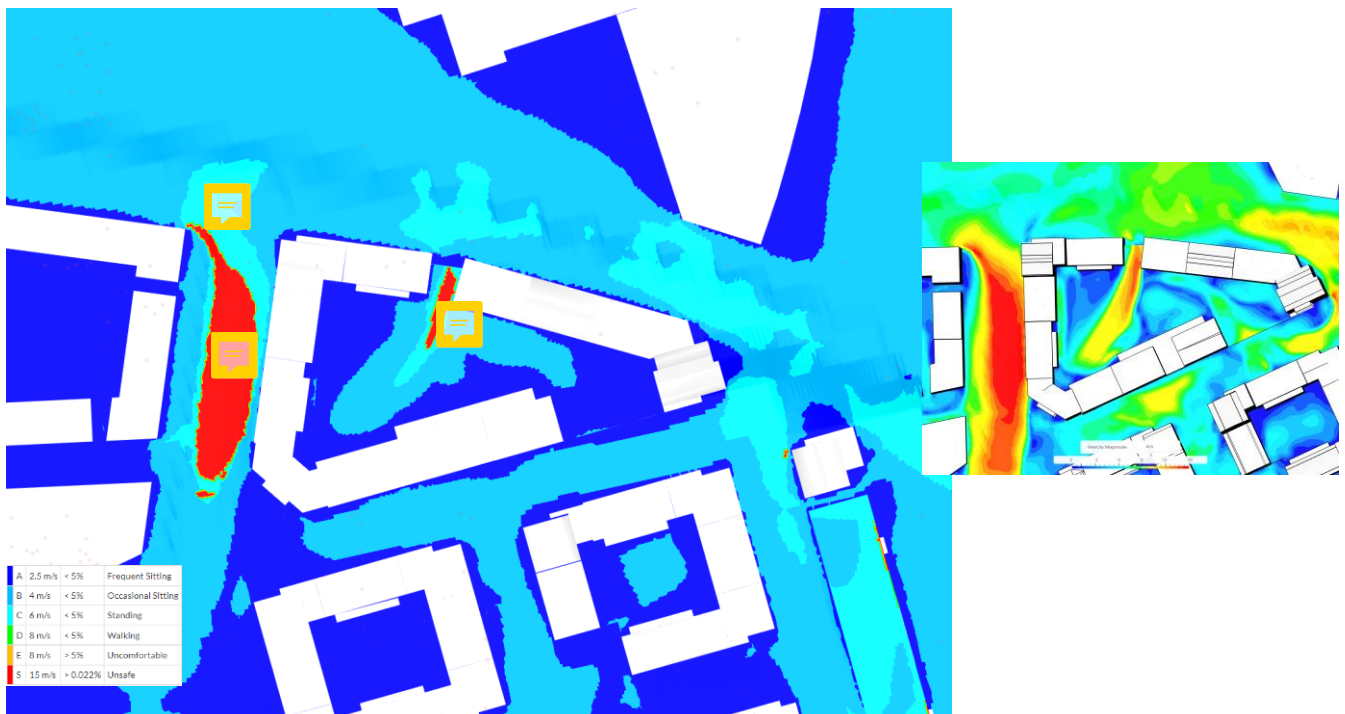


Figur 13. Årlig vindkomfort för område 1 och nordvästliga vindhastighetskonturer och riktningsektorer (höger).

5.1.1.2 Område 2

Den årliga vindkomforten i området är god med undantag för vissa farliga områden på gatan väster om byggnaden och i den norra passagen mot innergården. Dessa farliga vindkomfortförhållanden beror till stor del på nordliga vindar. Vid nordliga vindar rundar den inkommande luften hörn och genom kanaler mellan byggnader. Detta diskuteras ytterligare i avsnitt 5.2 där vindkonturer illustrerar effekten.

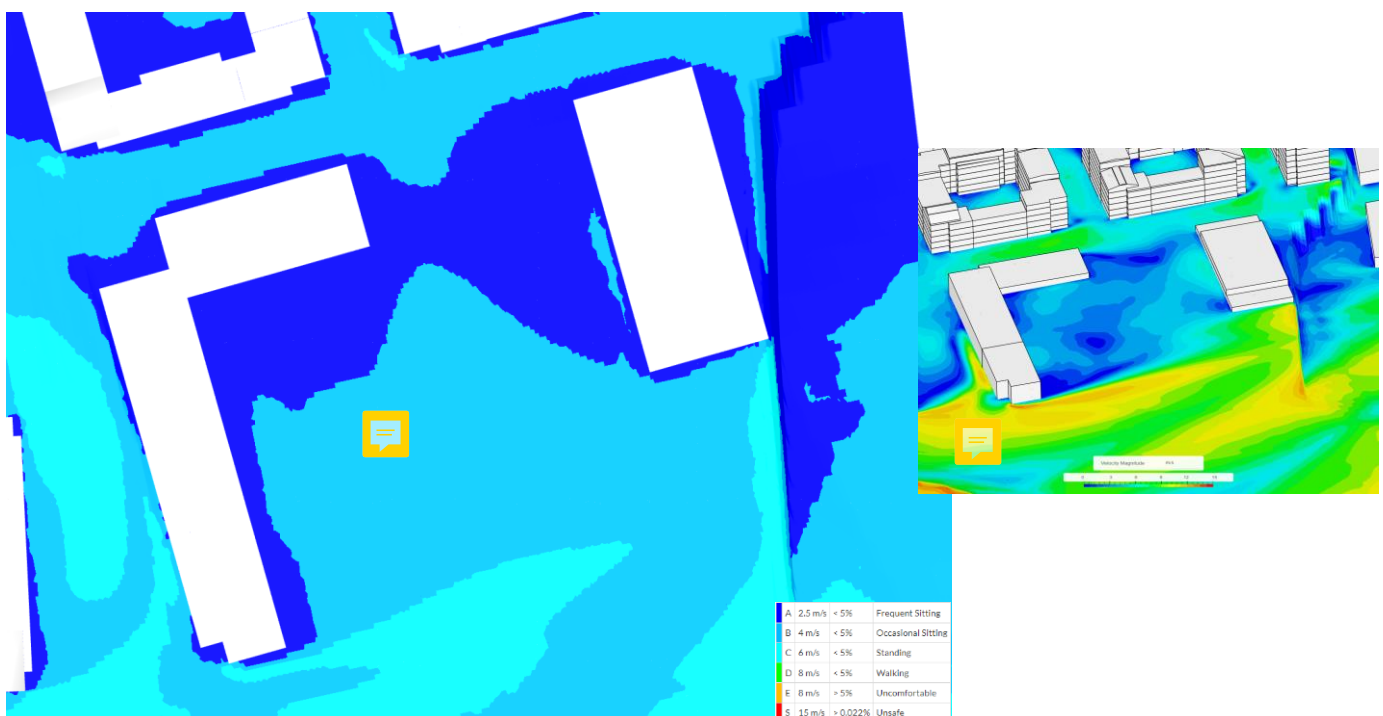
Resten av området är lämpligt för promenader och andra aktiviteter i rörelse men större delen av området är lämpligt även för stilla aktiviteter, till exempel sittande eller stående. Figur 14 visar den årliga vindkomforten för område 2.



Figur 14. Årlig vindkomfort för område 2 och vindhastigheter för nordliga vindar (höger).

5.1.1.3 Område 3

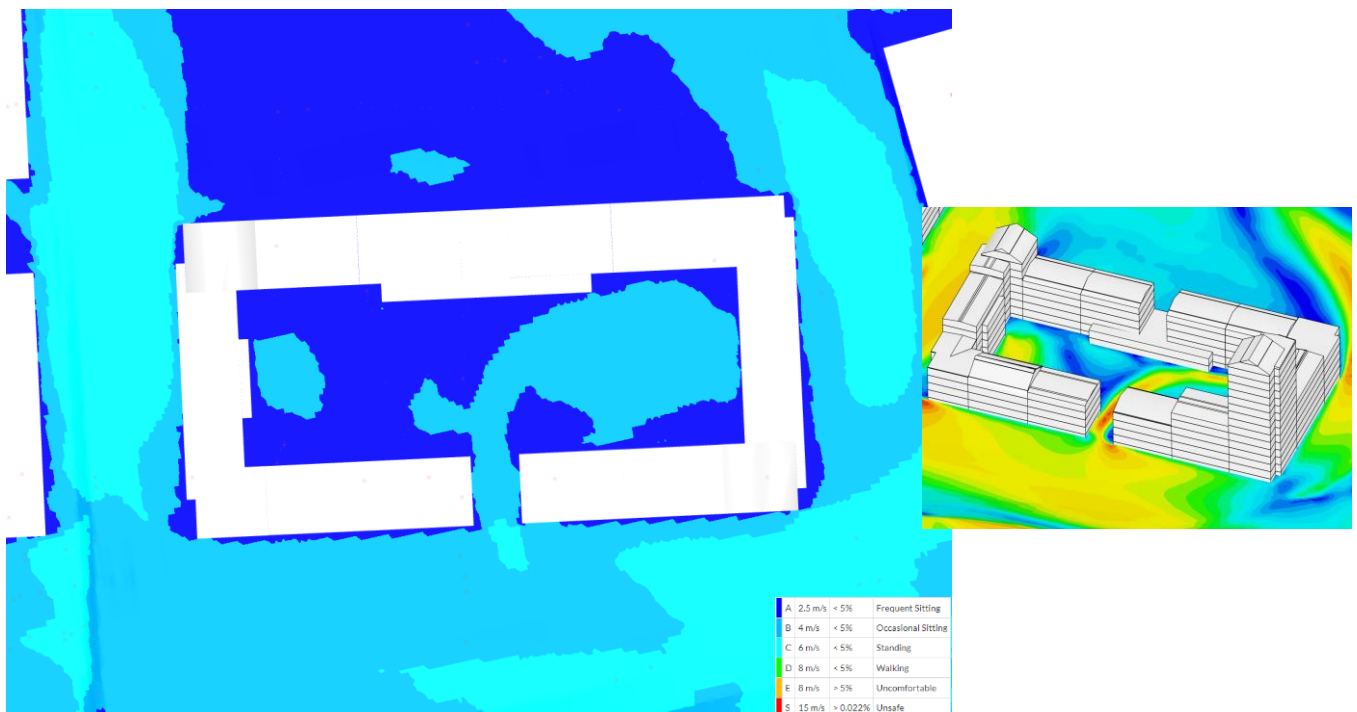
Skolan söder om Kungen kurvas utvecklingsområde och gatorna i anslutning till skolan har god årlig vindkomfort. Detta inkluderar aktiviteter som sittande och stående samt gående söder om skolan. Figur 15 visar den årliga vindkomforten för område 3. Den sämre vindkomforten i den sydvästra delen av området förklaras av de dominerande sydvästliga vindarna som accelererar runt det sydvästliga hörnet av skolan. Det ska dock påpekas att vindkomforten fortfarande är lämplig för stående aktiviteter.



Figur 15. Årlig vindkomfort för område 3 och vindhastighetskonturer för sydvästlig vind (höger).

5.1.1.4 Område 4

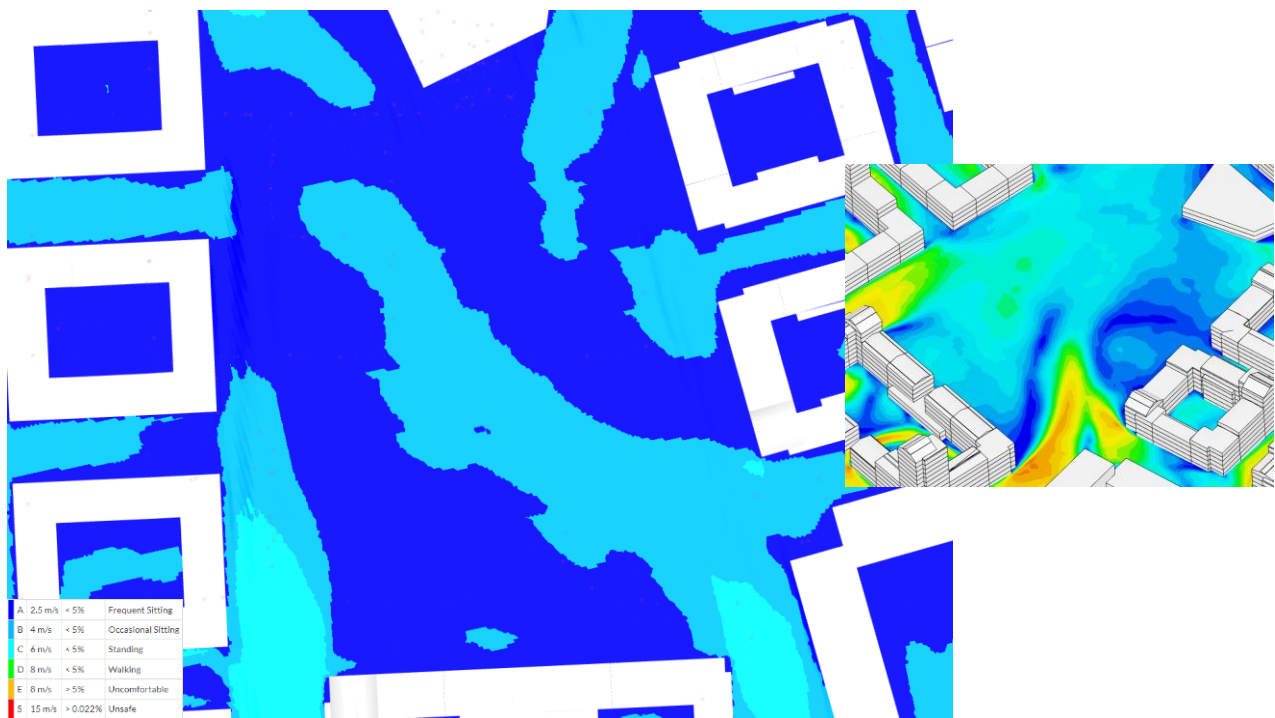
Området täcker innergård 1 och förskolan sydväst om Kungens kurvas utvecklingsområde samt de omgivande gatorna. I Figur 16 kan det ses att den årliga vindkomforten i området är mycket god och lämplig för alla stilla aktiviteter samt promenader. Vid sydostliga vindar kan man se acceleration genom passagen in mot området. Denna effekt ger dock ingen farlig vindkomfort utan passagen förblir lämpligt för gående.



Figur 16. Årlig vindkomfort för område 4 och hastighetskonturer för sydostliga vindar (höger).

5.1.1.5 Område 5

Det sista området omfattar parken på västsidan av Kungens kurvas utvecklingsområde. I Figur 17 syns att den årliga vindkomforten generellt är god för sittande och stående aktiviteter. Dessutom ska det påpekas att simuleringarna är gjorda utan träd och övrig vegetation, vilket innebär att vindarna i verkligheten bromsas av den växtlighet som finns i parken. Det är alltså sannolikt att vindkomforten kommer att vara bättre än vad resultaten visar. I figuren syns det också att sydostliga vindar ger upphov till områden med sämre vindkomfort, men där det fortfarande är lämpligt för stående och gående aktiviteter.



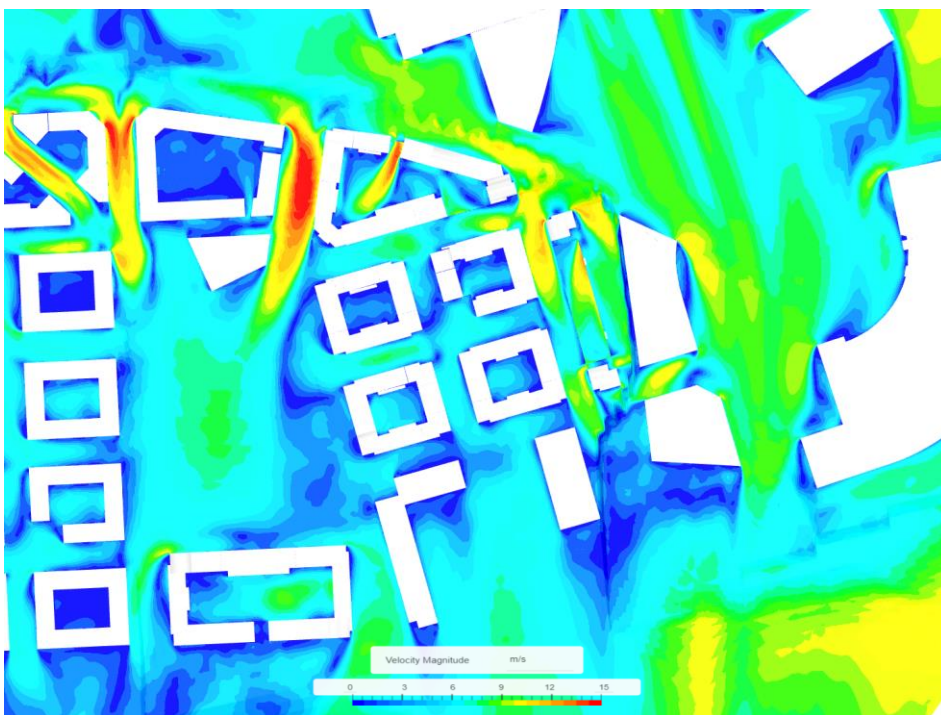
Figur 17. Årlig vindkomfort för område 5 och hastighetskonturer för sydostlig vind (höger)

5.2 Vindhastighet

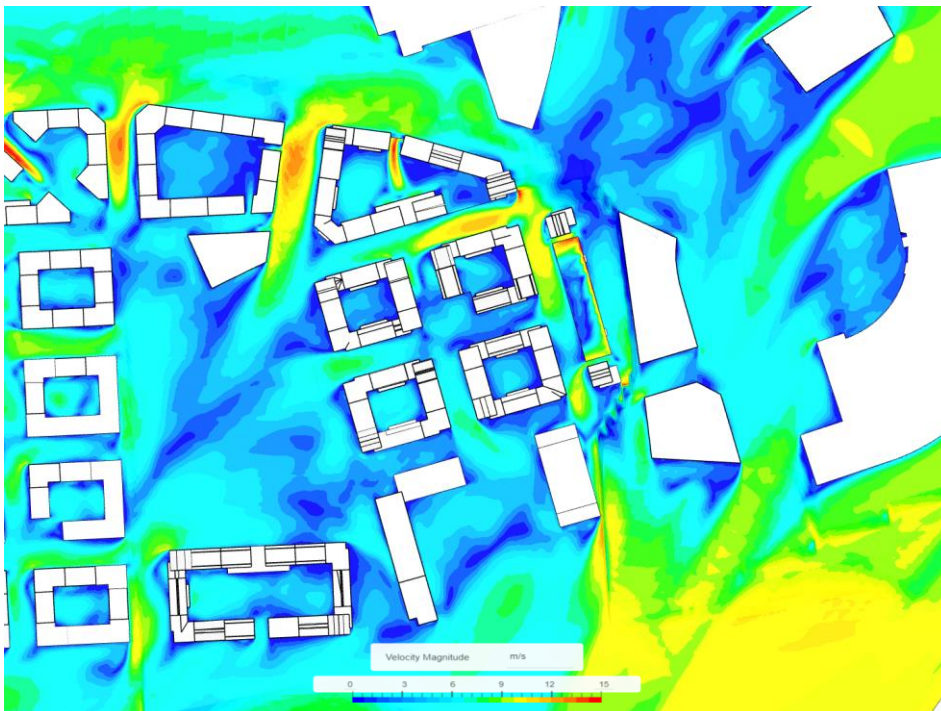
Att studera medelvindskonturer kan ge ytterligare insikt om vindeffekterna som beskrivs i kapitel 3.1 och hur de påverkar vindkomforten som presenterats i föregående avsnitt. I följande avsnitt presenteras och diskuteras medelvindskonturer på 1,5 m höjd för de åtta simulerade vindriktningarna med referenshastigheten 10 m/s, se Figur 18 till Figur 25. Figurerna visar vindens aerodynamiska interaktion med byggnaderna och terrängen och demonstrerar den accelererande effekt som byggnaderna kan ha på vindhastigheten. Notera att vindhastigheten i figurerna inte representerar medelvinden utan vindhastigheten på platsen baserat på referenshastigheten 10 m/s som

randvillkor i inloppet. Den faktiska vindhastigheten kommer att vara betydligt lägre om referenshastigheten skalas med platsens faktiska vindhastighet, presenterad i Figur 7. Figureerna i detta kapitel bör därför ses som ett hjälpmedel till att förstå aerodynamiska effekter som uppkommer runt byggnader och terräng snarare än att använda de absoluta vindhastigheterna för att bedöma vindkomforten. Ett exempel på detta är Figur 20 som visar ostliga vindar och stora områden med höga vindhastigheter. Enligt SMHI:s statistik, se Figur 7, uppkommer dock ostliga vindar relativt sällan och då med svag vindstyrka, vilket medför liten påverkan i den sammanvägda vindkomforten presenterad i föregående kapitel där vindfrekvens och vindhastighet har skalats för att bli representativ för området.

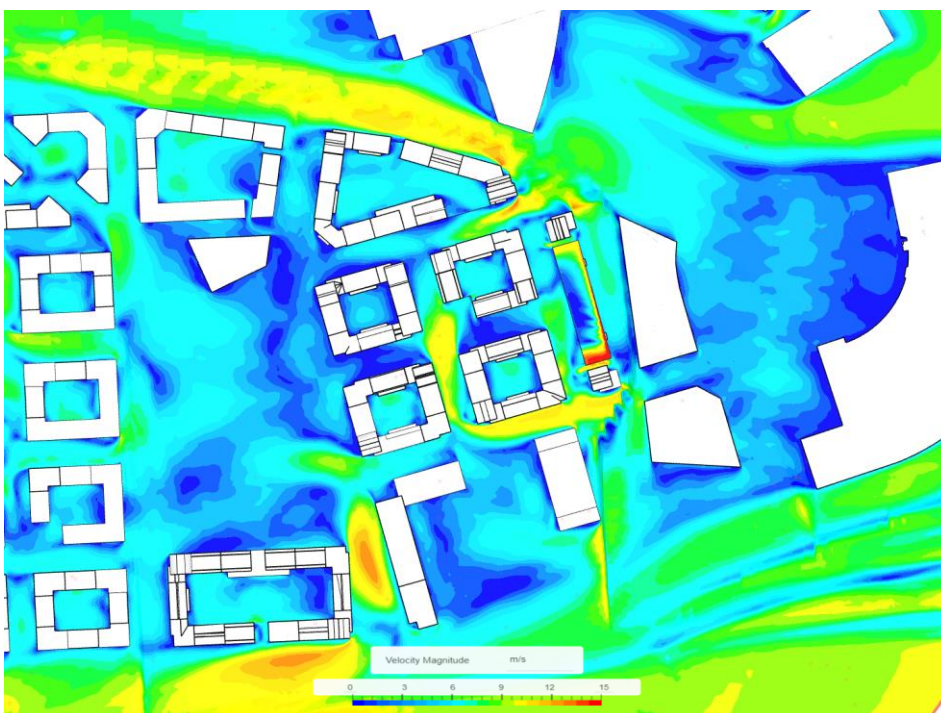
Område 2 har, som beskrivet i föregående avsnitt, ytor med obehagliga och farliga vindförhållanden i närheten av byggnaden. Det går att se att de nordliga, nordostliga och nordvästliga vindarna, presenterade i Figur 18 och Figur 25, är den dominerande orsaken till den försämrade vindkomforten på grund av en accelererande effekt av vindflödet vid byggnadens hörn och acceleration mellan byggnaderna på grund av Venturieffekten. Man kan också se att de sämre vindkomfortförhållandena på takterrassen i område 1 är på grund av höga vindhastigheter från nordliga och nordöstliga riktningar. Informationen hjälper till att förstå var och hur vindkomfortförbättrande åtgärder kan införas för att ge bästa effekt.



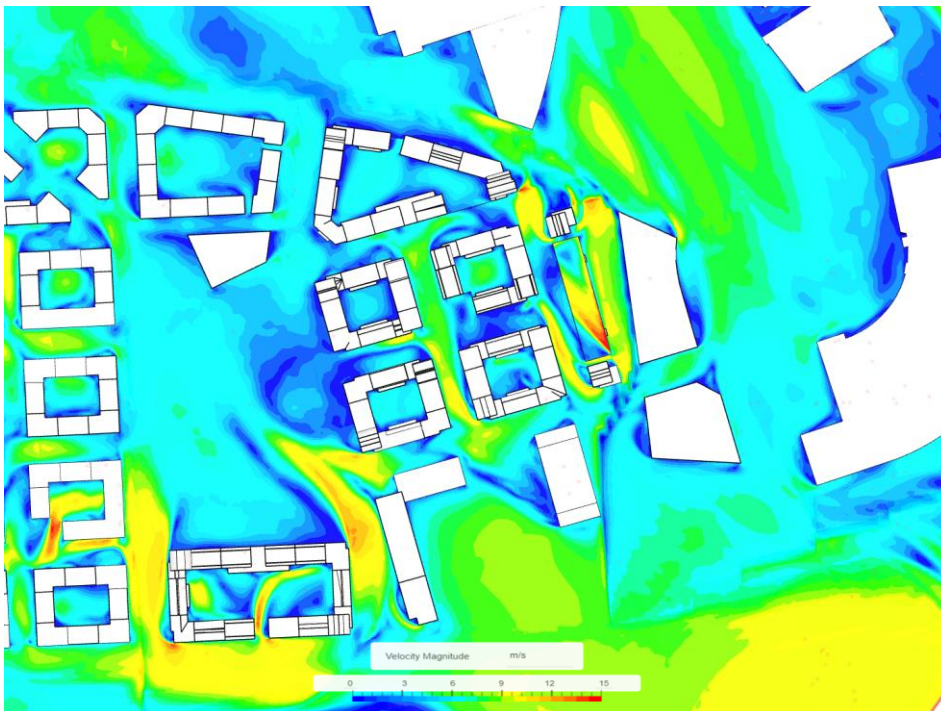
Figur 18. Årsmedel för nordliga vindar.



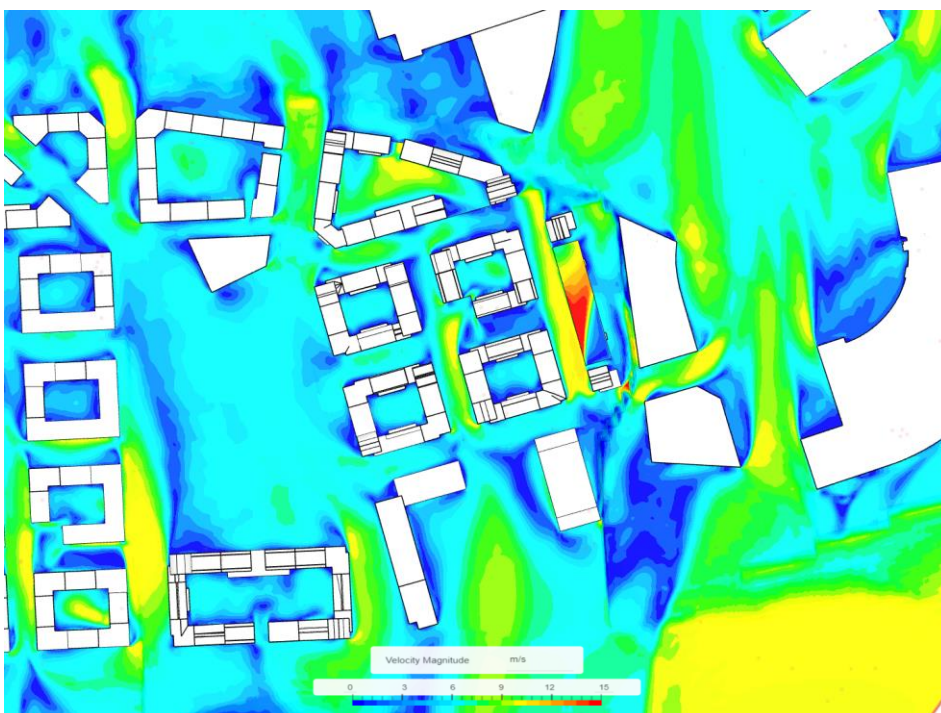
Figur 19. Årsmedel för nordostliga vindar.



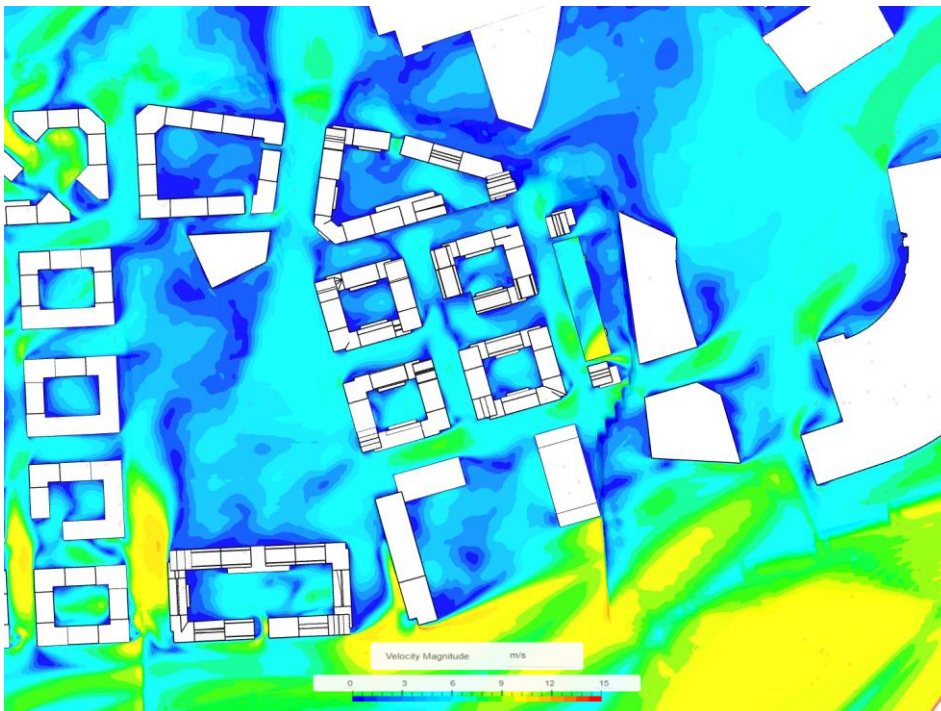
Figur 20. Årsmedel för östliga vindar.



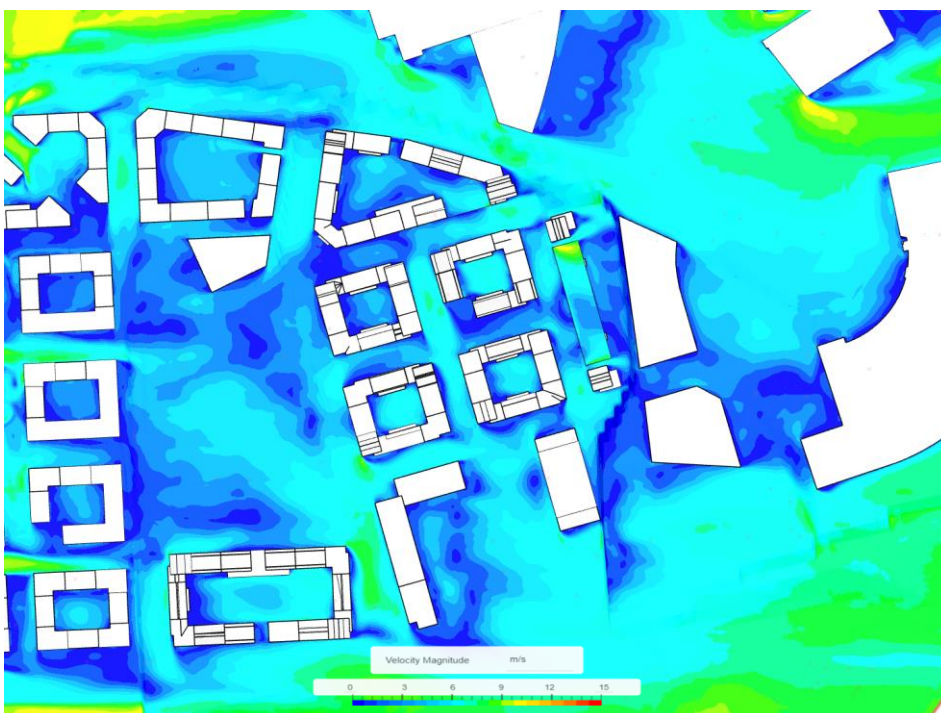
Figur 21. Årsmedel för sydostliga vindar.



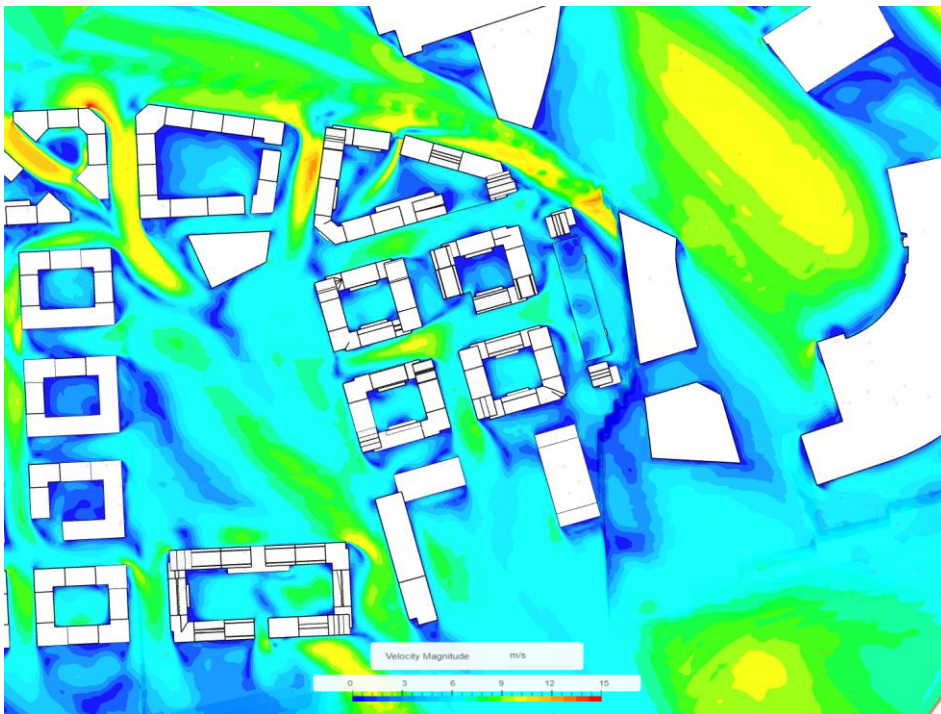
Figur 22. Årsmedel för sydliga vindar.



Figur 23. Årsmedel för sydvästliga vindar.



Figur 24. Årsmedel för västliga vindar.



Figur 25. Årsmedel för nordvästliga vindar.

6. Slutsatser och rekommendationer

Vindkomforten över området har simulerats med hjälp av Lattice Boltzmann-metoden (LBM) för åtta vindriktningar med vinddata baserad på SMHI:s väderstation Tullinge A. Generellt sett har området, enligt Lawson LDDC vindkomfortskriterier, god vindkomfort. Det finns dock vissa områden där förbättringsåtgärder rekommenderas för att förhindra obehagliga eller farliga vindförhållanden:

1. Område 1 – Ett litet område med obehagliga/farliga vindförhållanden har identifierats nära det nordvästliga hörnet av vårdboendet och på vårdboendets takterrass. För att förbättra förhållandena här föreslås det att plantera träd norr om byggnadens nordöstliga hörn och bygga vindskydd på takterrassen.
2. Område 2 – Ett stort område med obehagliga/farliga vindförhållanden har identifierats på gatan vid byggnaden och i passagen mot innergården. Det rekommenderas därför att träd/vegetation planteras i området för att förebygga detta. I annat fall krävs en större ändring av utformningen för att eliminera Venturieffekten i passagen. Dock rekommenderas trädplantering som ett mindre drastiskt sätt att förbättra vindkomforten här.
3. Område 3 – Inga förbättringsåtgärder krävs.
4. Område 4 – Inga förbättringsåtgärder krävs.
5. Område 5 – Inga förbättringsåtgärder krävs.

7. Referenser

- Blocken, B., & Carmeliet, J. (2003). Pedestrian Wind Environment around Buildings: Literature Review and Practical Examples. 28(2).
- Lawson, T., & Penwarden, A. (1975). The Effects of Wind on People in the Vicinity of Buildings. *Proceedings 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures*, 605-622.
- Li, B., Luo, Z., Sandberg, M., & Liu, J. (2015). Revisiting the 'Venturi effect' in passage ventilation between two non-parallel buildings. *Elsevier*.
- Nuberg, I., Brendan, G., & Rowan, R. (2009). *Agroforestry for natural resource management*. Collingwood: CSIRO publishing.
- Pancholy, P., Clemens, K., Geoghegan, P., Jermy, M., Moyers-Gonzalez, M., & Wilson, P. (2017). *Numerical Study of Flow and Pedestrian Level Wind Comfort Inside Uniform and Non-Uniform Street Canyons with Different Street Width Building Height Aspect Ratios*.
- Wight, B., & Straight, R. (2015). Windbreaks. i *Training Manual for Applied Agroforestry Practices 2015 Edition* (ss. 92-114). Columbia: University of Missouri.

