Masthuggskajen, Göteborg

Mikroklimatstudie

Del 1: Basstudie

Illustration: Kanozi Arkitekter

Ett uppdrag för Göteborgs Stad
Stadsbyggnadskontoret

December 2015

Hans Rosenlund
TeknDr, Arkitekt SAR/MSA
cec DESIGN

Innehåll

Bakgrund _____ 1

Introduktion 1
Metod 2
Klimat 2
Allmänna data 2
Vind 2
Komfort 4
Modell 5
Mark 5
Vegetation 6
Byggnader 6
Tillförlitlighet, osäkerheter och begränsningar 7

Analys _____ 8

Sommar 8
Dagtid, kl 14 8
Kvällstid, kl 20 11
En vacker dag… 12
Vinter 15

Rekommendationer _____ 19

Slutsatser _____ 21

Fortsättning 21

Läsanvisning

Bakgrunden behandlar planområdet, metoden, modellen och indata;
Analysen redovisar och förklarar de beräknade resultaten; och
Rekommendationerna föreslår lösningar i kritiska punkter och vidare detaljstudier.

CEC Design och Göteborgs Stad är båda partners i konsortiet *Klimatsäkrade Systemlösningar för Urbana Ytor.* Föreliggande studie är en integrerad del av dess forskningsprojekt.

Finansiär: VINNOVA

© CEC Design AB

Alltidhultsvägen 118
SE-29391 Olofström, Sweden

Tel +46 (0) 730 530909
mail@cecdesign.se
www.cecdesign.se

Bakgrund

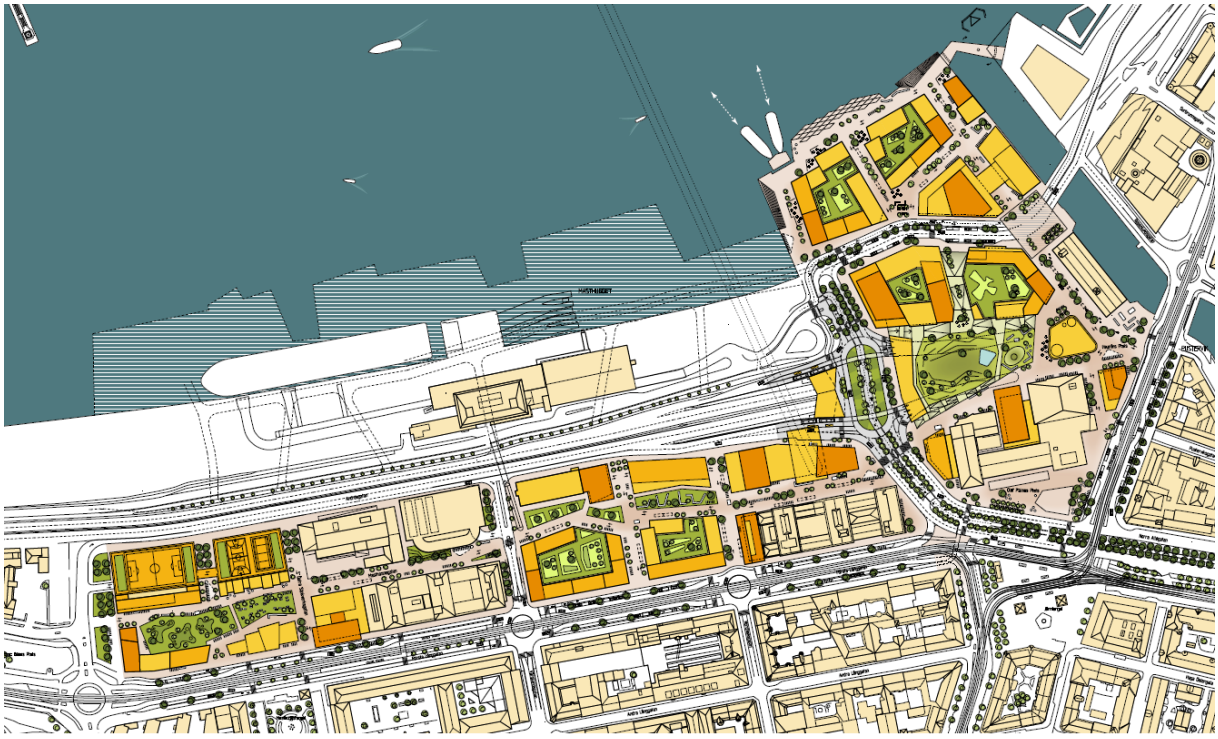
Introduktion[1]

Masthuggskajen, ett område på 18 ha mellan Skeppsbron och Masthuggstorget på Södra Älvstranden, ska få en stark egen karaktär med hög täthet och goda kopplingar till älven och omgivande stadsdelar.

Detaljplanen medger cirka 1 000 nya bostäder, 125 000 m^2 verksamheter och drygt 40 000 m^2 övrigt (t ex p-hus och förskolor). Det blir delvis hög bebyggelse samt flera mindre platser med god kvalité. Stråket från Linnégatan förlängs över Järntorget och vidare ner mot älven, där en ny halvö byggs ut. Här samlas även de högsta byggnaderna, upp till 27 våningar, runt en ny park ovanpå Götatunneln. I övrigt är bashöjden 6–7, med högpunkter på 13–18 våningar.

Masthuggskajen ska bli en stadsdel där cykel och gående prioriteras och det ska vara lätt att leva utan bil. All trafik till och från Oscarsleden/E45 leds via en ny cirkulation på Järnvågsgatan och i mitten av denna går en bred dubbelriktad cykelbana. Värmlandsgatan förlängs ned till Oscarsleden, medan befintlig trafikstruktur i övrigt ändras så lite som möjligt.

Kajkanten får en längre sträckning i och med den nya halvön. Här skapas ett stråk som kopplas samman med Skeppsbron norr om Rosenlundskanalen. Masthamnsgatan som löper längs kvarterets mittaxel blir ett stråk med låg intensitet och möjlighet för möten. En större park planeras norr om Folkets hus. I ett längre tidsperspektiv tänks färjeterminalen och Oscarsleden försvinna, varvid hamnområdet blir tillgängligt för expansion.



Figur 1: Liggande förslag till plan för området Järnvågsgatan m fl, Masthugget, Göteborg. (Illustration: Kanozi)

Det öppna läget längs älvstranden gör utemiljön extra känslig för vindar – särskilt längs öppna stråk, på större platser och kring höga byggnader. Med ambitionen att skapa en levande stadsdel för uteliv, gående och cyklister, finns ett behov av att undersöka mikroklimatet.

Göteborgs Stad har kontrakterat CEC Design AB att utföra följande studier:

- Simulering och utvärdering av mikroklimat och utomhuskomfort i *hela* området, sommar och vinter.
- Detaljstudier av delområden som i första steget identifieras som särskilt utsatta.

Studiens resultat och rekommendationer skall utgöra underlag för eventuella justeringar av detaljplanen inför slutgranskning och beslut.

[1] Källa: Samrådshandling, juni 2015. Göteborgs Stad.

Metod

En digital modell av hela Masthuggskaj-området och närmast omgivande bebyggelse har byggts upp i simuleringsprogrammet *ENVI-met* [2]. I denna första, övergripande studie har all vegetation uteslutits för att minska beräkningstiderna, trots att mjukvaran kan hantera sådan.

En faktor som också begränsar modellstorlek och rimliga simuleringstider är upplösningen i modellen. Den övergripande simuleringen av hela området har ett rutnät på 4×4 m^2 i plan och 3 m i höjd närmast marken.

Efter identifiering av problempunkter i denna övergripande modell, kommer detaljstudier i nästa steg att göras med ett finmaskigare nät som möjliggör en tydligare bild av lokala variationer i några kritiska punkter. Då inkluderas också grönytor, träd och övrig vegetation.

Klimat

Simuleringar körs för ett sommar- och ett vinterfall. Klimatdata för dessa har genererats ur statistiska värden från ett flertal källor, se respektive fotnoter.

Allmänna data

Ingångsvärden för lufttemperatur, relativ fuktighet och molnighet har hämtats från Tabell 1.

Tabell 1: Klimatdata för Göteborg. Källa: METEONORM[3]. De valda vinter- och sommarfallen är markerade.

	Medel-temp	Relativ fuktighet	Solstrålning Global	Direkt	Diffus	Molnighet	Vindhastighet
Månad	*t [C]*	*RH [%]*	*Gh [W/m2]*	*Bn [W/m2]*	*Dh [W/m2]*	*N [octas]*	*v [m/s]*
Jan	0.0	91	16	29	11	6	4.2
Feb	0.1	88	37	44	26	7	4.6
Mar	1.5	80	69	59	46	7	3.9
Apr	6.3	75	147	144	79	5	3.6
Maj	10.7	75	201	179	103	5	3.7
Jun	14.1	78	224	209	105	5	3.8
Jul	16.5	79	226	204	112	5	3.4
Aug	16.8	79	162	130	95	6	3.2
Sep	12.9	82	106	106	63	6	3.6
Okt	8.1	86	52	61	32	6	4.0
Nov	3.9	90	24	40	16	6	3.9
Dec	0.4	92	11	22	8	6	3.9
År	7.6	83	106	102	58	6	3.8

Vind

Vinddata, som är svårt att hitta i publika källor, har förvärvats direkt från SMHI[4]. Mätstationen ligger centralt i Göteborg och nära planområdet. Vindrosorna i Figur 2 visar, att vindar kring väst/sydväst är förhärskande under hela året, men även nordostvind förekommer under vintern. Vindstyrkorna överstiger sällan 10 m/s men vintern är något blåsigare än sommaren. Vindar över 5,5 m/s förekommer endast under 5% av året, se Figur 3, men är avgörande ur komfortsynpunkt. Framtida prognoser (Figur 4) visar på stärkt frekvens av vindar från VSV.

Simuleringarna körs för tre perioder med följande ingångsdata:

- Vintern (januari): t=0,0°C; RH= 91%; N=6 octas; v=5,5 m/s NO (något blåsigt)
- Sommaren (juli): t=16,5°C; RH= 79%; N=5 octas; v=5,5 m/s VSV (något blåsigt)
- Varm sommarvecka (juli): t=22°C; RH= 65%; N=0 octas; v=0,5 m/s VSV (klart, lugnt)

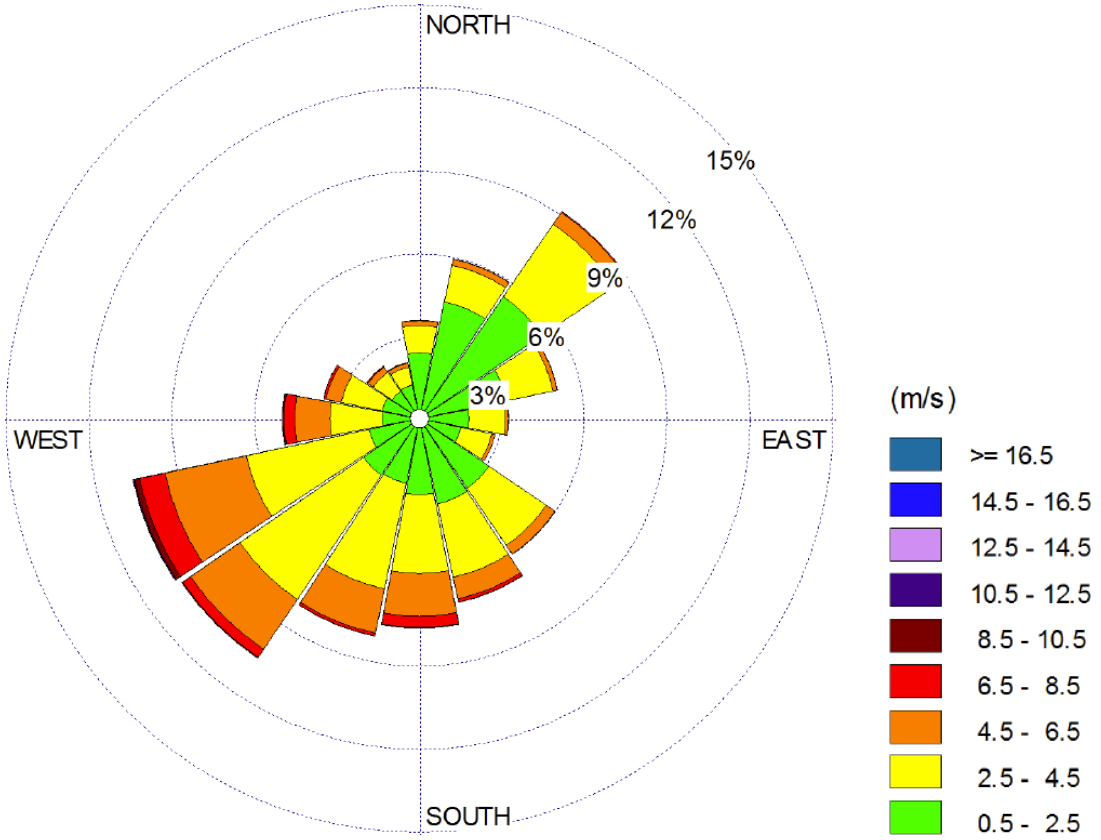
---

[2] *ENVI-met V3.1* är en CFD-baserad meteorologisk modell som inkluderar byggnader, markförhållanden, växtlighet, luftföroreningar mm. Programmet beräknar flera faktorer, bl a vindförhållanden, temperatur, strålning, fuktighet, evaporation, komfort mm. (www.envi-met.com).

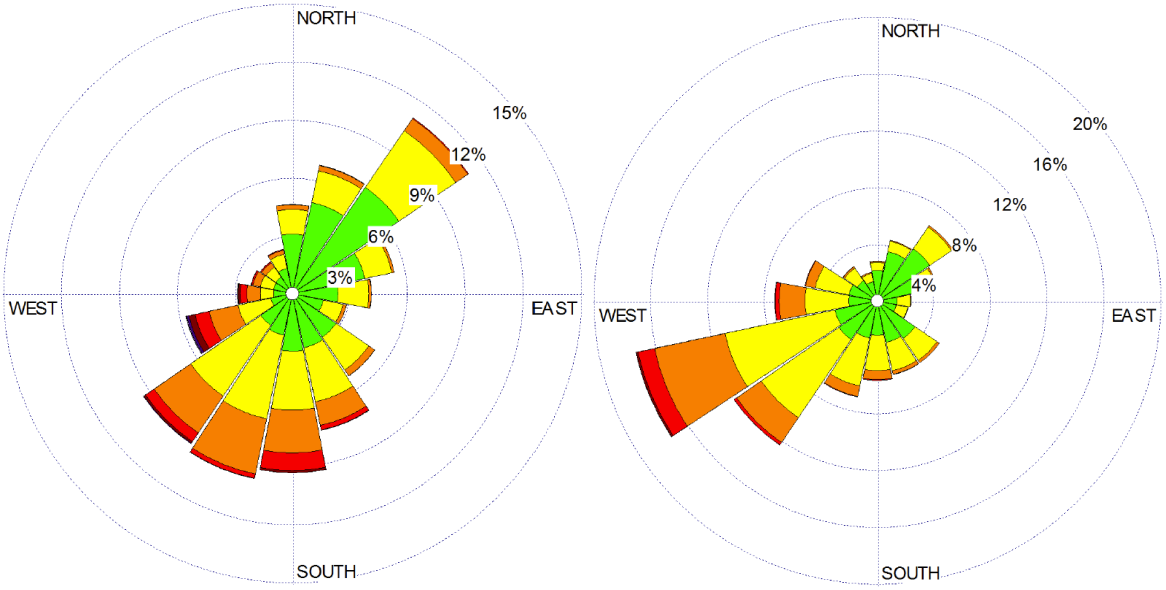
[3] Mjukvara för klimatdata med global databas (www.meteonorm.com).

[4] SMHI mätstation Göteborg A, Centralenområdets östra del vid E6, ca 3 km ONO planområdet (57,72°N; 11,99°E).

Man måste också beakta att vinden ofta är byig och höga vindstyrkor kan momentant uppträda vid väsentligt lägre medelvind. Särskilt kring högre byggnader kan turbulens uppträda, och det s k TKE-värdet (turbulent kinetisk energi) redovisas också i resultaten. Värdena ska utvärderas i kombination med den genomsnittliga vindhastigheten, och är därför svårbedömda. Ur komfort- och säkerhetssynpunkt eftersträvas så låga värden som möjligt.

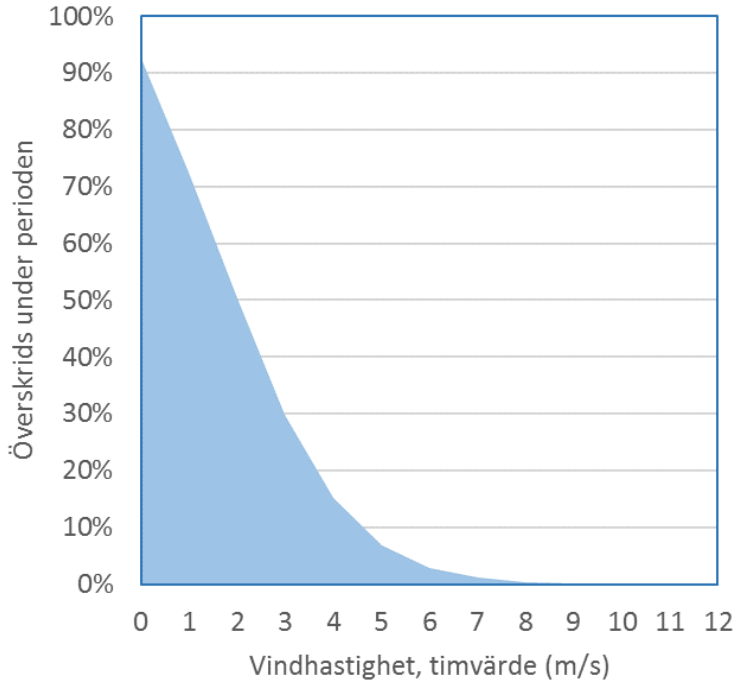


Ovan: Helår; Medelvindhastighet 2,6 m/s, lugnt 8%.
Nedan:
T v vinterkvartal; Medelvind 2,7 m/s, lugnt 9%. **T h** sommarkvartal; Medelvind 2,6 m/s 7%

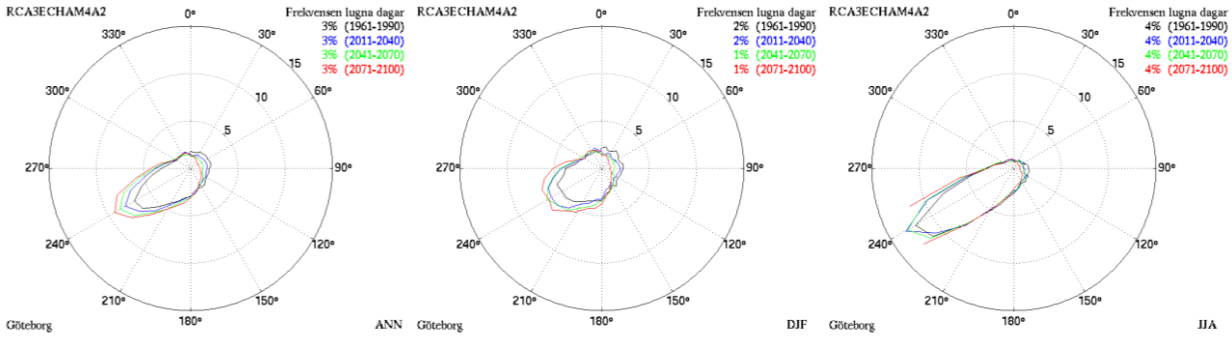


Figur 2: Vindrosor för Göteborg; helår, samt vinter- (dec–jan) och sommarkvartal (juni–aug). Källa: SMHI[5]

[5] SMHI 2015/22/8.1. Data 10-minuters medelvind på 10 meters höjd över mark åren 2000–2014, Göteborg A.



Figur 3: Fördelning av vindhastigheter för Göteborg, genomsnittliga timvärden (ej byvind)[6]. Vindar över 5 m/s förekommer ca 6% av tiden och 7 m/s bara 1%. Lugnt väder är det 8% av tiden. (Sammanställt ur SMHI data 2000–2014)



Figur 4: Vindros för Göteborgsregionen, framtida klimatscenario A2 fram till år 2100; T v helår, därefter vinter och sommar. (Källa: SMHI[7])

Komfort

Termisk komfort påverkas, förutom av lufttemperaturen, också av kort- och långvågig strålning, vindhastighet och luftfuktighet, samt av individuella faktorer som klädsel och aktivitetsgrad. Psykosociala faktorer (t ex adaption, förväntningar, ålder, kön och sjukdomar) påverkar också komforten, men i liten eller svårbedömd grad, och bedöms inte här. Det gäller också effekten av förändringar i den termiska omgivningen, som är särskilt vanliga i utomhusmiljö, där man ofta rör sig men samtidigt har större möjlighet att anpassa sin vistelse och sitt rörelsemönster.

Det finns ett flertal index för att beskriva komfortnivåer. I denna studie används PPD (Percentage of Persons Dissatisfied), dvs ett slags ”missnöjesindex”. Diskomfort kan alltså uppstå av en eller flera av de ingående faktorerna, vilka man måste studera för att utreda orsaken. Eftersom komfortupplevelsen är individuell kan man aldrig tillfredsställa alla individer samtidigt, utan man får alltid nöja sig med att några inte känner full komfort. Normalt räknar man med att;

- PPD <20% motsvarar *god* komfort
- PPD <30% motsvarar *acceptabel* komfort

6 SMHI: Öppna data, Meteorologiska observationer. Göteborg A.
7 SMHI: http://www.smhi.se/sgn0106/leveranser/Vindrosor/index.php?station=Goteborg

I simuleringarna utvärderar vi komforten för en person under sakta promenad (1,2 m/s), klädd i för årstiden normala kläder, ungefär motsvarande:

- Sommar: Byxor, långärmad skjorta, lätt kavaj/jacka (0,9 clo) .
- Vinter: Ovanstående, plus tröja, rock/kappa, mössa/vantar (1,8 clo);

Förutom den totala termiska komforten finns det särskilda aspekter på vindförhållanden i olika situationer. Dels som komfortkriterier, dels vad gäller besvär som uppstår vid starka vindar; svårigheter att gå och hålla balansen, särskilt vid halka, samt säkerhet vid cykelfärder. Huvudsakligen bedömer vi vindkomforten enligt Lawsons kriterier i Tabell 2 . Därutöver ger Tabell 3 och Tabell 4 några indikationer på gränsvärden för obehag och fara.

Tabell 2: Lawsons komfortkriterier för vind[8].

Klass	Vistelsemiljö	Medelvind	Gränsvärde	
			Vindhastighet	Max tid av året
5	Ytor för stillasittande, t ex uteplatser, lekplatser	0–2 m/s	5,6 m/s	1%
6–7	Ytor för stående och entréer	2–6 m/s	5,6 m/s	6%
8	Gående i sakta mak	6–8 m/s	8,2 m/s	4%
9	Raskt gående	8–10 m/s	11 m/s	2%
10	Vägar och parkeringsplatser	10–12 m/s	11 m/s	6%

Tabell 3: Önskvärda komfortklasser för vind[9].

Vistelsemiljö	Gränsvärde	Tid av året
Farligt	> 25 m/s	> 0,01%
Okomfortabelt, oacceptabelt för gående	> 8,3 m/s	> 20%
Gående, t ex trottoarer och gångvägar	< 8,3 m/s	> 80%
Ytor för stående, t ex entréer, lekplatser	< 6,1 m/s	> 80%
Ytor för stillasittande, t ex uteplatser, caféer	< 3,9 m/s	> 70%

Tabell 4: Komfortkriterier, årsmedian av den upplevda vinden som ej bör överskridas[10].

Vistelsemiljö	Kriterium	Gränsvärde
Ytor för längre uppehåll/stillasittande, t ex uteplatser, lekplatser	Önskvärda förhållanden	1,5 m/s
Ytor för kortare uppehåll, t ex torg, busshållplatser	Acceptabla förhållanden	3 m/s
Gång- och cykelvägar	Risk för personskador	5 m/s

Modell

Den övergripande datormodellen omfattar hela planområdet, se Figur 5. Buffertzoner, inklusive omgivande bebyggelse längs Första Långgatan och vid yttre Rosenlundskanalen, har tagits med i en omfattning som stabiliserar modellen tillräckligt för att realistiska vindförhållanden ska uppstå i planområdet. I modellens yttre områden kvarstår ändå några randeffekter som är osäkra och bör bortses ifrån.

Mark

Stora delar av området täcks idag av sliten asfalt, gångbanor och trottoarer av gatsten och betong. I den initiala datormodellen har all markyta definierats som mellangrå betong, vilket är någorlunda överensstämmande med den genomsnittliga beläggningen i verkligheten.

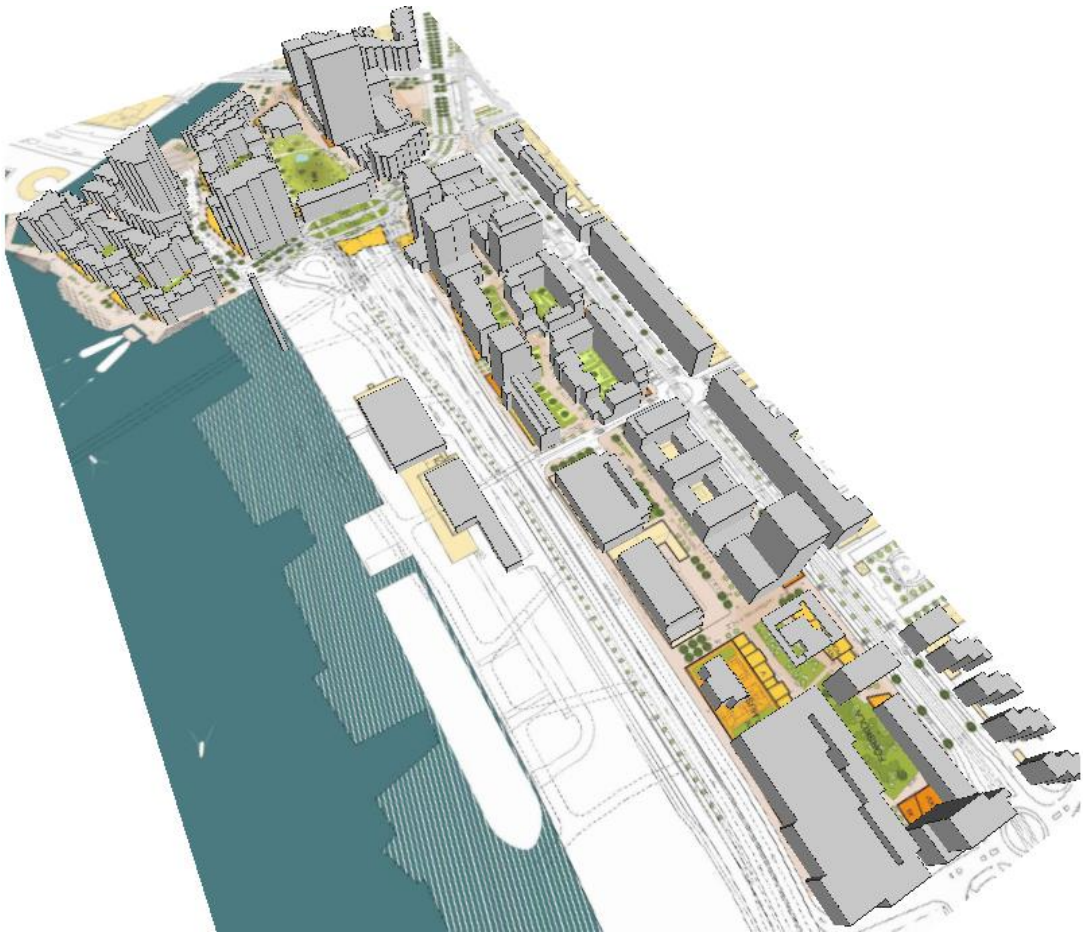
Simuleringsprogrammet kan i denna version inte hantera topografi, därför är hela området en platt yta – även vattnet är i samma nivå. I denna övergripande skala har detta liten betydelse.

Göta älv och Rosenlundskanalen definieras som djupt, stillastående vatten. Programmet kan inte simulera strömmande vatten, men energiutbyte sker med botten och luft.

8 Janssen, W.D.; Blocken, B.J.E.; van Hooff, T.A.J.: Pedestrian wind comfort around buildings: comparison of wind comfort criteria based on whole-flow field data for a complex case study. *Building and Environment 59* (2013)

9 Janssen, W.D.; Blocken, B.J.E.; van Hooff, T.A.J.: Pedestrian wind comfort around buildings: comparison of wind comfort criteria based on whole-flow field data for a complex case study. *Building and Environment 59* (2013)

10 Glaumann & Westerberg, 1988: *Vind*



Figur 5: Datormodell av hela området, fågelperspektiv från nordväst. Illustrationsplanen är inlagd i botten.

Vegetation

Ingen vegetation ingår i den övergripande simuleringsmodellen. Verklighetens vegetation är mycket sparsam inom området. Vid utvärdering av simuleringsresultaten kan lämpliga områden för vegetation identifieras. Då tillkommer effekter av skugga, evaporativ kylning och vindskydd.

Byggnader

Byggnationen har en betongliknande yta (70% absorptivitet), och värmetransmission sker genom ytterväggar och tak.

Figur 6: Första Långgatan i områdets södra gräns. Asfalt och marksten dominerar som beläggning, medan inslaget av grönska är mycket begränsat. Foto: CEC Design.

Tillförlitlighet, osäkerheter och begränsningar

ENVI-met är ett avancerat simuleringsprogram som använts och validerats i många vetenskapliga studier av urbant mikroklimat. Mjukvarans centrala processer baseras på s k CFD-teknik (”virtuell vindtunnel”), där itererande termodynamiska flödesberäkningar kan divergera och således resultera i instabilitet. I den övergripande modellen av Masthuggsområdet är antalet beräkningspunkter 908 570, och simulering av ett dygn tar i anspråk ca 4 dygns beräkningstid på en kraftig arbetsstation. Även om många processer är integrerade (se Figur 7), är säkerheten i modellen ändå måttlig till god, så länge beräkningarna konvergerar mot en lösning – vilket de gjort i alla här redovisade fall.

En förutsättning för tillförlitliga resultat är också tillförlitliga indata, särskilt vad gäller klimatet. Dessa har redovisats ovan med hänvisning till väl etablerade källor.

Då *ENVI-met* till stora delar är en ”black box”, måste resultatens rimlighet också bedömas fackmannamässigt, samt kommenteras i de fall osäkerhet föreligger. Detta redovisas i denna rapport. Under arbetets gång har t ex information inhämtats från programtillverkaren, att systemet inte hanterar de detaljerade termiska processerna kring frysning. Detta har påverkat vinterfallet, då resultaten visat relativ fuktighet över 100% i vissa fall. Därför redovisas RH inte för vintern. Då detta sannolikt även påverkar komforten till viss del, kan beräkningsmissen även bidra till en viss överskattning av PPD-nivån, vilket påpekas.

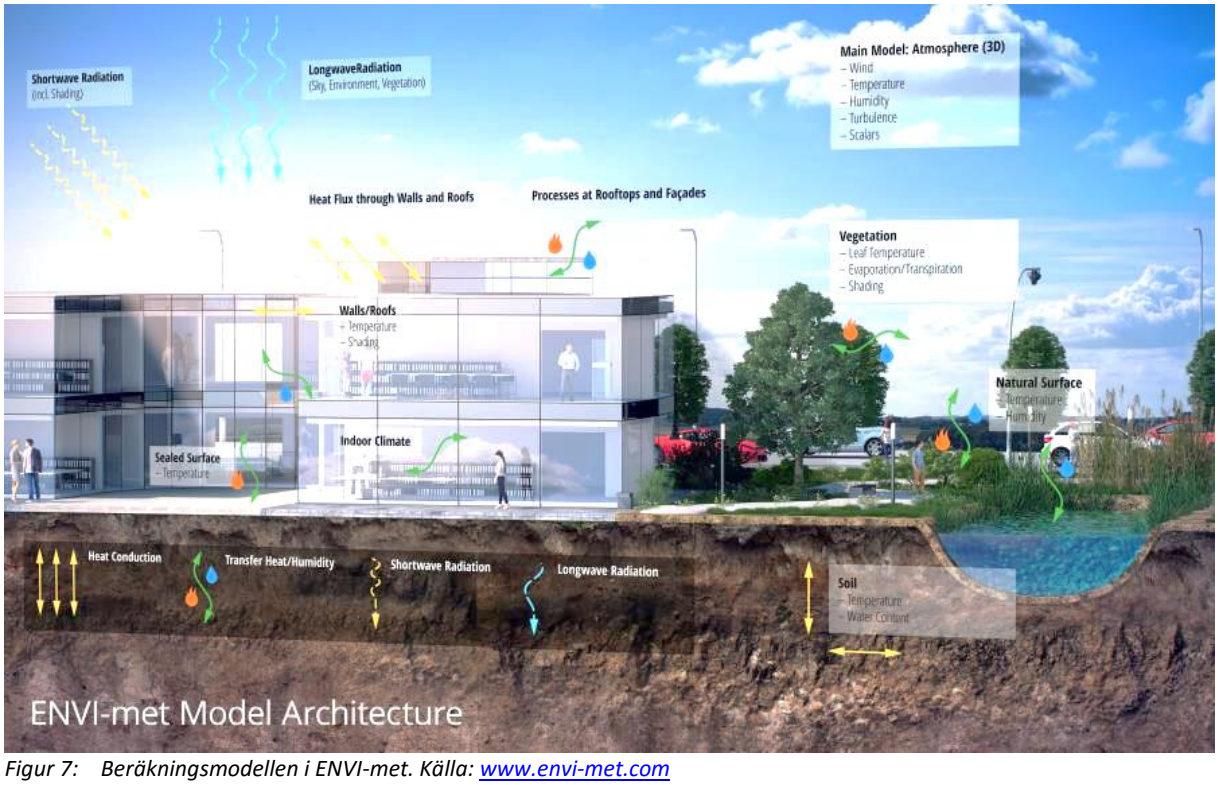
I verkligheten uppstår långt flera situationer än vad vi här antar. T ex varierar vinden momentant både till styrka och riktning. Variationer i temperatur och molnighet utanför statistiska genomsnitt är vanliga – liksom nederbörd, vilket inte kan simuleras.

Man måste också beakta den grovmaskiga upplösningens begränsningar. Då varje beräkningscell är 4×4×3 m^3 är det självklart, att detaljerade luftflöden kring entréer, indragna gatuhörn, balkonger och liknande inte kan utvärderas i denna skala. Det vi kan utläsa, är de övergripande luftflödena i olika delar av gaturum, på platser och kring byggnader.

Även om modellen omfattar luftrummet upp till 200 m höjd, har vi fokuserat på *vistelsezonen* närmast marken (z = 1,5 m), dock har turbulensen kring höga byggnader i ett par fall redovisats tredimensionellt.

Utöver redovisning av strålningstemperaturen görs ingen särskild solstudie, då en sådan ingick redan i samrådsunderlaget.

Studien omfattar ingen statistisk behandling av data, och därmed är ingen motsvarande relevansbedömning aktuell.



Figur 7: Beräkningsmodellen i ENVI-met. Källa: www.envi-met.com

Analys

I detta avsnitt redovisas och förklaras övergripande klimatpåverkan och komfortnivåer i vistelsezonen 1,5 m över marken, både för sommaren och för vintern. I första hand studeras situationen dagtid kl 14, då temperaturen normalt når maximum. För sommarperioden tittar vi också på förhållandena kvällstid kl 20, då många vistas ute. Dessutom ett extra varmt, klart och vindstilla dygn.

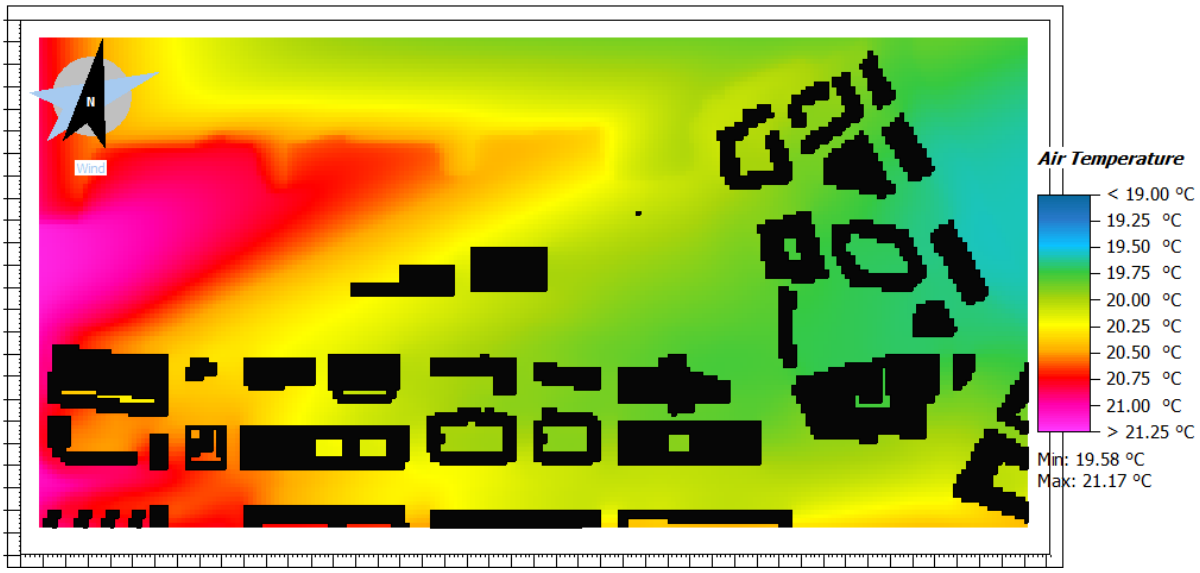
Både sommar och vinter har vi satt vindhastigheten till 5,5 m/s, vilken bara överskrids under ca 5% av tiden enligt Figur 3. Med hjälp av Tabell 2 kan vi då uppskatta vindkomforten.

Sommar

Sommarfallet har vi förlagt till mitten av månaden juli, som har marginellt lägre medeltemperatur än augusti men starkare solstrålning och mindre molnighet (5/8), se klimatdata i Tabell 1. Förhärskande vind är från västsydväst enligt Figur 2, något stark (5,5 m/s).

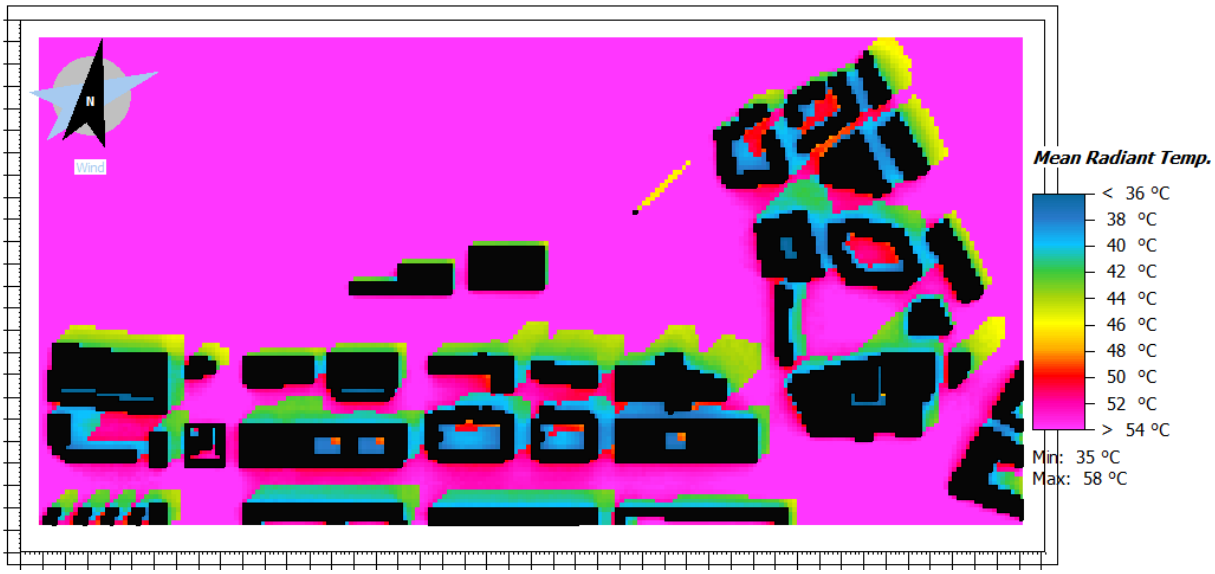
Dagtid, kl 14

Högsta dagstemperatur uppträder normalt i början av eftermiddagen. Vi ser i Figur 8 att lufttemperaturen varierar mycket lite; mellan 20–21 °C. Den något kallare marken som också ligger i skugga, gör att luften svalnar något på sin väg mot ostnordost. Vi ser också avtryck av kajkanten och älvens svalkande vatten (dock med modellens störande randeffekter i nordväst).

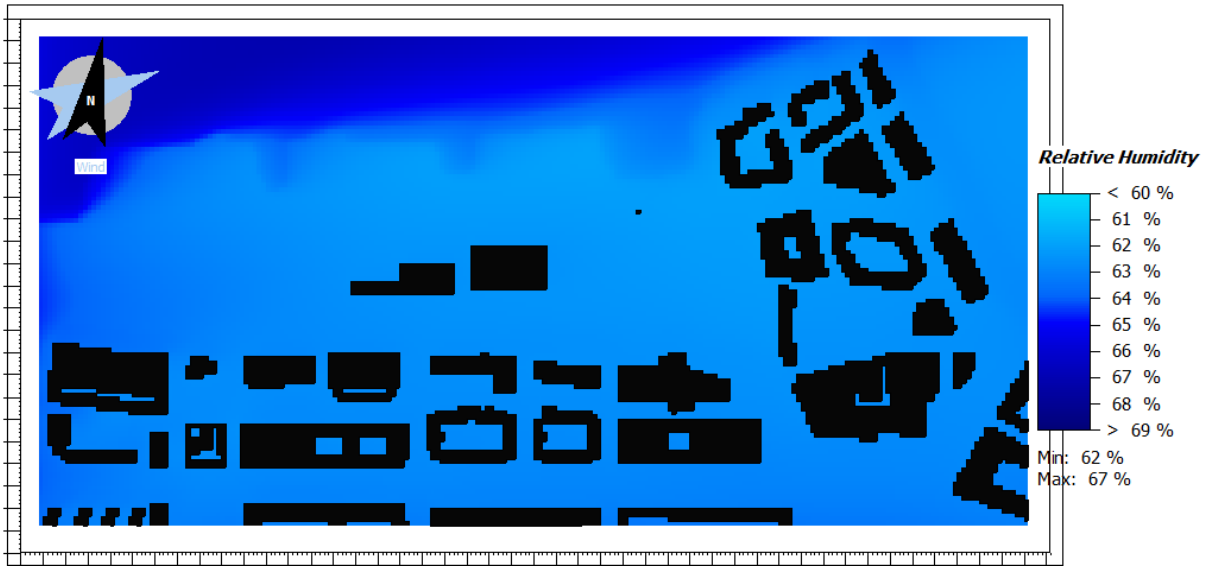


Figur 8: Lufttemperatur 1,5 m över mark kl 14 i juli.

När vi studerar den lång- och kortvågiga strålningen (MRT, Mean Radiant Temperature) i Figur 9, ser vi hur skuggan av byggnaderna sänker MRT-värdet avsevärt.



Figur 9: Strålningstemperatur (MRT) 1,5 m över mark kl 14 i juli.



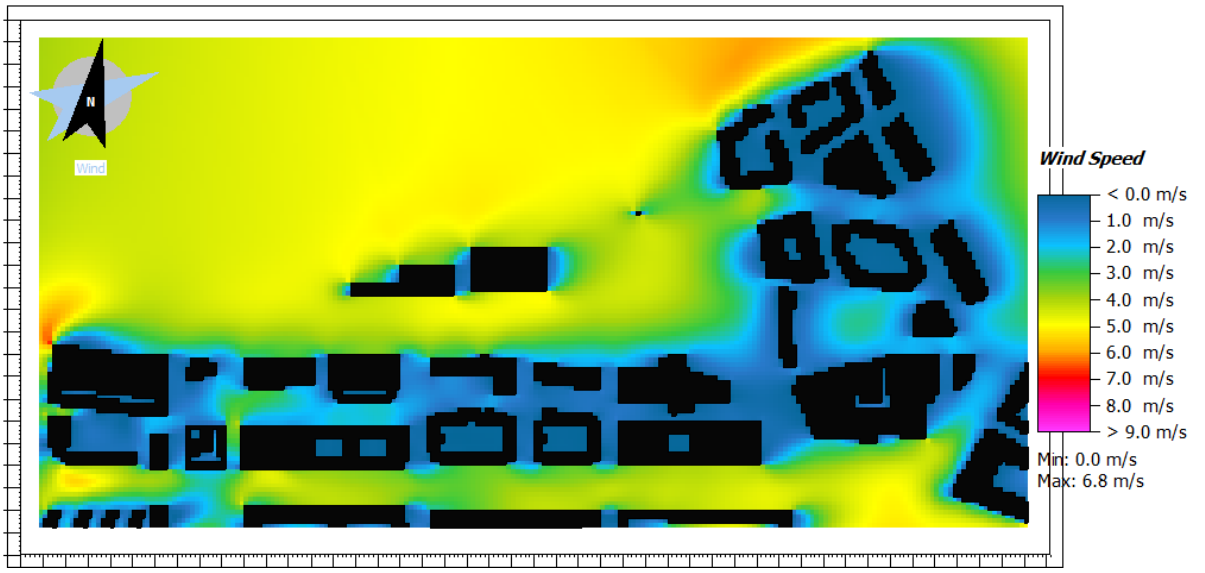
Figur 10: Relativ luftfuktighet 1,5 m över mark kl 14 i juli.

Luftfuktigheten (Figur 10) har också betydelse för den upplevda komforten. Den är mycket likformig inom området, och även här ser vi ett tillskott över älvens vattenyta. Nivåerna strax över 60% ligger i sig väl inom komfortzonen (grovt räknat 20–80%).

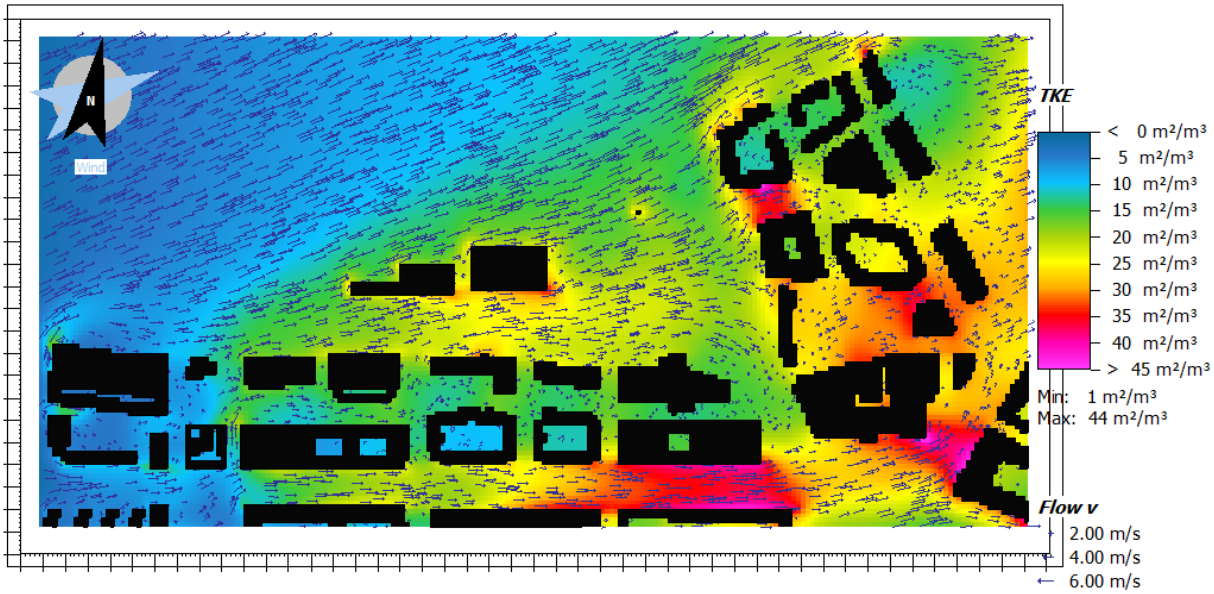
I Figur 11 ser vi att vindhastigheten reduceras i den byggda miljön. Över älven, hamnplanen, Oscarsleden och i stora delar av Första Långgatan når vi hastigheter nära den fria vindens. Även om de flesta områden ligger inom gränsvärdena för bekvämt gående, kan vissa obehag uppstå vid byig vind. Vid hård vind kan cykeltrafik längs kajområdet bli besvärlig.

Längs den centrala Masthamnsgatan, områdets viktiga mötes-, gång- och cykelstråk, samt inom kvarteren i hela området ligger vindhastigheten, med få undantag, under 2 m/s. Något högre hastigheter märks mellan Kommersen och den höga byggnaden öster därom. Även i korsningen Järnvågsgatan/Emigrantvägen, där vi också har höga byggnader i närheten, ligger vindhastigheterna något högre. Även om detta är en huvudled för motorfordon finns här också cyklister och fotgängare. Stråket längs piren i nordväst kan utsättas för något starkare vindar, men där skapas också lägen i lä invid byggnaderna. Den nya ”Järnvågsparken” norr om Folkets Hus får också något högre vindhastigheter i mitten av den stora ytan, medan ”Förskoleparken” i väster är ligger väl i lä.

De allra högsta vindhastigheterna i västra och norra kanterna av området är randeffekter i modellen, och ska bortses ifrån. Även Järntorget i sydost (som visserligen inte ingår i planområdet) saknar delar av sin omgivande, vindskyddande bebyggelse i modellen.



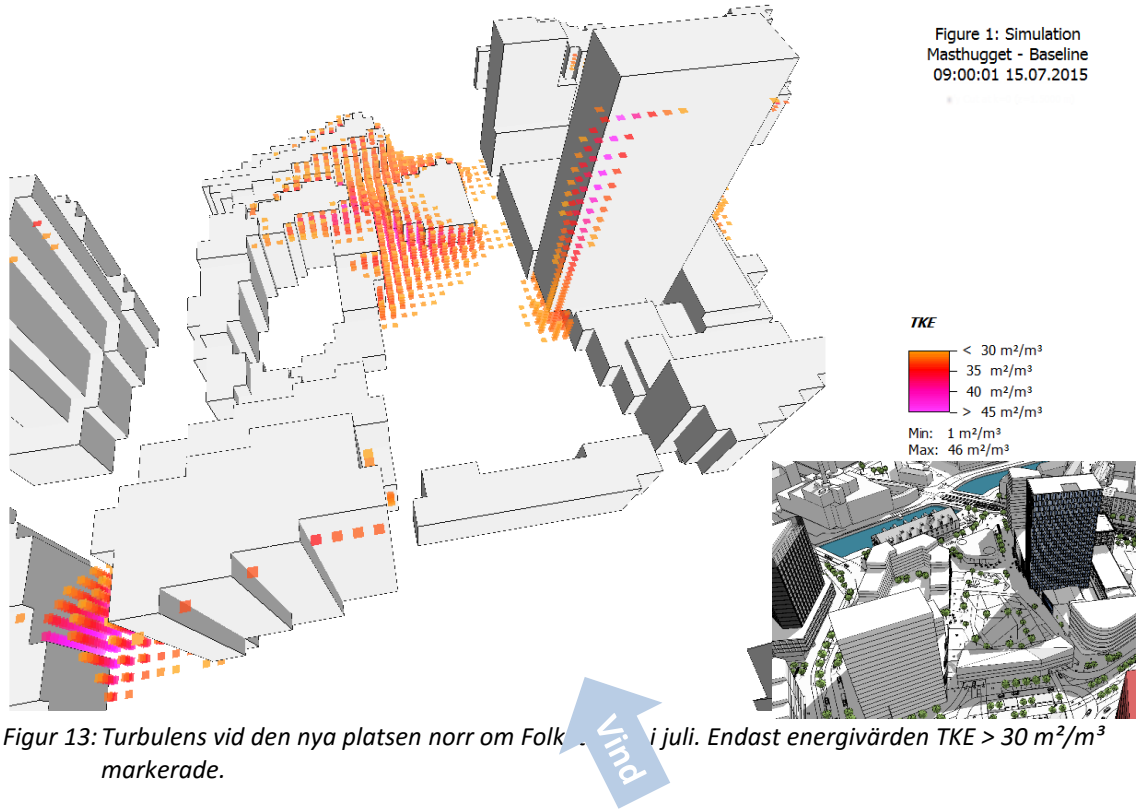
Figur 11: Vindhastighet 1,5 m över mark kl 14 i juli. Den fria vinden är VSV 5,5 m/s.



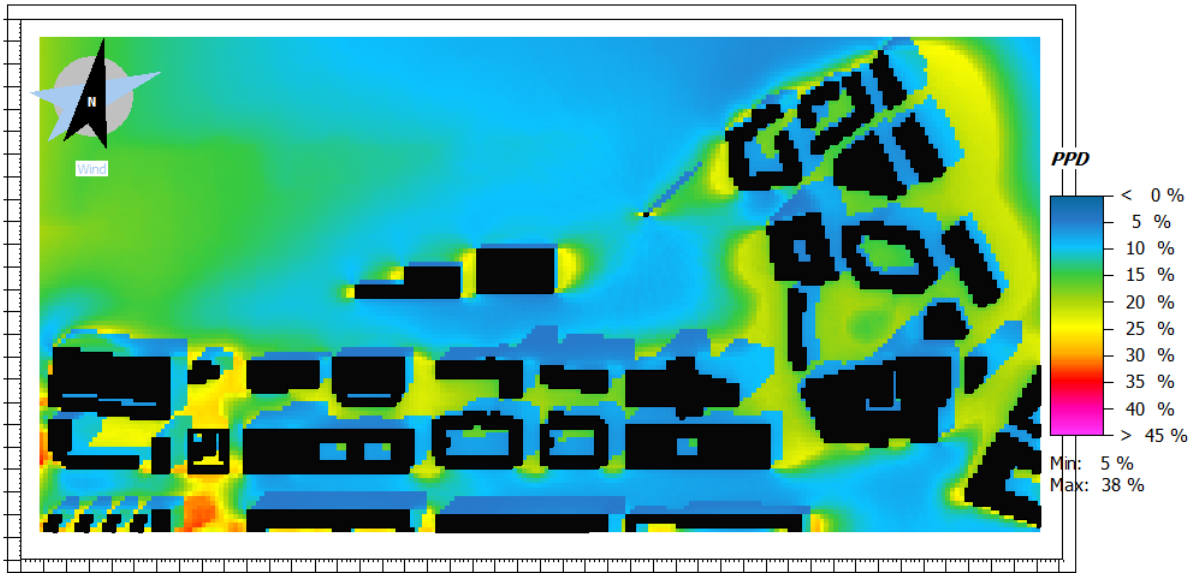
Figur 12: Vindförhållanden 1,5 m över mark kl 14 i juli; Medelvinden representeras av pilarna och vindstyrkorna ligger på max 7 m/s. Färgskalan anger turbulens (TKE-värde).

Vindflöden och turbulens visas i Figur 12. I områdets västra del är tillförlitligheten mindre, eftersom modellens randvillkor inte inbegriper den bebyggelse och topografi som ligger utanför området. Därför är det inkommande luftflödet från västsydväst enhetligt och laminärt (fritt från turbulens). Eftersom det även i verkligheten är en ganska öppen terräng där, bedöms avvikelserna ändå vara av mindre omfattning.

Allt eftersom byggnationen ”stör” det laminära luftflödet, ökar turbulensen under luftens färd österut i området. Masthamnsgatan behåller dock både låga vindhastigheter och turbulens i hela sin sträckning. Vid den nya ”Järnvågsparken” norr om Folkets Hus ökar dock turbulensen, vilket sannolikt orsakas av den höga hotellbyggnaden på södra sidan. Vid normala vindstyrkor är dock hastigheten så låg, att turbulensen inte bedöms allvarlig, men problem kan uppstå vid hårdare vind. Även hotellentrén är utsatt, liksom västra infarten till Emigrantvägen, se Figur 13.



Figur 13: Turbulens vid den nya platsen norr om Folk[illegible] i juli. Endast energivärden TKE > 30 m²/m³ markerade.



Figur 14: Komfort 1,5 m över mark kl 14 i juli. Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.

Som sammanfattning av alla relevanta klimataspekter ovan redovisas den termiska komforten för vår testperson (sommarklädd på sakta promenad) i Figur 14. Vi ser att den bästa komforten (PPD <10%) uppnås i skuggan av byggnader, medan solstrålningen generellt har en något negativ inverkan. Den enda okomfortabla ytan är Masthamnstorget (utanför planområdet), men effekten är sannolikt överdriven, då den är starkt influerad av modellens randvillkor.

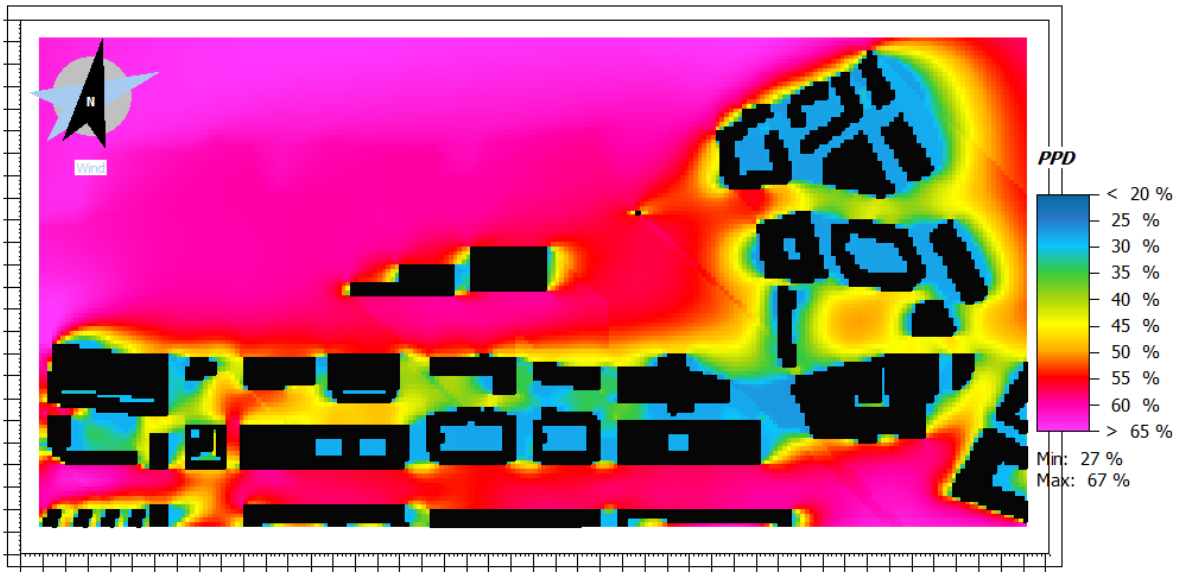
Kvällstid, kl 20

En normal, men lite blåsig sommarkväll hittar vi också flera områden med acceptabel termisk komfort för vår testperson, se Figur 15. Längs Masthamnsgatan, där byggnationen ”stukar till” gaturummet och minskar vindflödet, uppstår ytor som lämpar sig väl även för uteserveringar och träffpunkter. Däremot är området öster om Kommersen sämre ur komfortsynpunkt.

I större delen av den nya ”Järnvågsparken” norr om Folkets Hus är komforten inte tillräcklig på kvällen (PPD uppemot 50%), främst beroende på vindhastigheten (jämför Figur 11). Vi bör dock notera, att någon skärmande vegetation *inte* ingår i denna övergripande modell.

Innergårdar och mindre nord–sydliga och vindskyddade gator har god termisk komfort på sommarkvällen.

Vindstilla kvällar efter en solig dag – då benägenheten till uteliv också är störst – torde komforten vara generellt högre i hela området, vilket redovisas i nästa sektion.

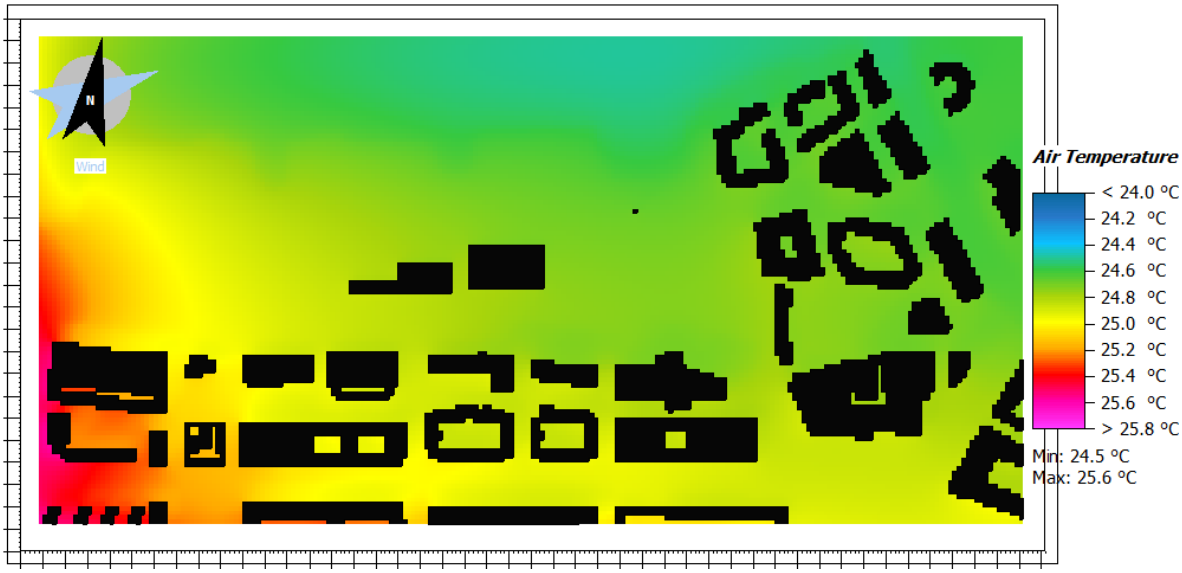


Figur 15: Komfort 1,5 m över mark kl 20 i juli.
Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.

En vacker dag…

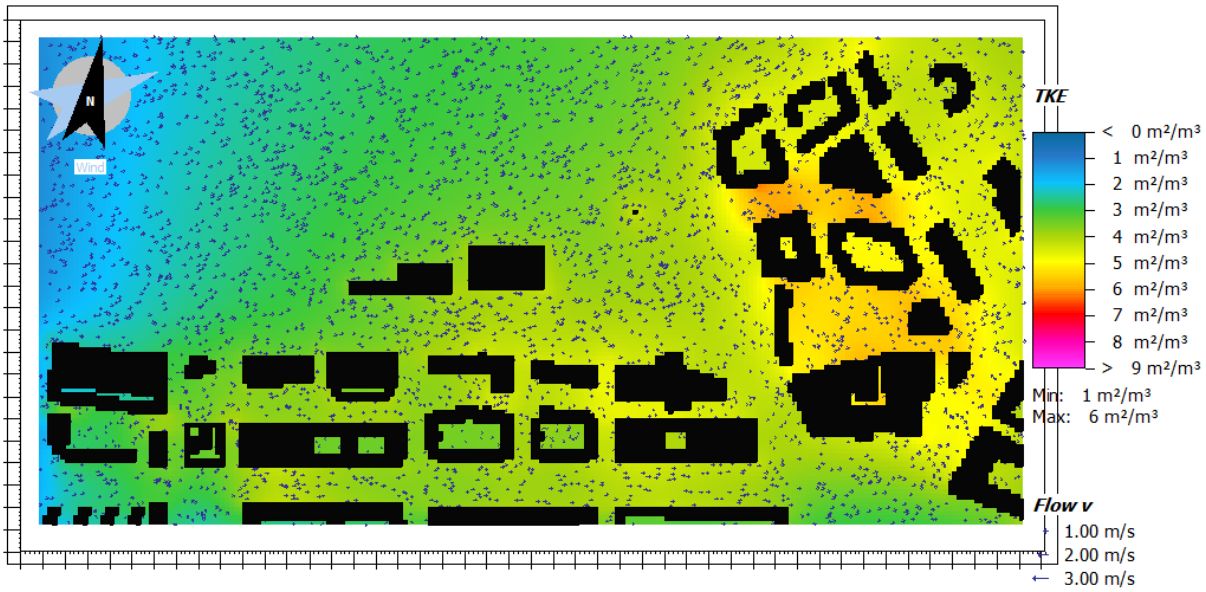
Ovan har vi utvärderat en *normal* sommardag, som är ganska molnig och här också något mera blåsig än genomsnittet. Vanligtvis förekommer under säsongen även någon period som är varmare och soligare. Enligt statistiska data[11] ligger maximala fria lufttemperaturen under en sådan vecka (Summer Design Week) på 26°C med dygnsvariationen 8°C, dvs en medel-temperatur på 22°C. Vi räknar här också med en klar himmel och endast en lätt vind på 0,5 m/s från VSV.

Temperaturen kl 14 (Figur 16) ligger på ca 25°C i hela området – med vissa randeffekter i västra delen av modellen.



Figur 16: Lufttemperatur 1,5 m över mark kl 14 under en extra varm, klar och vindstilla sommarvecka.

[11] ASHRAE IWEC data för Göteborg/Landvetter, http://www.equaonline.com/iceuser/ASHRAE_IWEC.html utvärderad med programvaran DesignBuilder, www.designbuilder.co.uk



Figur 17: Vindförhållanden 1,5 m över mark under en extra varm, klar och vindstilla sommardag. Medelvinden representeras av pilarna. Färgskalan anger turbulens (TKE-värde).
***OBS** att skalorna för både vindpilar och turbulens är annorlunda än i exemplen ovan!*

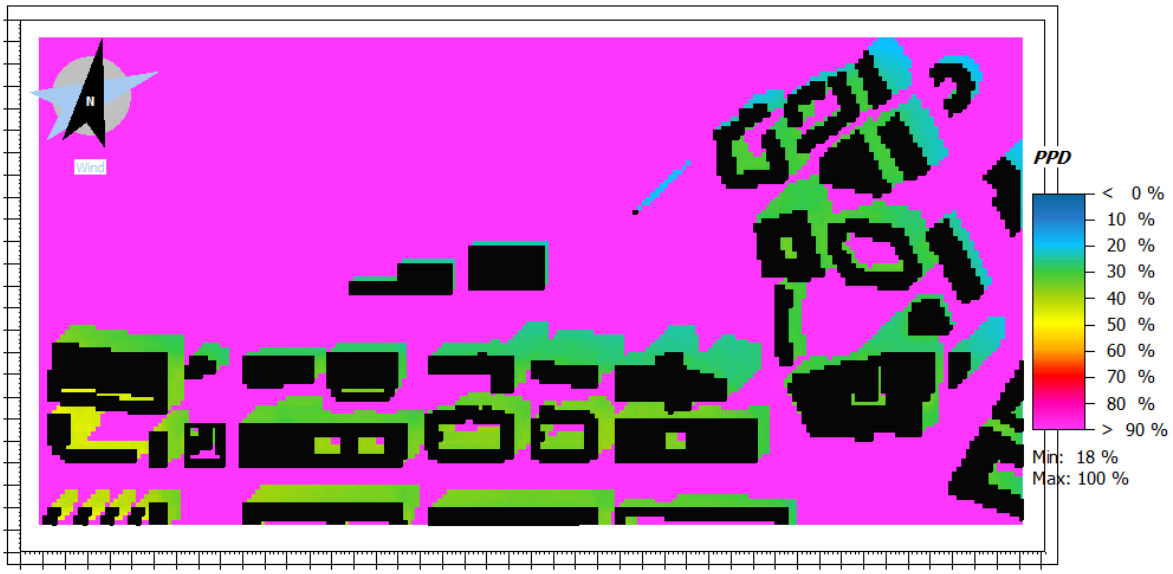
Den svaga vinden genererar nästan ingen turbulens alls; endast ca en tiondel av vad som uppkommer en blåsig ”normaldag” i exemplen ovan, se Figur 17 (OBS: Annan skala än tidigare diagram!).

Den termiska komforten för vår sakta vandrande testperson iklädd lätt kavaj, minskar kraftigt, se Figur 18. PPD-index ligger över 58% i hela området, de lägsta värdena i skuggan av byggnaderna. Utanför skuggan är det en skarp gräns till områden nära 100% PPD i den direkta solstrålningen.

En naturlig reaktion på denna diskomfort är naturligtvis att lätta på klädseln och sakta in gångtakten. I Figur 19 ser vi motsvarande komfortnivåer för en lättklädd person i vila. Här får i princip alla skuggade partier en acceptabel komfort, medan gränsen till den solbelysta och mycket okomfortabla miljön fortfarande är tydlig.

För en lätt klädd person finns det alltså möjlighet att sakta röra sig genom området genom att välja de skuggiga partier som erbjuds längs gång- och cykelstråk under större delen av dagen. Senare på eftermiddagen är dock stora delar av de öst-västliga gatorna solbelysta under någon timme, och då kan det vara svårare att finna någon behaglig skugga från byggnader. Trädplantering rekommenderas för att kompensera för detta.

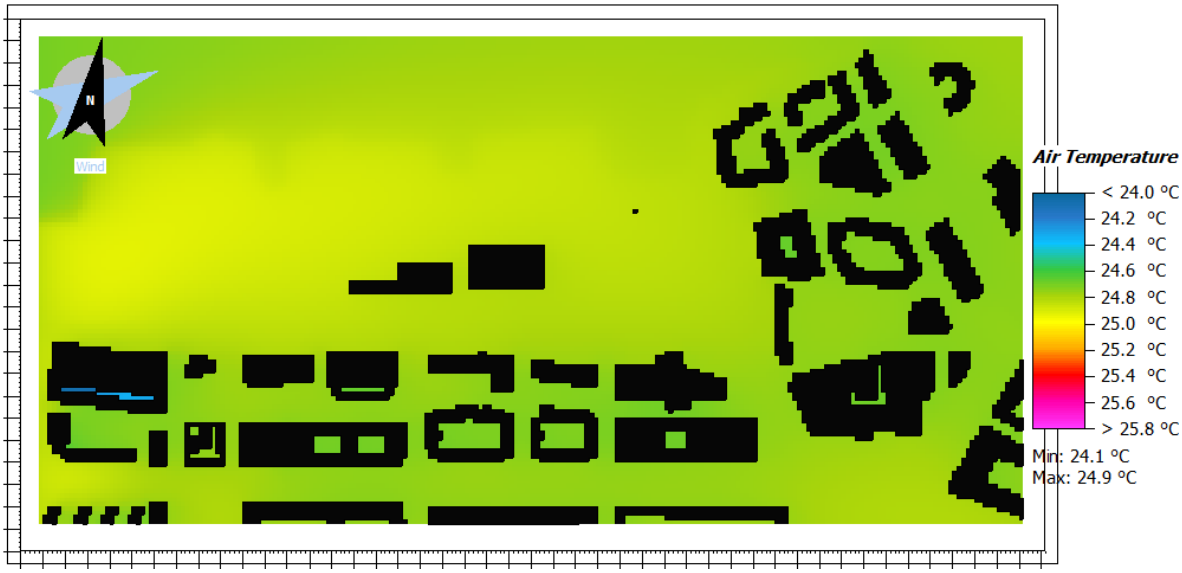
Figur 18: Komfort 1,5 m över mark kl 14 under en varm, klar och vindstilla sommarvecka. Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.



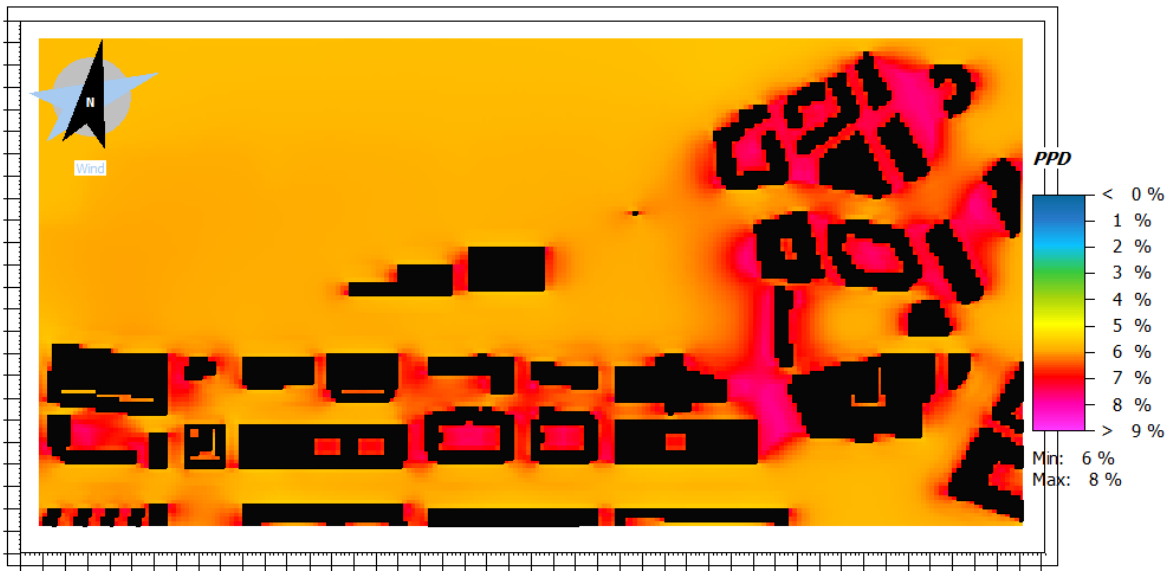
Figur 19: Komfort 1,5 m över mark kl 14 under en varm, klar och vindstilla sommarvecka.
***OBS**: Person med lätta kläder (0,5 clo, stillasittande)*
Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.

Efter en varm sommardag är det attraktivt att vistas ute på kvällen. I Figur 20 ser vi att lufttemperaturen kl 20 fortfarande är hög. Komfortnivåerna ligger då på en mycket hög nivå, vilket framgår av Figur 21; endast 6–8% av testpersonerna är missnöjda.

Slutsatsen är, att skydd mot extrem värme skapas lämpligast genom skugga. Detta kan t ex ske med hjälp av vegetation där själva byggnaderna inte klarar skuggningen. Ökad ventilation behöver inte skapas, trots att vindhastigheten här är låg.



Figur 20: Lufttemperatur 1,5 m över mark kl 20 under en extra varm, klar och vindstilla sommarvecka.



Figur 21: Komfort 1,5 m över mark kl 20 under en varm, klar och vindstilla sommarvecka. Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.

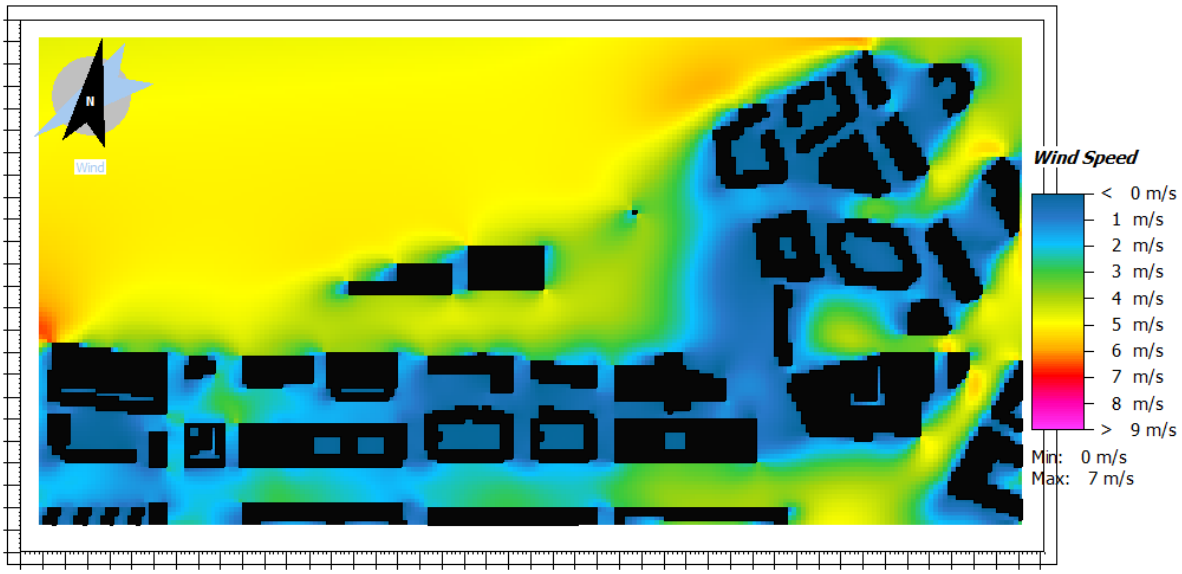
Vinter

En normal, molnig (6/8) och lite blåsig (NO 5,5 m/s) januaridag med dygnsmedeltemperatur kring nollan representerar vinterfallet. Utöver den förhärskande vindriktningen som valts här, förekommer även sydvästvindar i relativt hög omfattning (Figur 4).

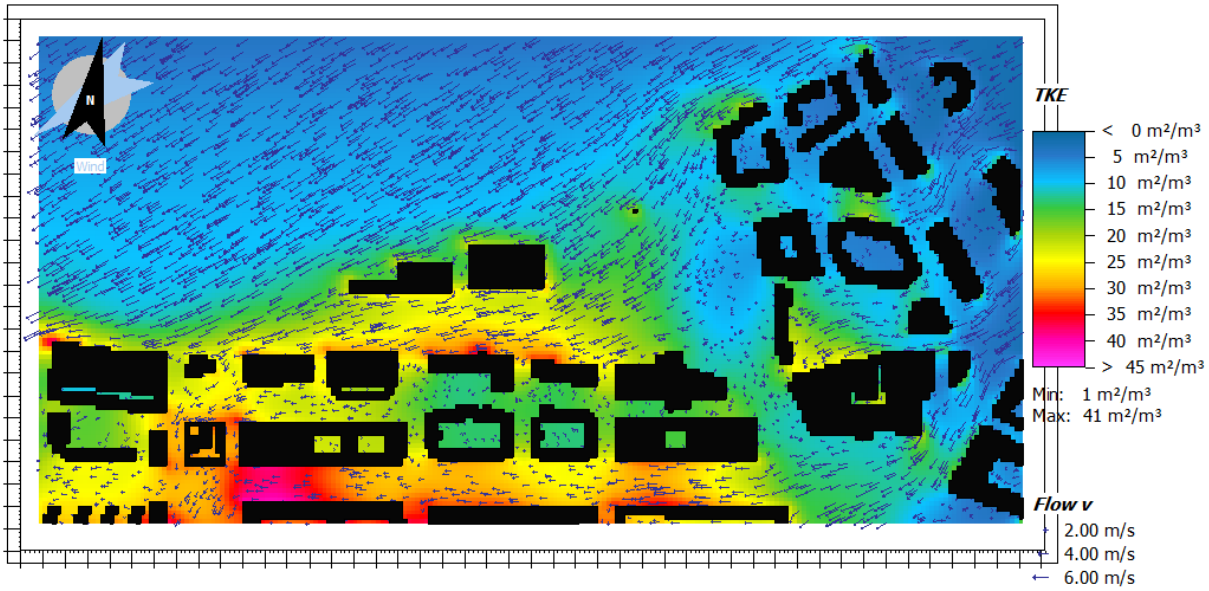
Under vintern uppehåller sig få människor utomhus under längre tid i den urbana miljön. Då är utomhusklimatet huvudsakligen relevant för raskare promenader och cykelfärder, t ex mellan bostad, kollektivtrafik och arbete. Komforten är här beräknad dagtid för en promenerande person med varma kläder. Kvällsklimatet är ännu mindre intressant, eftersom t ex uteserveringar inte är öppna på vintern. Viktigast är kanske att skapa ett så bra vindskydd som möjligt, så att de korta transportsträckorna blir uthärdliga. Här blir också möjligheter att kunna välja bästa färdväg relevant.

Lufttemperaturen i början av eftermiddagen i januari ligger kring 3°C med mycket marginella variationer, se Figur 22. Den något svalare marken, skuggad av byggnaderna, gör att temperaturen sjunker marginellt under luftmassans färd genom området från nordost.

Figur 22: Lufttemperatur 1,5 m över mark kl 14 i januari.



Figur 23: Vindhastighet 1,5 m över mark kl 14 i januari. Den fria vinden är NO 5,5 m/s.

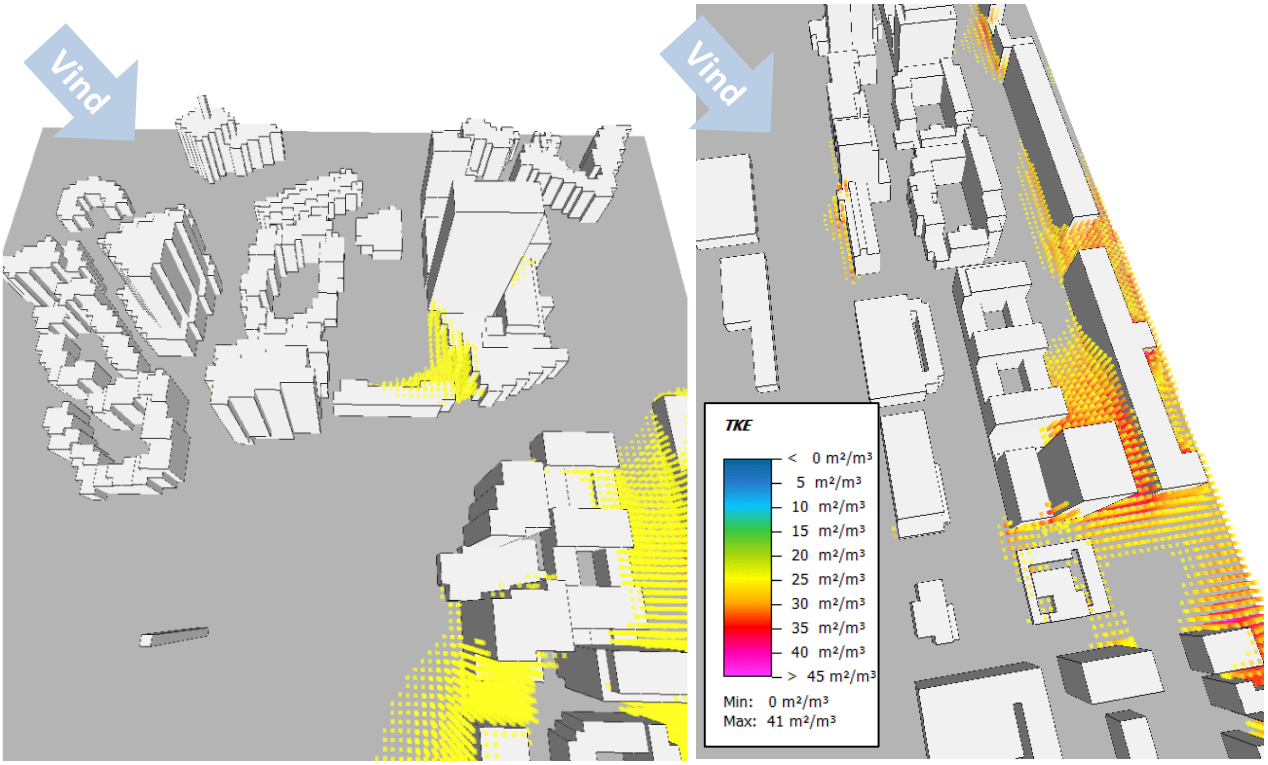


Figur 24: Vindförhållanden 1,5 m över mark kl 14 i januari; Medelvinden representeras av pilarna och vindstyrkorna ligger på max 7 m/s. Färgskalan anger turbulens (TKE-värde).

Vindhastigheterna i Figur 23 ligger i största delen av planområdet under 2 m/s. Undantag är Järnvågsparken, Emigrantvägen nära bron över Rosenlundskanalen, nordväst om Kommersen, samt Oscarsleden och delar av Första Långgatan. Huvuddelen av Masthamnsgaten har mycket gott vindskydd under vintern, med undantag för området nära Kommersen.

Vindriktning och turbulens visas i Figur 24. Eftersom vintervinden kommer från nordväst utifrån älven, är det inkommande laminära flödet relativt realistiskt. Därför uppstår det inte heller mycket turbulens i områdets östra del. Kring högre byggnader vid Första Långgatan samt längs Oscarsleden är turbulensen som kraftigast, liksom kring Kommersen och i viss mån nära hotelltornet vid den nya ”Järnvågsparken”. De senare platserna är huvudsakligen avsedda för gång- och cykeltrafik samt längre vistelse, och de turbulenta områdena sammanfaller här också med en något högre vindhastighet som vi visat ovan.

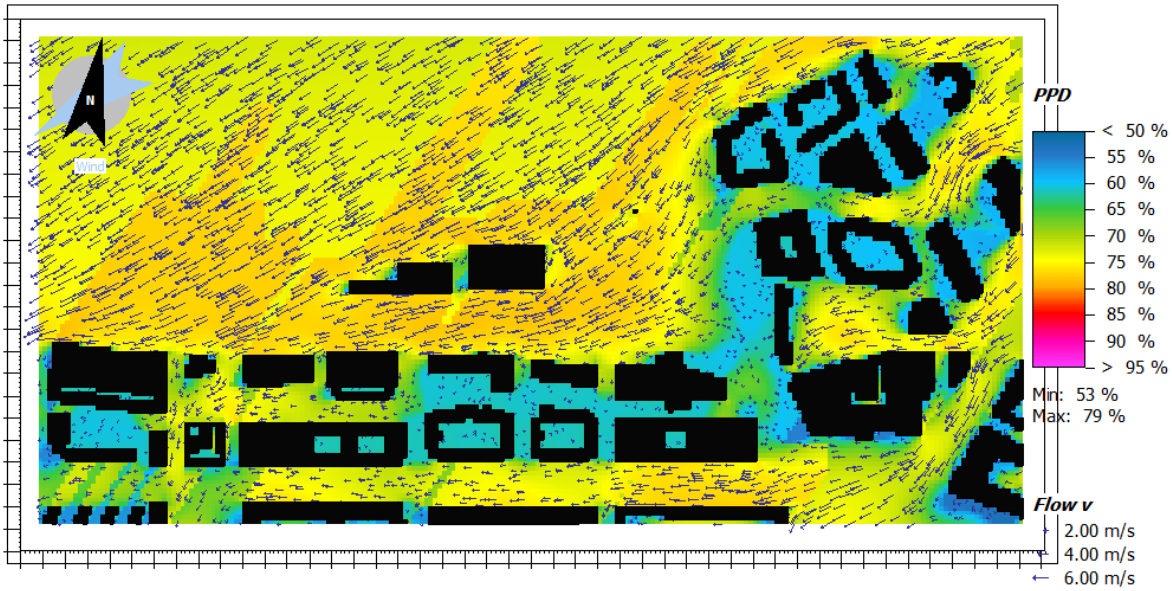
En tredimensionell översikt av den kraftigaste turbulensen visas i Figur 25. Observera att de redovisade miniminivåerna skiljer mellan bilderna! Vi ser tydligt att det främst är höga byggnader som genererar turbulensen, t ex hotelltornet och höghuset vid kommersen. Störningar i det fria luftflödet ovan generell taknivå fortplantar sig ner till vistelsezonen i gatan, och vertikala s k ”down-blows” kan bli besvärande – särskilt vid entréer.



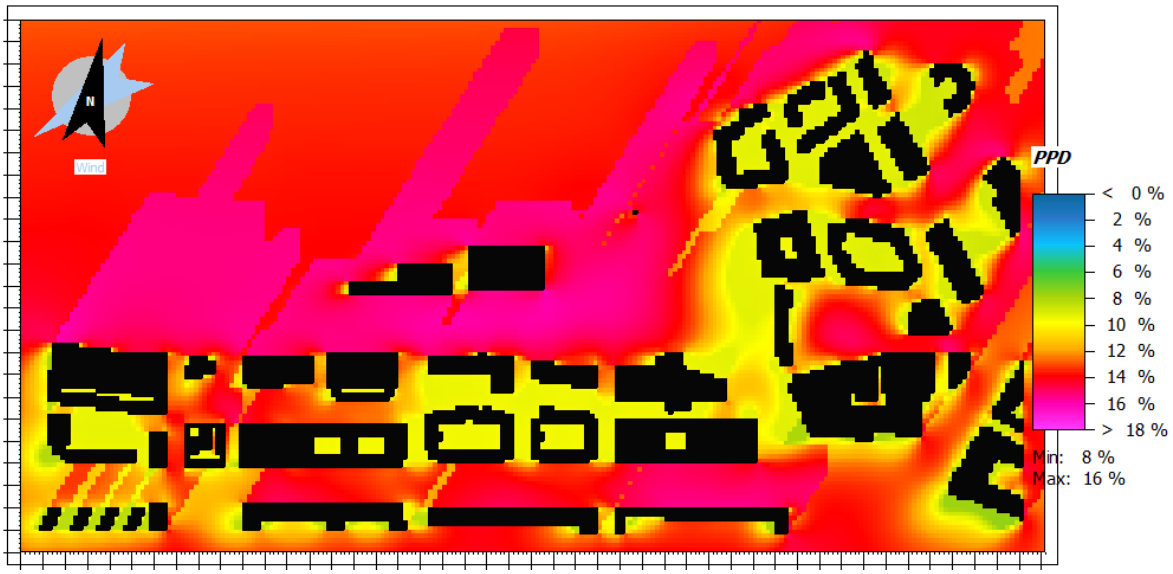
Figur 25: Turbulens i området i januari:
T v: den östra delen. Endast energivärden TKE > 20 m²/m³ markerade.
T h: den västra delen. Endast energivärden TKE > 30 m²/m³ markerade.

Någon termisk komfort uppnås inte på vintern (Figur 26), inte ens i lagom promenadtakt och med ganska mycket kläder. Vi ser att vind och avsaknad av solstrålning är huvudorsakerna till obehag. Då det i princip är omöjligt att ändra på lufttemperatur eller fuktighet, blir således vindskydd och access för solen de viktigaste verktygen för att förbättra komforten på strategiskt utvalda platser.

På det personliga planet kan man öka sin komfort genom mera kläder och en högre aktivitetsgrad. I Figur 27 har promenadtakten ökats med 50%, till 1,8 m/s (4,5 km/h), vilket är mycket raskt. Detta påverkar drastiskt komfortnivån, som då är acceptabel i hela området. Bäst är den i de vindskyddade lägena, och här ska det också vara möjligt att slå av på takten med bibehållet välbehag.



Figur 26: Komfort 1,5 m över mark kl 14 i januari. Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.



*Figur 27: Komfort 1,5 m över mark kl 14 i januari. **OBS**: Rask promenadtakt (1,8 m/s).*
Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.

Som nämnts ovan är simuleringsprogrammet oförmöget att hantera frysning, med överdriven luftfuktighet som följd. Detta kan ha bidragit till en överskattning av PPD-nivån, men erfarenhetsmässigt kan vi ändå dra slutsatsen, att kring 0°C, med vindar upp till 4 m/s och i avsaknad av solstrålning, är den termiska komforten inte särskilt hög – inte ens för relativt kraftigt klädda personer som inte halvspringer fram!

Rekommendationer

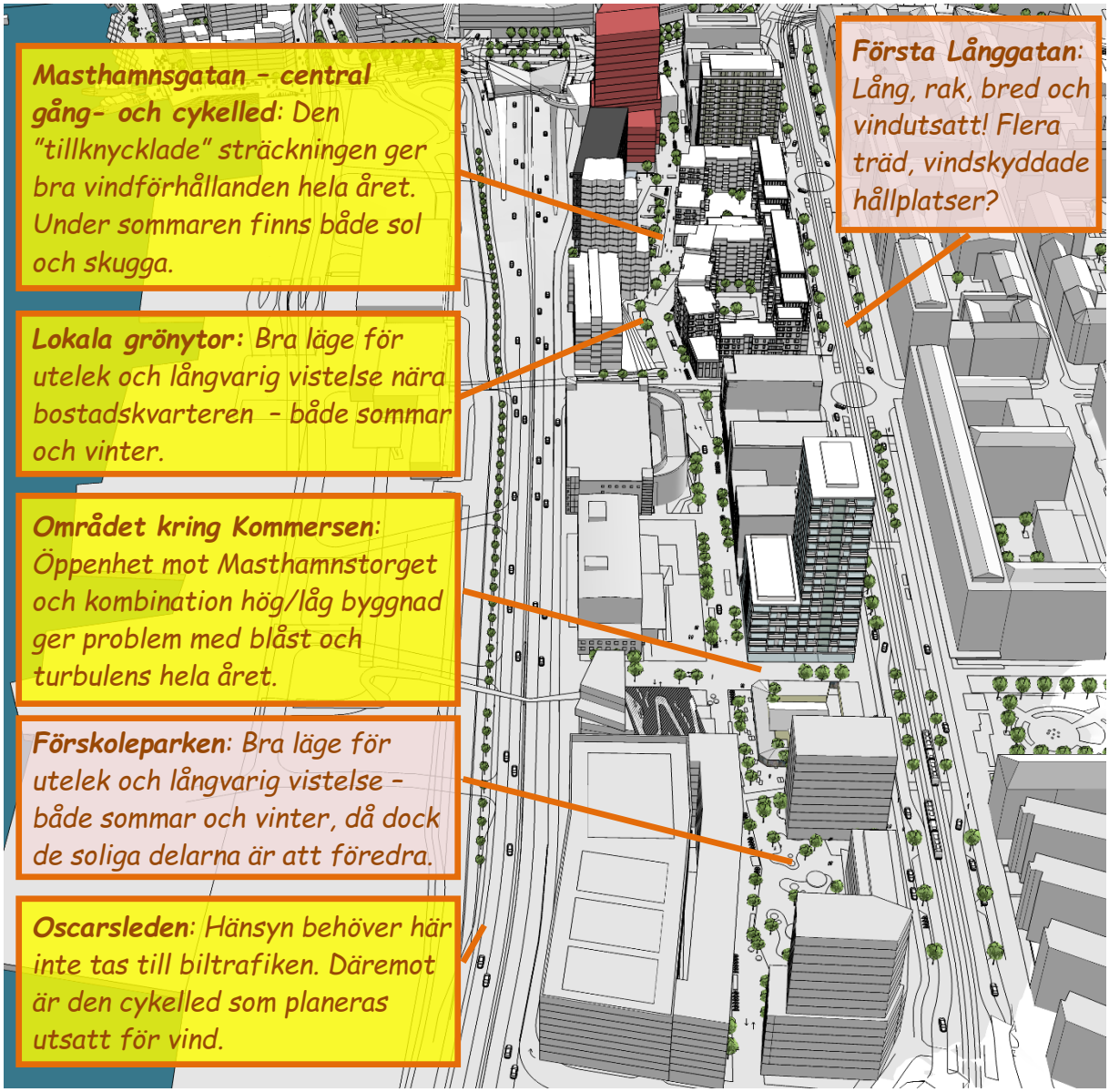
Sammanfattningsvis hanterar den föreslagna planen de klimatrelaterade aspekterna på ett bra sätt. Problemen är relativt små och begränsade till några få punkter.

I områdets västra del (Figur 28) fungerar Masthamnsgatan väl som ett skyddat, centralt stråk för gång- och cykeltrafik samt ger många möjligheter till mötesplatser och längre utomhus-vistelser enligt planens intentioner. Där finns goda möjligheter att under större delen av året välja antingen sol eller skugga under sin färd eller vistelse.

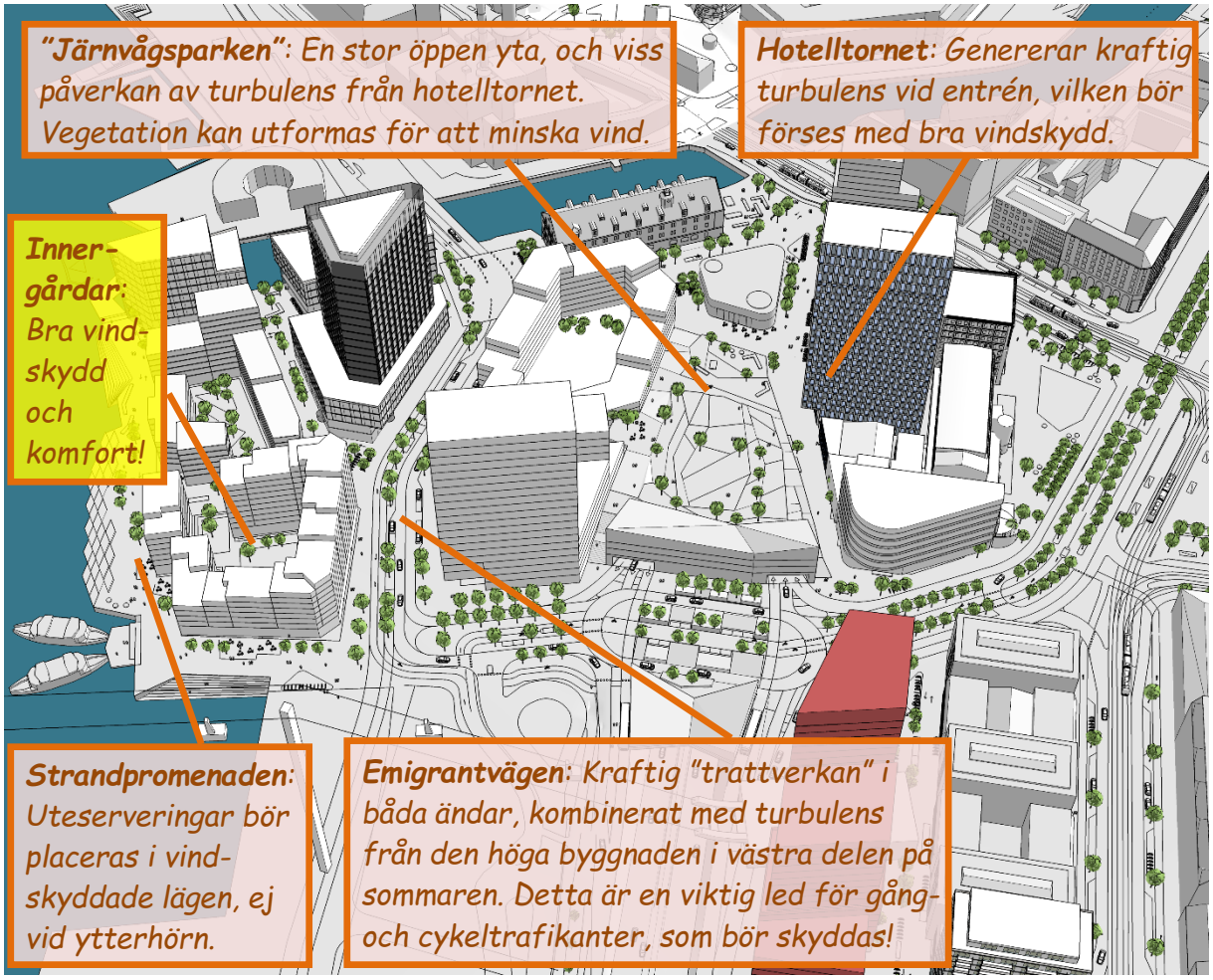
Dock är mikroklimatet något sämre kring loppmarknaden Kommersen, där strukturen öppnar sig mot Masthamnstorget. Det ger angreppsmöjlighet för vinden, och den höga byggnaden intill skapar då också turbulens i markplanet.

Den cykelled som löper norr om Oscarsleden är hårt vindutsatt vid blåsigt väder. Alternativt väljer man då att cykla längs den skyddade Masthamnsgatan istället. Hur fungerar i så fall anslutningarna vid Järnvågsgatan och väster om området?

Första Långgatan är också utsatt för en hel del vind. Den har dock, som gräns till befintliga kvarter, en given karaktär som är svår eller oönskad att ändra. Här krävs istället en del detaljutformning av skydd kring gångstråk och hållplatser.



Figur 28: Områdets västra del med Masthamnsgatan i fokus. *Underlagsbild i SketchUp: Kanozi Arkitekter.*



Figur 29: Områdets östra del med nya Piren och "Järnvågsparken". *Underlagsbild i SketchUp: Kanozi Arkitekter.*

Den östra delen med den utbyggda piren och den nya parken visas i Figur 29. I utkanterna löper kommunikationsleder för blandade trafikslag. Klimatmässigt är Järnvågsgatan inte något större problem, däremot Emigrantvägen som löper genom området. Här går centrala gång- och cykelstråk, och i stora delar av gaturummet kan vinden bli kraftig – både sommar som vinter.

Ute på den nya piren är kvarteren väl utformade för att skapa skyddade gårdsmiljöer och lokalgator. Strandpromenaden kan vara blåsig, men åtminstone sommartid finns där möjligheter att skapa skyddade ytor för längre vistelser. Det nordliga läget innebär skugga under stor del av dagen, men högsommarkvällarna kan bjuda på en hel del sol från väster.

Den nya "Järnvågsparken" är ganska vidsträckt, vilket ger vinden tillträde. Dessutom genererar den höga hotellbyggnaden viss turbulens på platsen, främst vid den förhärskande VSV-vinden under sommaren. Då problemen normalt inte är särskilt stora i parken, är istället vindmiljön vid entrén till hotellet en mera angelägen uppgift att lösa.

I denna översiktliga modell har varken vegetation eller topografi kunnat integreras. En medveten hantering av sådana element bör kunna minska de potentiella olägenheterna. Detaljstudier bör göras för kritiska punkter.

Slutsatser

Planen i stort och de flesta stråk och platser är väl utformade för att skapa ett bra mikroklimat. I några punkter behöver dock extra hänsyn tas:

- **Kommersen-området**: Vindmiljön är här ett problem i och med öppenheten mot Masthamnstorget, samt stora skillnader i byggnadshöjder som ger turbulens. Den låga loppisbyggnaden borde egentligen höjas några våningar för att skapa bättre skydd. Alternativt kan den höga byggnaden göras lägre, men det bedöms som ett mera osäkert alternativ. En podie-utformning kan dock vara mera framgångsrik.
- **Första Långgatan**: Behov av kontinuerlig bromsning av vinden längs den långa gatan. Befintliga träd är för få och små, och bör också kompletteras med vindskydd vid övergångar och hållplatser, där fotgängare färdas och vistas under längre tid.
- **Cykelleden** norr om Oscarsleden: Hård vindbelastning på den öppna hamnplanen, och troligen också delvis turbulens från nedsänkt motorväg (inte inkluderad i simuleringsmodellen). Vegetationen måste bli mycket omfattande och dessutom nära markplanet för att ge tillräckligt vindskydd. Leden ansluts lämpligen till, eller ersätts av alternativa leder, t ex Masthamnsgatan? Målpunkt för cykelleden är idag oklar, kanske får denna sträckning högre dignitet i framtiden, då hamnplanen bebyggs och knyts ihop med omgivande områden längs älvstranden?
- "**Järnvågsplatsen**": Vindmiljön är något svår; tänkta funktioner för delytor bör definieras och utformas efter deras specifika behov genom topografi och vegetation. Närmiljön vid hotellentrén vindskyddas. Omgivande byggnadshöjder kan eventuellt ifrågasättas.
- **Emigrantvägen**: Utformning av korsningar – nu som oskyddade vindtrattar och med höga byggnader – samt gatumiljö för gång- och cykeltrafikanter kan förbättras. Även här verkar podiebyggnader fungera bättre, som den i nordöstra delen. Framtida tillkommande bebyggelse på hamnplanen minskar vindbelastningen sommartid.
- **Strandpromenaden**: Detaljutformning av rumsbildningar och vindskydd för vistelse, t ex uteserveringar. Starkt säsongsberoende, men kajen torde locka till promenader även vintertid. Hur skapar man förutsättningar i planen?

De resultat som simuleringarna i detta skede producerat är endast övergripande och grovmaskiga.

Fortsättning

Föreliggande studie presenteras för Stadsbyggnadskontorets projektgrupp. Efter diskussioner tas beslut om detaljerade fördjupningsstudier, enligt avtalad insatsram.

Preliminärt kan följande fokusområden föreslås, i prioriteringsordning:

1. "**Järnvågsparken**": En central publik plats, där detaljutformning av topografin och placering av vegetation och övrigt vindskydd är väsentliga. Tänkt användning och funktioner för olika delar av platsen bör ingå i underlaget för en detaljstudie.
2. **Kommersen-området**: Samhörighet kontra avgränsning mot Masthamnstorget? Här bör byggnadsutformning, -höjder och -placering tas under övervägande. Är loppisbyggnaden en helig ko? Vilka kvalitéer skulle kunna uppnås genom en något högre byggnad i detta läge?
3. **Emigrantvägen**: Gång- och cykeltrafikanternas miljö vid korsningarna, dessas utformning samt omkringliggande byggnaders höjder.

Masthuggskajen, Göteborg

Mikroklimatstudie

Del 2: Alternativ B1 & F2

Illustration: Kanozi Arkitekter

Ett uppdrag för Göteborgs Stad
Stadsbyggnadskontoret

Januari 2016

Hans Rosenlund
TeknDr, Arkitekt SAR/MSA
cec DESIGN

Innehåll

Bakgrund _____ 1

Del 1: Basstudie 1

Alternativa lösningar 3

Kommersen-området (F2) 3

Piren-området (B1) 3

Analys _____ 5

Kommersen-området (F2) 5

Sommar 5

Vinter 7

Piren-området (B1) 9

Alternativ B1-1 9

Alternativ B1-2 12

Luftkvalité 14

Slutsatser _____ 15

Läsanvisning

Bakgrunden redovisar de problemområden som Basstudien visade på.
Analysen redovisar och förklarar de beräknade resultaten efter modifiering.
Slutsatserna föreslår lösningar och vidare detaljstudier.

CEC Design och Göteborgs Stad är båda partners i konsortiet *Klimatsäkrade Systemlösningar för Urbana Ytor.* Föreliggande studie är en integrerad del av dess forskningsprojekt.

Finansiär: VINNOVA

© CEC Design AB

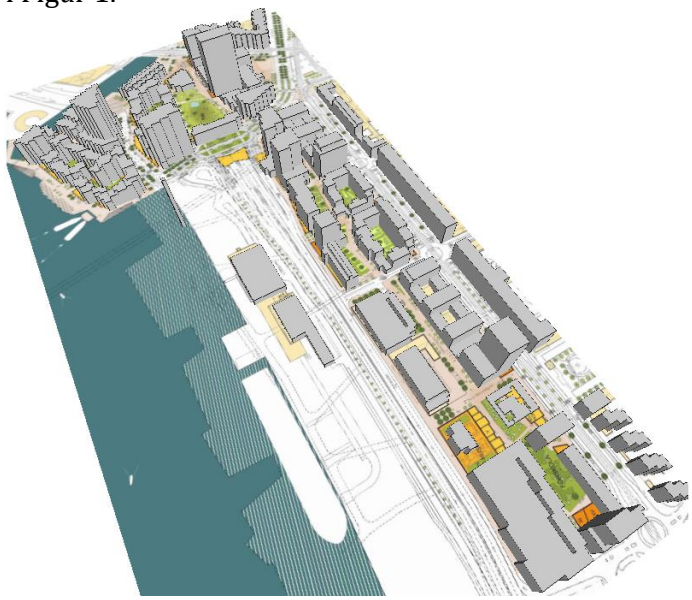
Alltidhultsvägen 118
SE-29391 Olofström, Sweden

Tel +46 (0) 730 530909
mail@cecdesign.se
www.cecdesign.se

Bakgrund

Del 1: Basstudie

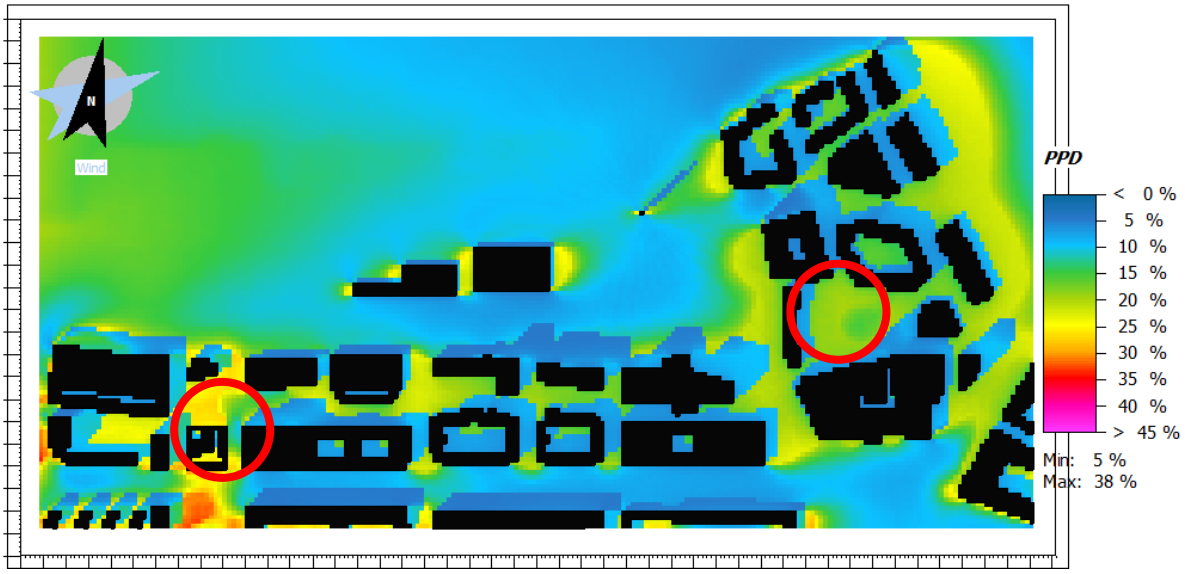
Den första delen av mikroklimatanalysen gjordes som en översiktlig basstudie av hela området[1]. Där presenteras området, klimat- och komfortdata, metod, simuleringsprogram m m. Datormodellen visas i Figur 1.



Figur 1: Datormodell av hela området, fågelperspektiv från nordväst. Illustrationsplanen är inlagd i botten.

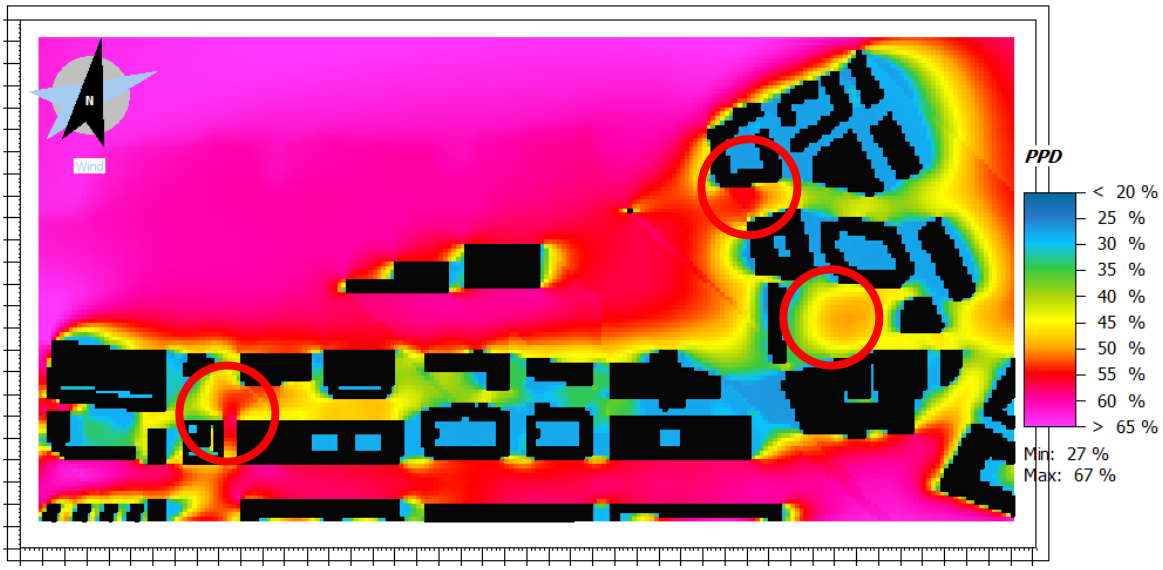
I basstudien konstaterades, att planförslaget i sin helhet hanterar mikroklimatet relativt väl, men där identifierades också några problematiska punkter.

Den termiska komforten på sommaren (dagtid Figur 2; kvällstid Figur 3) befanns vara något sämre kring "Kommersen" norr om Masthuggstorget i väster, vid den nya "Järnvågsparken" norr om Folkets Hus i öster samt i västra mynningen till Emigrantvägen som löper öst-västligt genom den norra delen av området. Gemensamt för alla dessa punkter är, att där finns enstaka höga byggnader i närheten. Här uppstår turbulens, både vid de västsydvästliga sommarvindarna (Figur 4) och under vintern (Figur 5), då den förhärskande vindriktningen är nordostlig.

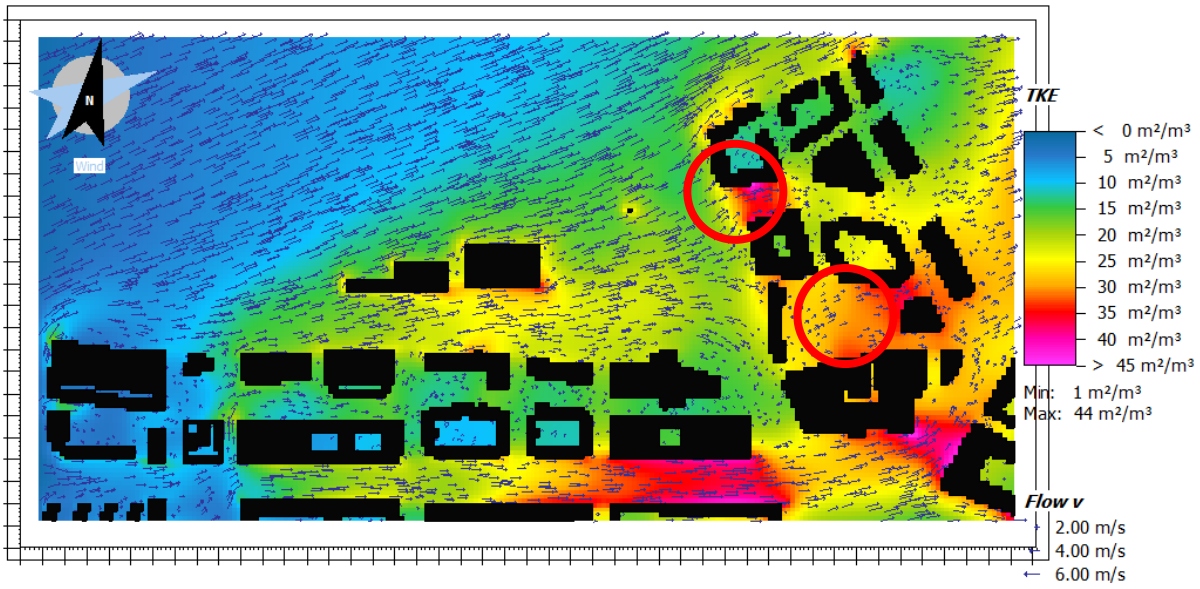


Figur 2: Komfort 1,5 m över mark dagtid kl 14 i juli. Problemområden inringade. Index: PPD, där <20% är god komfort och <30% acceptabel.

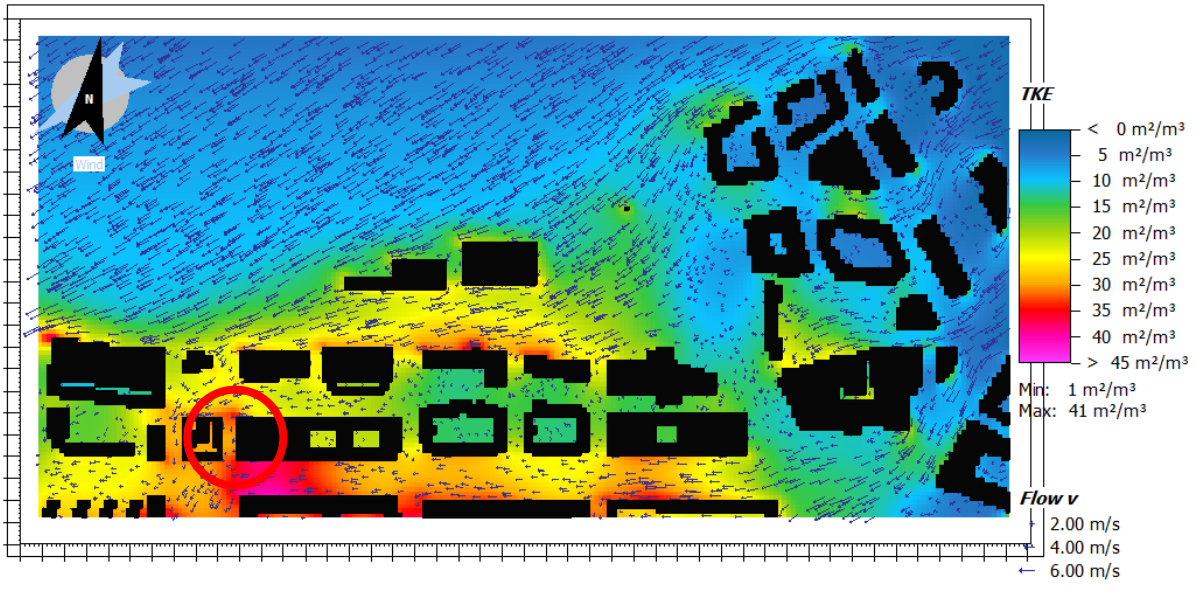
[1] Masthuggskajen, Göteborg – Mikroklimatstudie Del 1: Basstudie. CEC Design för Stadsbyggnadskontoret 2015.



Figur 3: Komfort 1,5 m över mark kvällstid kl 20 i juli. Problemområden inringade.
Index: PPD, där <20% är god komfort och <30% acceptabel.



Figur 4: Medelvind och turbulens 1,5 m över mark dagtid kl 14 i juli. Problemområden inringade.



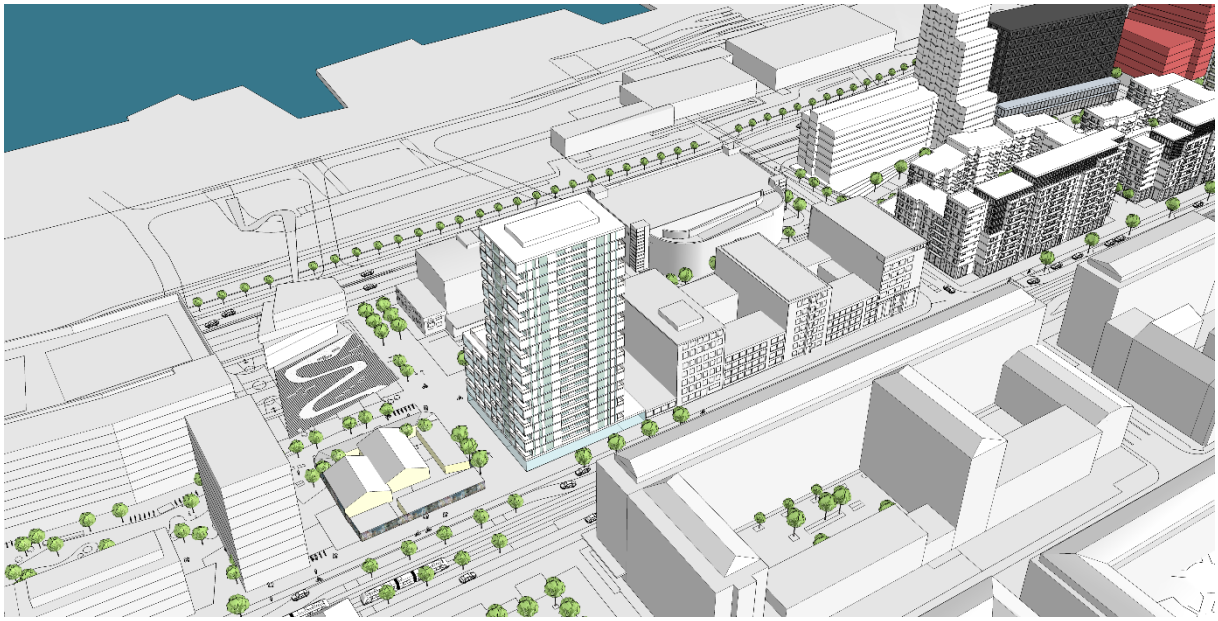
Figur 5: Medelvind och turbulens 1,5 m över mark dagtid kl 14 i januari. Problemområden inringade.

Alternativa lösningar

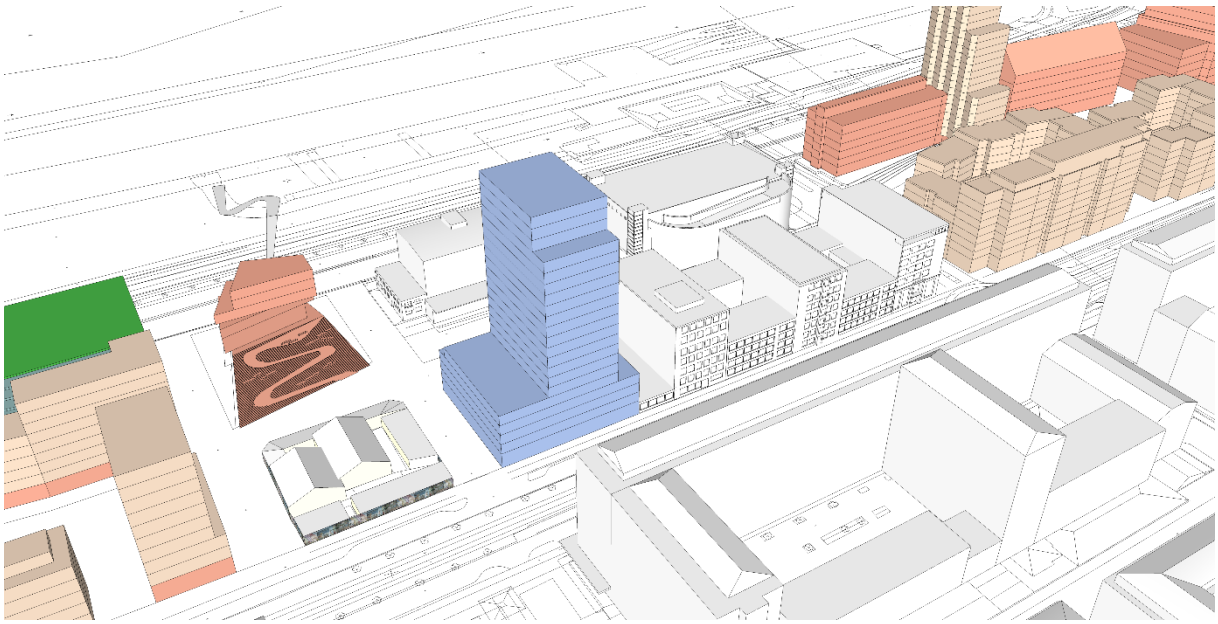
I denna delstudie analyseras några förslag till alternativa lösningar som projektgruppen tagit fram för de två problemområdena; ”Kommersen” i väster och ”Piren” i öster. Modellen har samma upplösning som i Basstudien (4×4×3 m^3), men områdena har brutits ur totalmodellen och simulerats var för sig för att minska beräkningstiderna. Förändringarna redovisas nedan.

Kommersen-området (F2)

Den höga byggnaden öster om ”Kommersen” (Figur 6) har modifierats; högdelen har tvärställts så att ett lägre podium bildas invid platsen (Figur 7), vilket förmodas minska turbulensen.



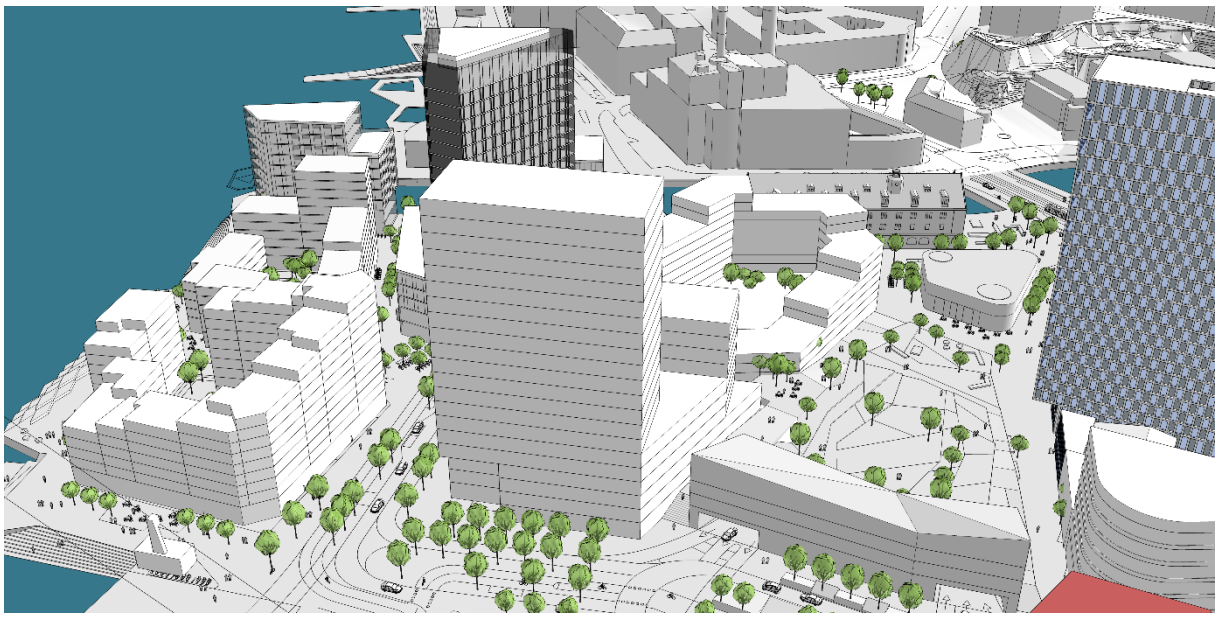
Figur 6: Kommersen-området. Ursprungligt förslag i Basstudien. *Underlagsbilder i SketchUp: Kanozi Arkitekter.*



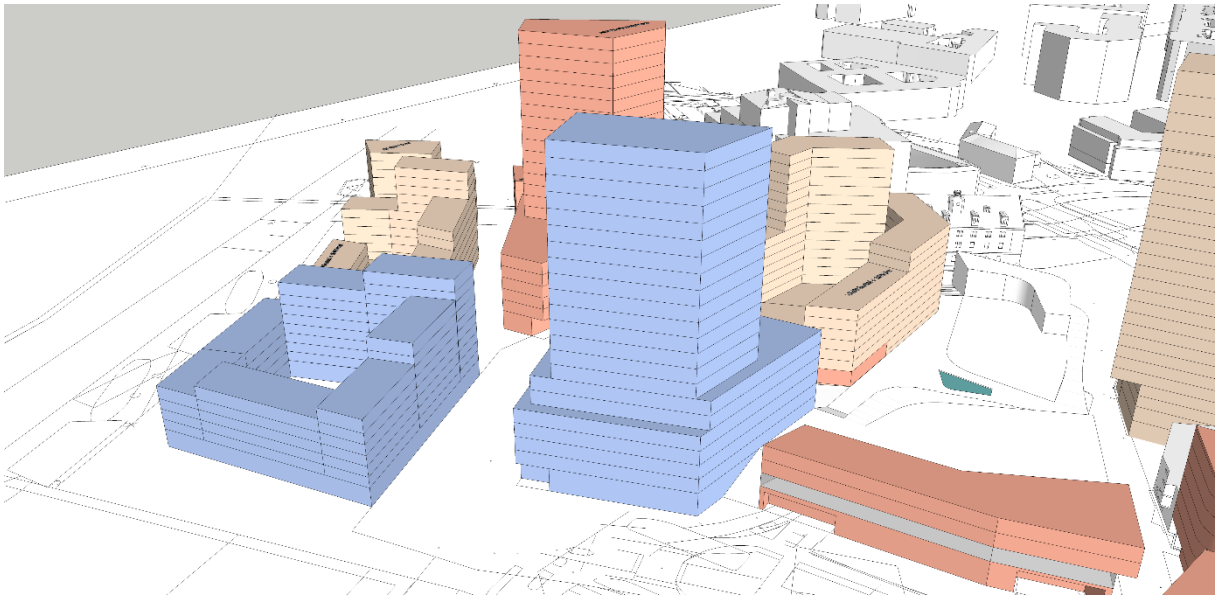
Figur 7: Kommersen-området. Modifiering; Den höga byggnaden har förändrats, så att ett podium bildas.

Piren-området (B1)

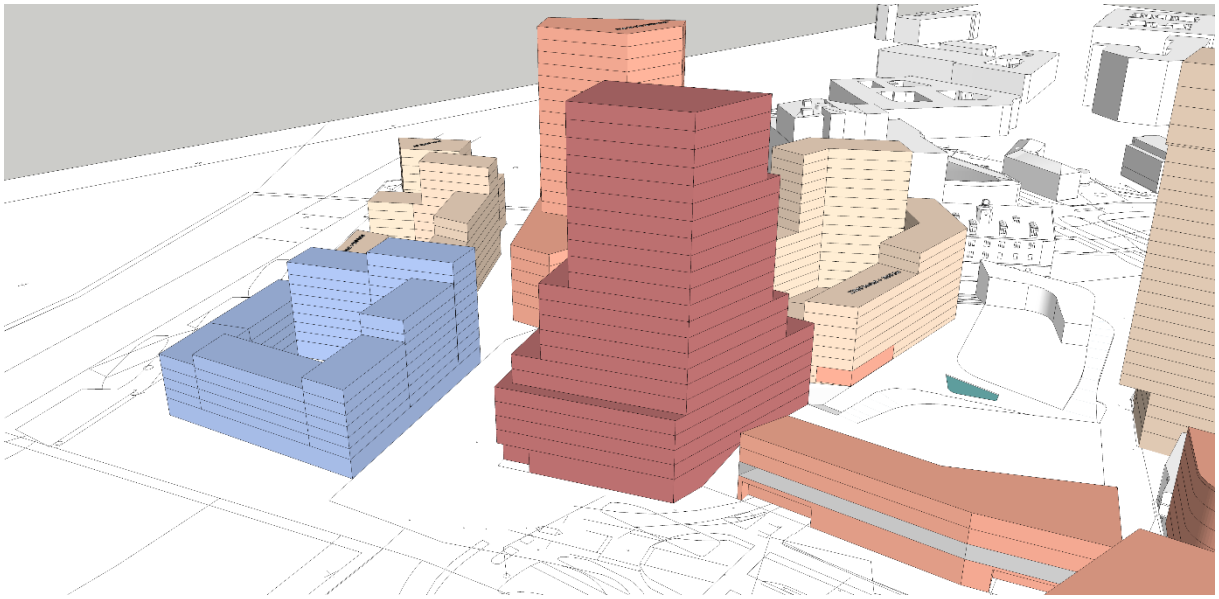
Primärt har det tagits fram två olika förslag på utformning av den höga byggnaden mellan ”Järnvågsparken” och Emigrantvägen (Blå Alt 1, Figur 9; Röd Alt 2, Figur 10). Båda har, i likhet med den vid Kommersen, fått en mera ”podiumliknande” utformning. I båda alternativen har dessutom kvarteret väster om denna byggnad gjorts högre och mera slutet, samt byggnaden norr om Emigrantvägen (blå) lägre och med skarpare hörn.



Figur 8: Piren-området. Ursprungligt förslag i Basstudien. *Underlagsbilder i SketchUp: Kanozi Arkitekter.*



Figur 9: Piren-området. Förslagsalternativ 1: Blå byggnader har förändrats. Även kvarteret bakom högra blå.



Figur 10: Piren-området. Förslagsalternativ 2: Röd byggnad har förändrats, jämfört med Alt 1.

Analys

I detta avsnitt redovisas och förklaras resultaten från simuleringarna av de tre modifierade förslagen; F2-Alt1 vid Kommersen samt B1-Alt1 och B1-Alt2 på Piren. Fokus ligger i detta skede på vindproblemen, vilka ju var huvudorsaken till modifieringarna.

Ur planområdet har här brutits ut två mindre delar som beräknats var för sig. Randvillkoren blir då delvis annorlunda än i den heltäckande modellen, vilket kommenteras nedan, i de sammanhang där det kan vara relevant för tolkningen av resultaten.

Kommersen-området (F2)

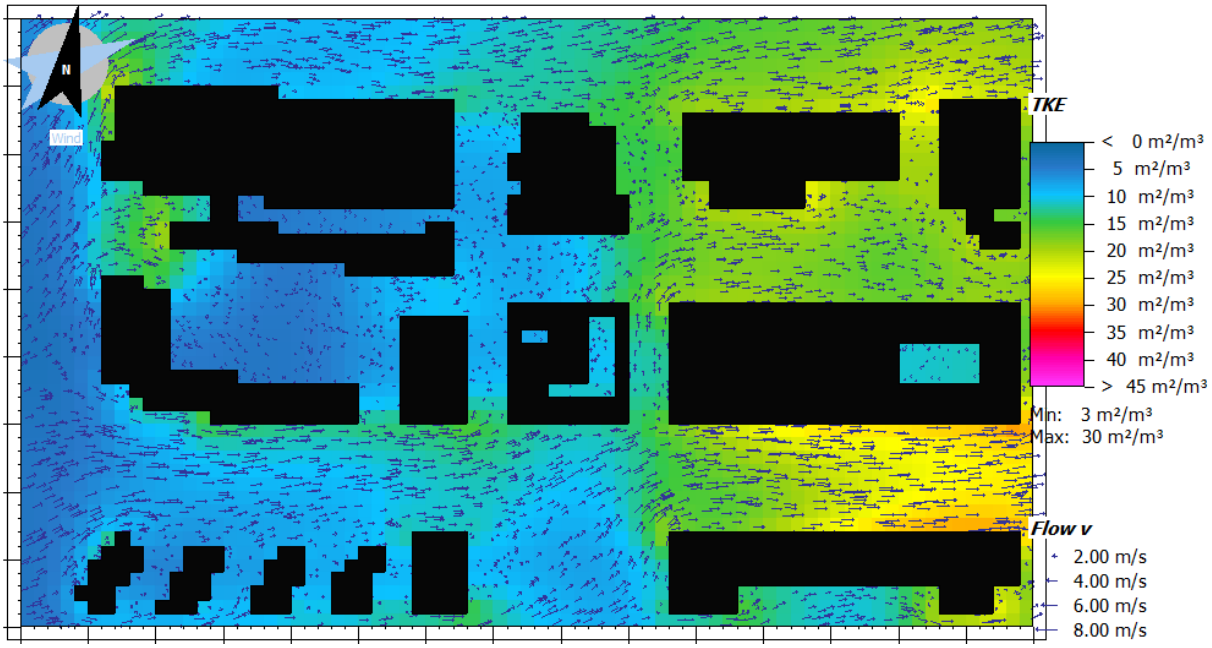
Mellan loppmarknaden och den höga byggnaden var komforten något sämre på sommarkvällar, vilket kopplades till ökade luftrörelser. På vintern, med nordostlig vind, var också turbulensen kraftig väster om den höga byggnaden. I alternativet har högdelen tvärställts och flyttats österut.

I detta delområdet upplevde vi problem både på sommaren och på vintern; därför redovisas resultat för båda säsongerna här.

Sommar

Vindhastigheten och turbulensen i markplanet vid Kommersen-platsen (Figur 11) påverkas här inte i nämnvärd grad, eftersom högdelen på byggnaden flyttat nedvinds. Marginellt ökad turbulens ser vi i Masthamnsgatan i jämnhöjd med högdelen, men detta är obetydligt, då vindhastigheten fortfarande är låg. I Första Långgatan har turbulensen ökat, vilket sannolikt mest är randeffekter i modellen, eftersom den är avklippt här.

Västra anfanget till Masthamnsgatan vid Förskoleparken har också fått ökad turbulens. Detta beror på att det alternativa förslaget här har fått en öppen bottenvåning, troligen entré till P-huset norr därom. Vindmiljön österut i Förskoleparken är dock oförändrat god.



Figur 11: Vindhastighet och turbulens 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i juli i Kommersen-området. Längst ner löper Första Långgatan, i mitten Masthamnsgatan och i norr Oscarsleden.

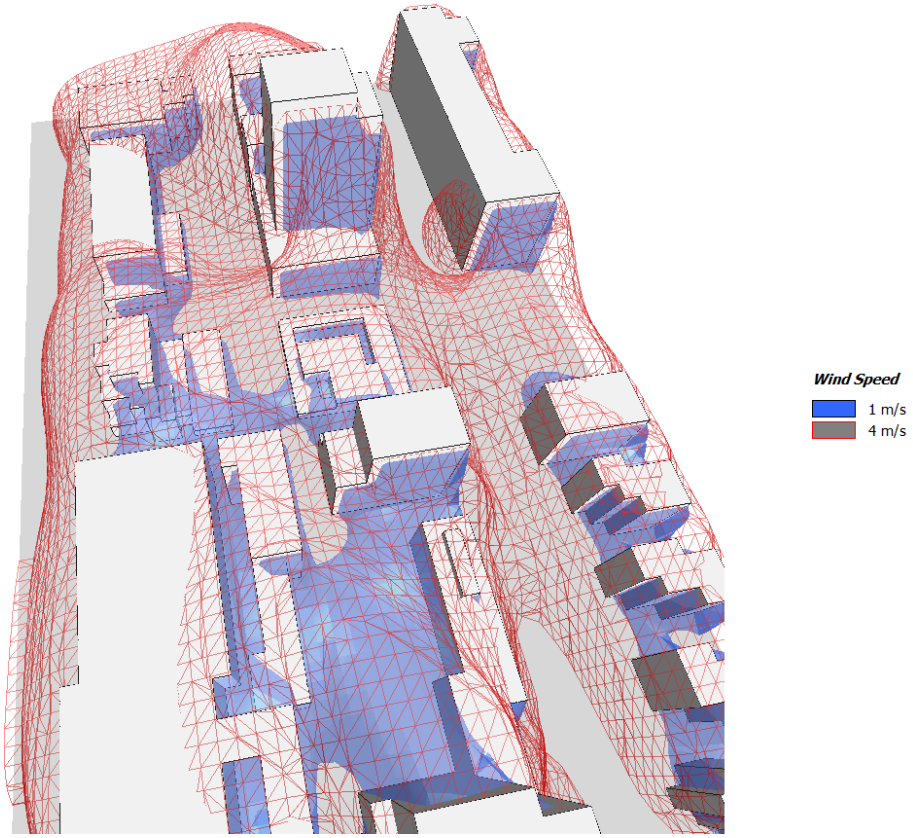
För att bättre förstå vindmönstret kan vi betrakta resultaten i form av iso-ytor i en tredimensionell modell, dvs ”mattor” där lika förhållanden gäller.

För vindhastighetens visas två iso-ytor i Figur 12; 1 m/s, representerande nära lugnt samt 4 m/s som vi kan tolka som något blåsigt.

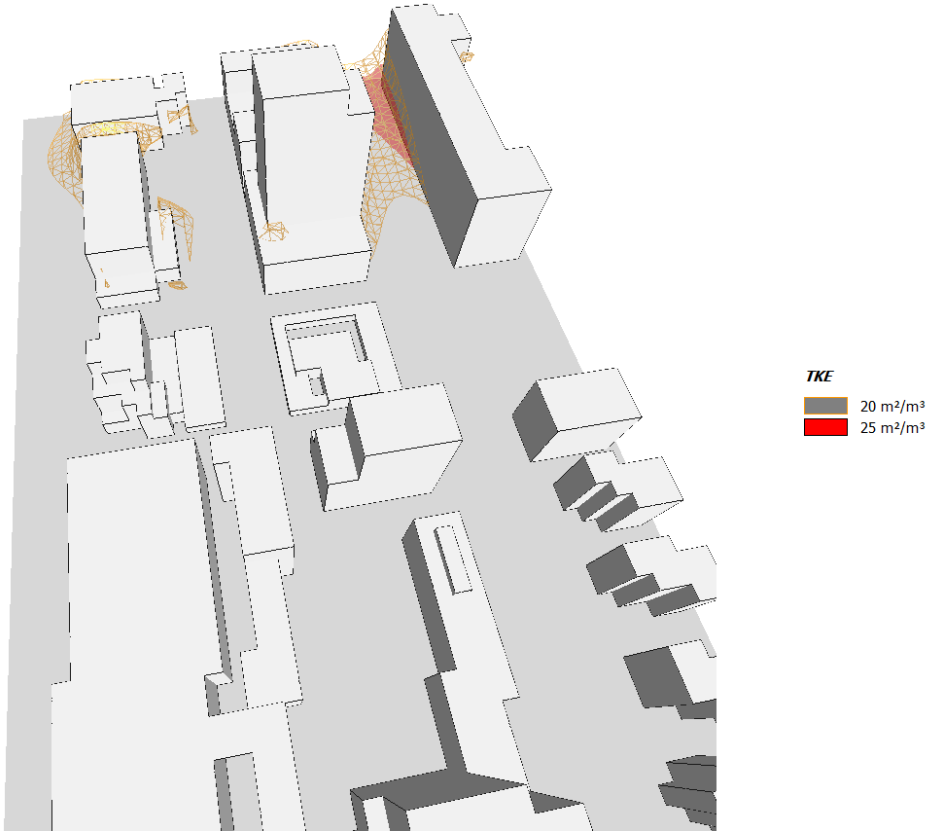
Vi ser att de högre vindhastigheterna bara når markplanet på två ytor i Första Långgatan. Dessutom framgår att taket på parkeringshuset, som planerats för sportaktiviteter, är utsatt för högre vindhastigheter och därför behöver ordentliga skydd.

Nära stiltje råder, förutom invid fasader i vindriktningen, i Förskoleparken och i mera slutna platser mellan huskroppar och på innergårdar.

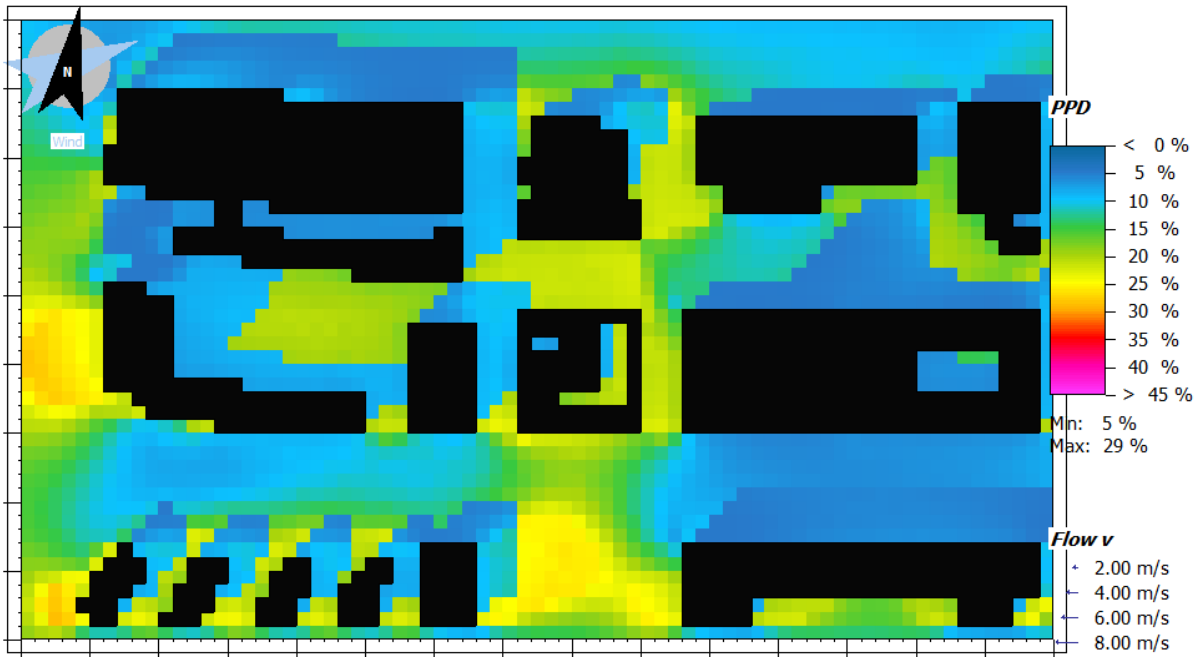
På samma sätt visas turbulensnivåerna 20 och 25 m^2/m^3 i Figur 13. De högsta värdena beror troligen på modellens randvillkor, och i övrigt ser vi inga problem med turbulens i detta område på sommaren.



Figur 12: Vindhastighet, iso-ytor i Kommersen-området i juli. Endast 1- och 4-nivåerna redovisade.



Figur 13: Turbulens, iso-ytor i Kommersen-området i juli. Endast 20- och 25-nivåerna redovisade.



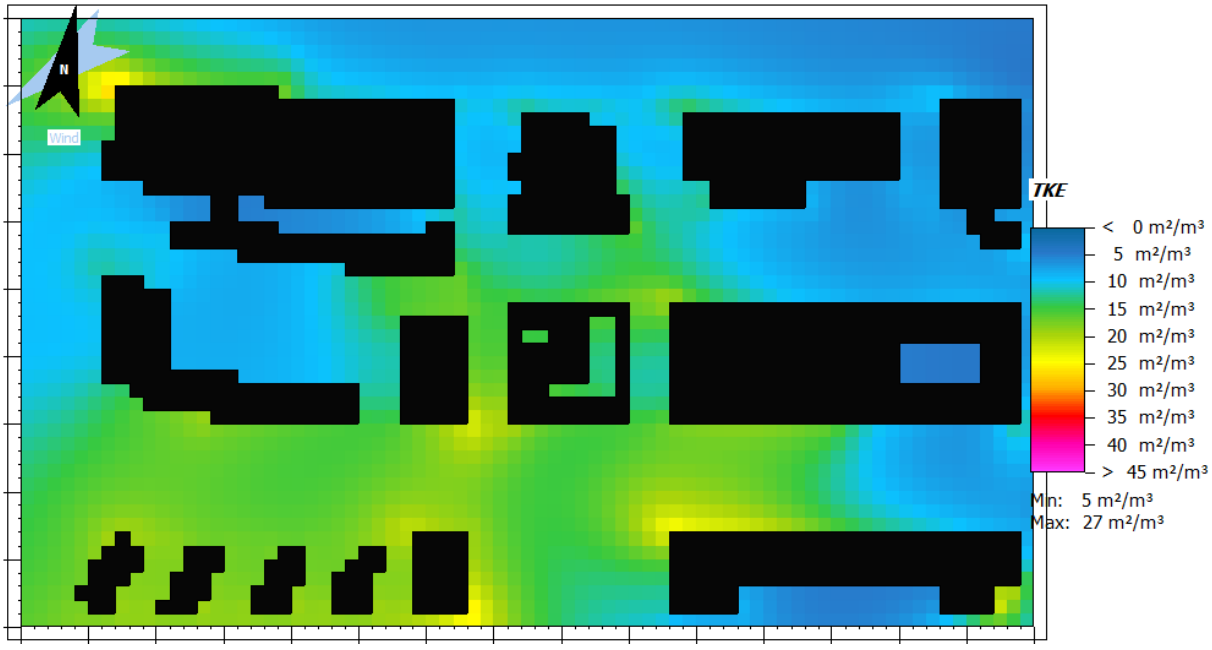
Figur 14: Komfort 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i juli i Kommersen-området.

Den termiska komforten vid Kommersen-platsen på sommardagen (Figur 14) ser ut att ha marginellt förbättrats i stora drag jämfört med grundförslaget (Figur 2).

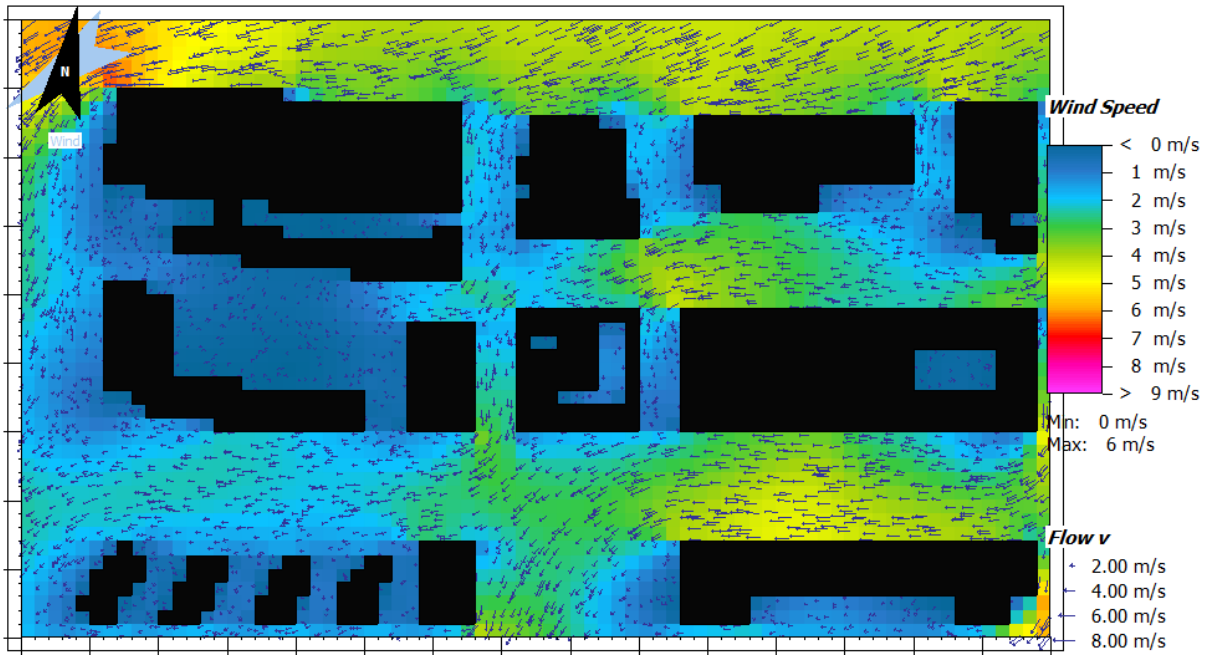
Vinter

På vintern kommer vinden från nordväst. På grund av den utbrutna modellytan kommer inkommande vind här att vara väsentligt mindre turbulent än i grundmodellen, där den hade filtrerats genom den östliga bebyggelsen.

I Masthamnsgatan ökar turbulensen i markplanet (Figur 15) med ca 10 m^2/m^3 från högra modellgränsen fram till hörnet vid Kommersen-platsen. I grundmodellen var samma ökning ca 15 m^2/m^3 med en mera accentuerad topp vid kvarterets hörn (Figur 5). Den förflyttade högdelen verkar alltså ha förbättrat vindmiljön vid platsen genom något minskad turbulens.



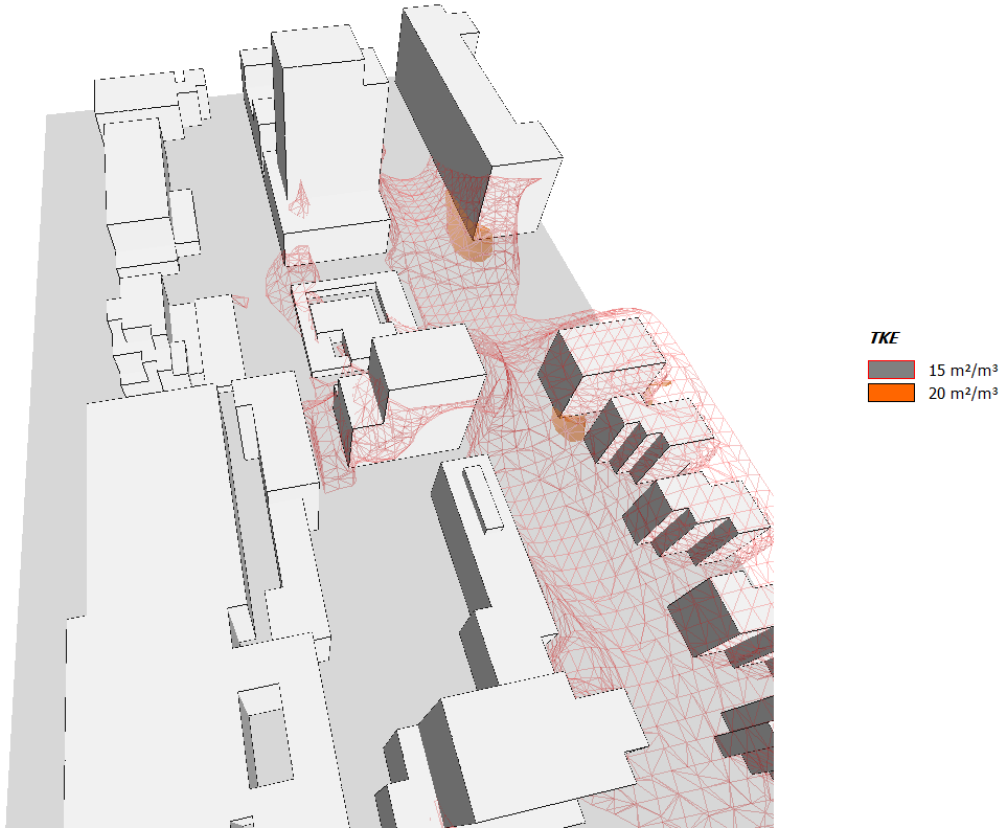
Figur 15: Vindhastighet och turbulens 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i januari i Kommersen-området. Längst ner löper Första Långgatan, i mitten Masthamnsgatan och i norr Oscarsleden.



Figur 16: Vindhastighet och -riktning 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i januari i Kommersen-området.

Vindhastigheten i markplanet (Figur 16) uppvisar ungefär samma nivåer som i Basstudien, men även i detta fall har vi i den mindre modellen högre ingångsvärden; ca 1 m/s över grundmodellens. Med det i beaktande torde vindmiljön i Kommersen-platsen ha förbättrats något pga förändringen.

Turbulensen i 3D-perspektiv i Figur 17 visar att de högsta värdena uppträder i Första Långgatan, med toppar (TKE >20, i realiteten troligen något högre pga modelleffekterna) vid gatuhörn på läsidan av de högsta byggnaderna. Masthamnsgatan och Kommersen-platsen ligger till allra största delar under TKE15. Vi ser alltså inga negativa effekter av den modifierade byggnaden.



Figur 17: Turbulens, iso-ytor i Kommersen-området i januari. Endast 15- och 20-nivåerna redovisade.

Piren-området (B1)

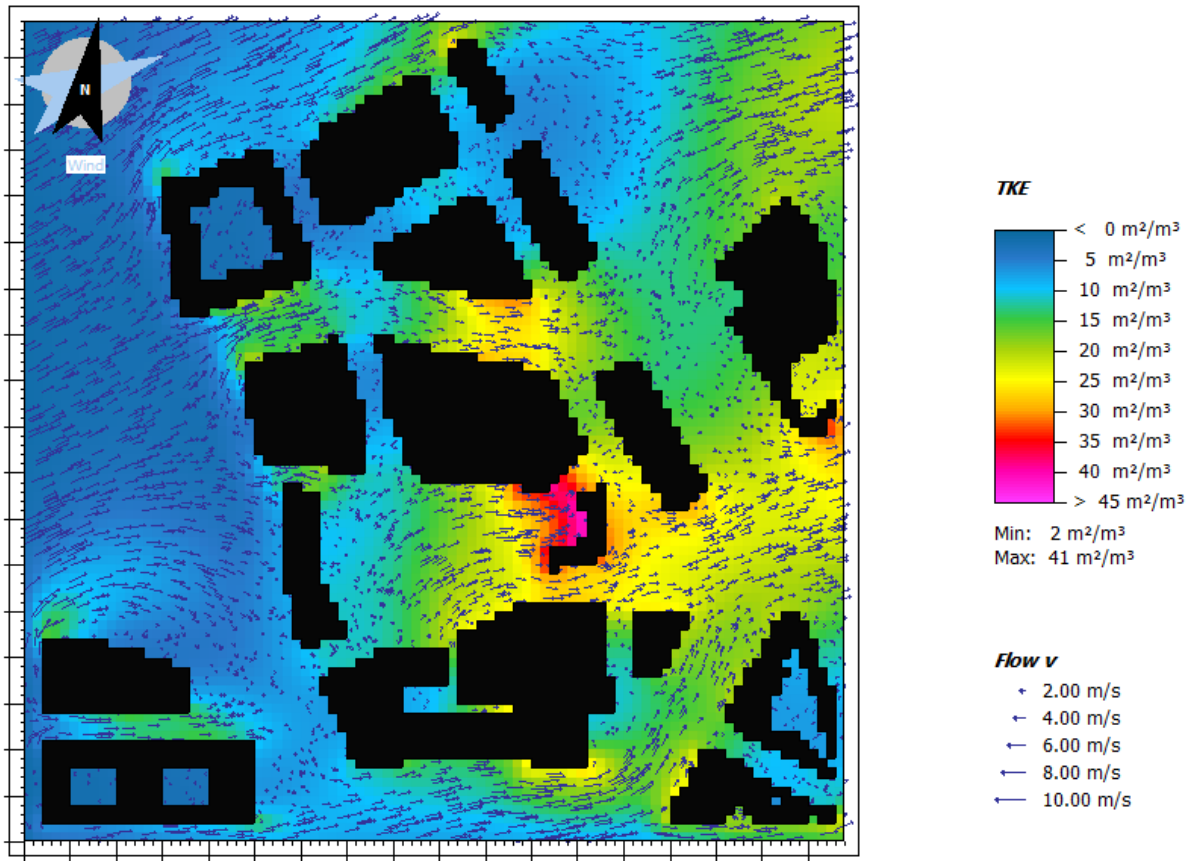
Här identifierades två problemområden; dels västra mynningen av Emigrantvägen; dels den nya ”Järnvågsparken”. I båda fallen orsakade högre vindhastighet och turbulens nedsatt termisk komfort, främst på sommarkvällarna. Eftersom det inte befanns vara några problem på vintern, studerar vi här endast sommarfallet.

Den mittersta, höga byggnaden i västra delen av Piren-området har testats med två alternativa utformningar. I båda fallen är byggnaderna norr och öster om denna lika, men skiljer sig från grundförslaget.

Alternativ B1-1

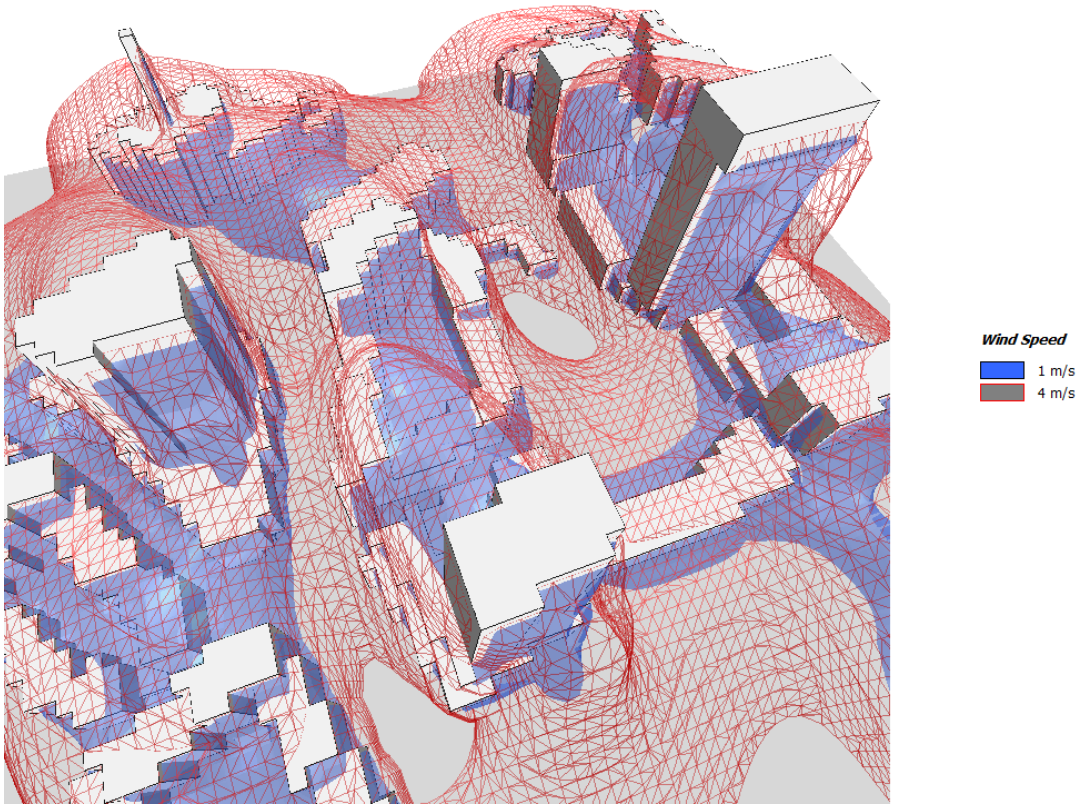
I Emigrantvägens västra mynning har nu turbulensen och vindhastigheten i markplanet minskat, se Figur 18. Däremot har vi fått *ökad* turbulens kring byggnaderna i kvarteret öster därom, vilket gjorts högre och mera slutet. I Emigrantvägen är den måttlig, men i Järnvågsparkens östra del har turbulensen ökat betydligt, jämför med Figur 4. Grundförslagets låga byggnad har här också bytts ut mot en boomerang-liknande volym, vilken eventuellt kan bidra till turbulensen.

Vindhastighetens iso-ytor i Figur 19 visar att vindstyrkor över 4 m/s når markplanet i mynningen till Emigrantvägen samt mitt i Järnvågsparken, däremot är det lägre hastigheter i de mest turbulenta områdena vilket mildrar effekten. Flera områden har bra läförhållanden.



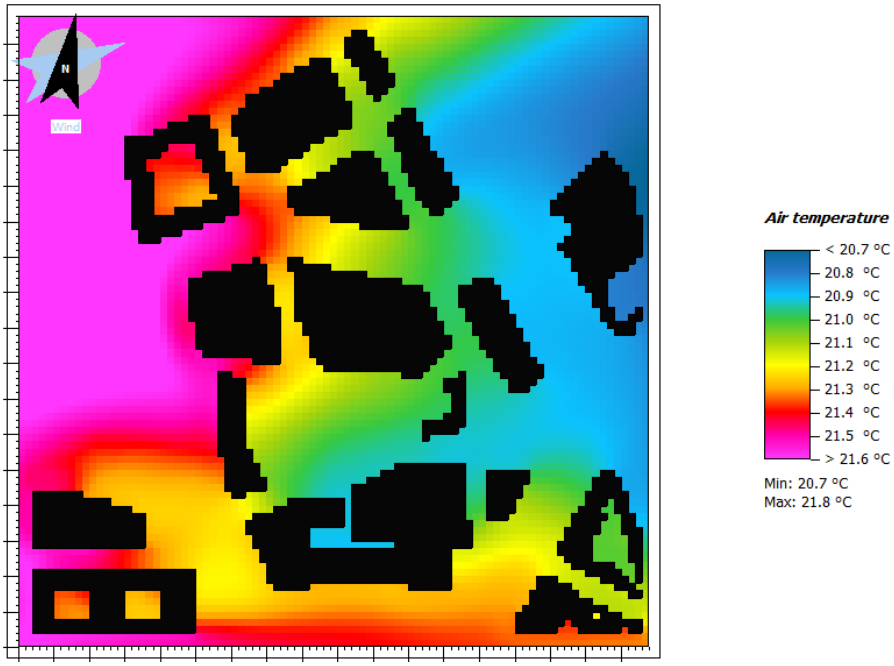
Figur 18: Vindhastighet och turbulens 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i juli i Piren-området Alt 1. Längst ner Järntorget, i mitten nya ”Järnvågsparken”, norr därom Emigrantvägen, överst Piren.

Generellt är de ingående turbulensnivåerna lägre än i grundförslagets simulering, eftersom modellen är utbruten ur helheten och den inkommande vinden från väst därmed mera laminär. De tredimensionella iso-ytorna motsvarande 20 och 25 m^2/m^3 i Figur 20 torde då vara något underskattade. I figuren ser vi också till höger motsvarande turbulensnivåer i Basstudien, samt även nivåerna 30 och 35 m^2/m^3. Här är *inkommande* turbulens mera lik den i alternativförslaget, så vi kan i någon mån använda denna grafiska bild som referens. Vi ser då en minskad turbulens i Emigrantvägens mynning, men ökad på båda sidor om det förhöjda kvarteret längre österut.



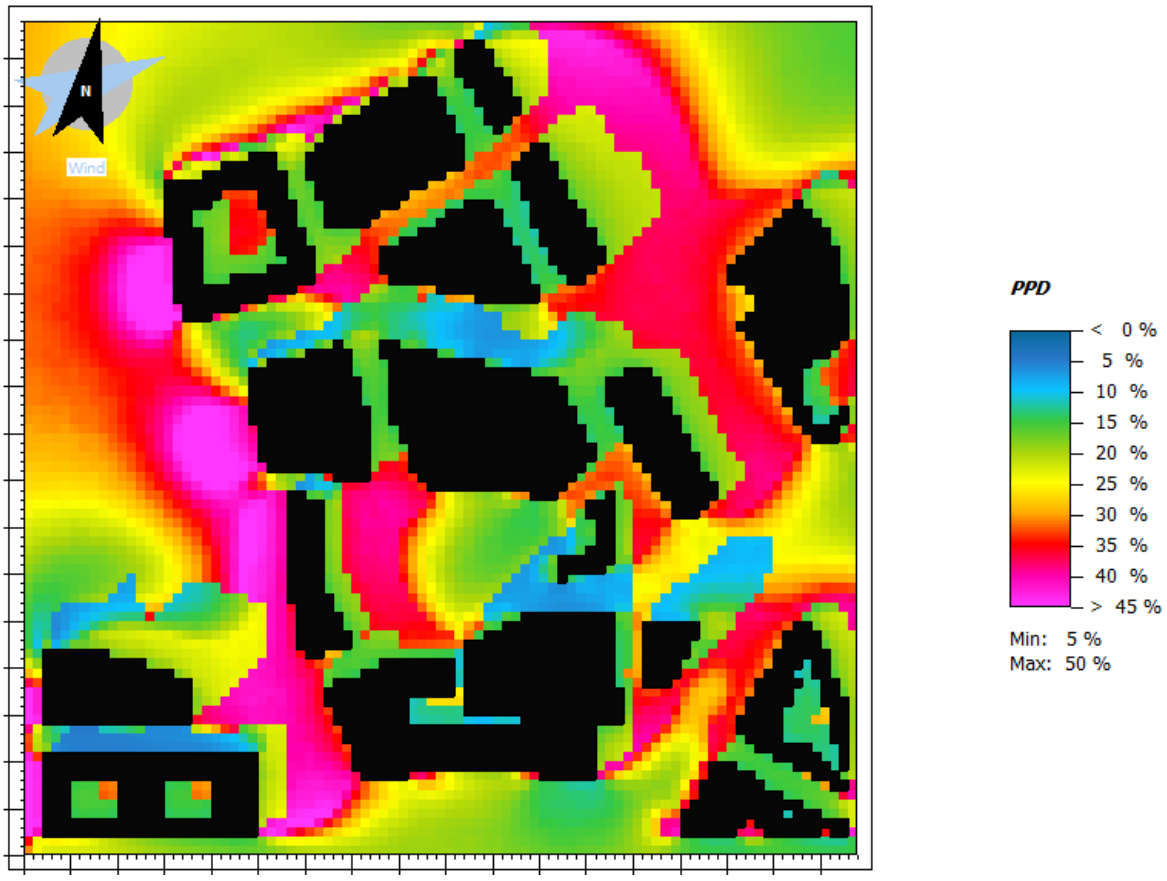
Figur 19: Vindhastighet, iso-ytor i Piren-området Alt 1. Endast 1- och 4-nivåerna redovisade.

Figur 20: ***Till vänster****: Turbulens, iso-ytor i Piren-området Alt 1. Endast 20- och 25-nivåerna redovisade.*
Överst till höger*: Motsvarande resultat från Basstudien, där inkommande vind från de västliga kvarteren var mera turbulent.*
Nederst till höger*: Basstudien, men redovisade TKE-nivåer (30–35) är här 10 m²/m³ högre än i övriga figurerna. I den begränsade alternativmodellen är inkommande vind mera laminär, närmast jämförbar med denna figur.*



Figur 21: Lufttemperatur 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i juli i Piren-området Alt 1.

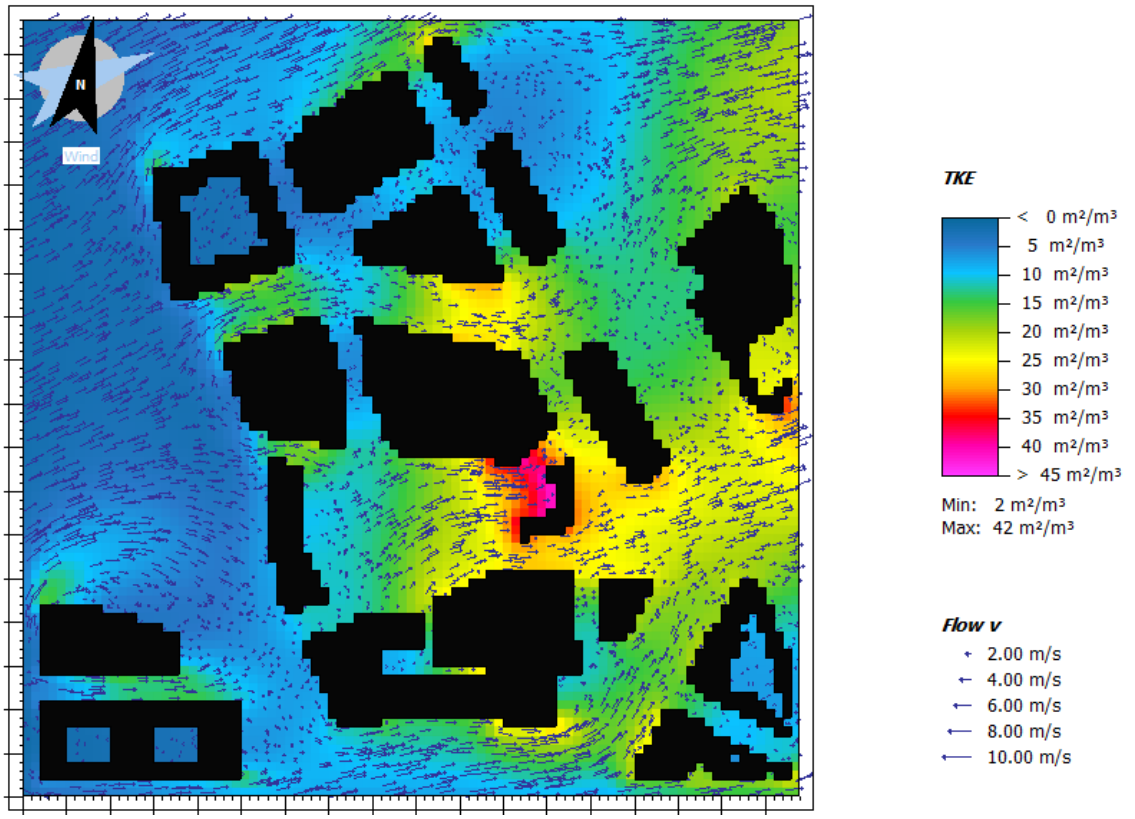
För att utvärdera den termiska komforten vid markplanet, måste vi först titta på lufttemperaturerna. Det visar sig, att vi även här får förändrade förhållanden på grund av den begränsning vi infört i modellytan. I Basstudien hade den inkommande luften sakta kylts på sin väg genom de västliga kvarteren, och temperaturen vid Järnvågsgatan låg där kring 20,0°C, medan vi i Figur 21 ser att motsvarande nivåer här är 1,2–1,6 grader högre. Detta medför att komforten (Figur 22) som generellt verkar ha blivit sämre, egentligen borde justerats för att kunna göra en direkt jämförelse. Vi antar dock att den inkommande PPD-nivån i Järnvågsgatan även här ligger kring 25% istället för 45%, och då ligger alla värden under 30% istället för 50%. Vi ser att solbelysning i kombination med svagare vindar ger något sämre komfort, t ex i parkens västra del.



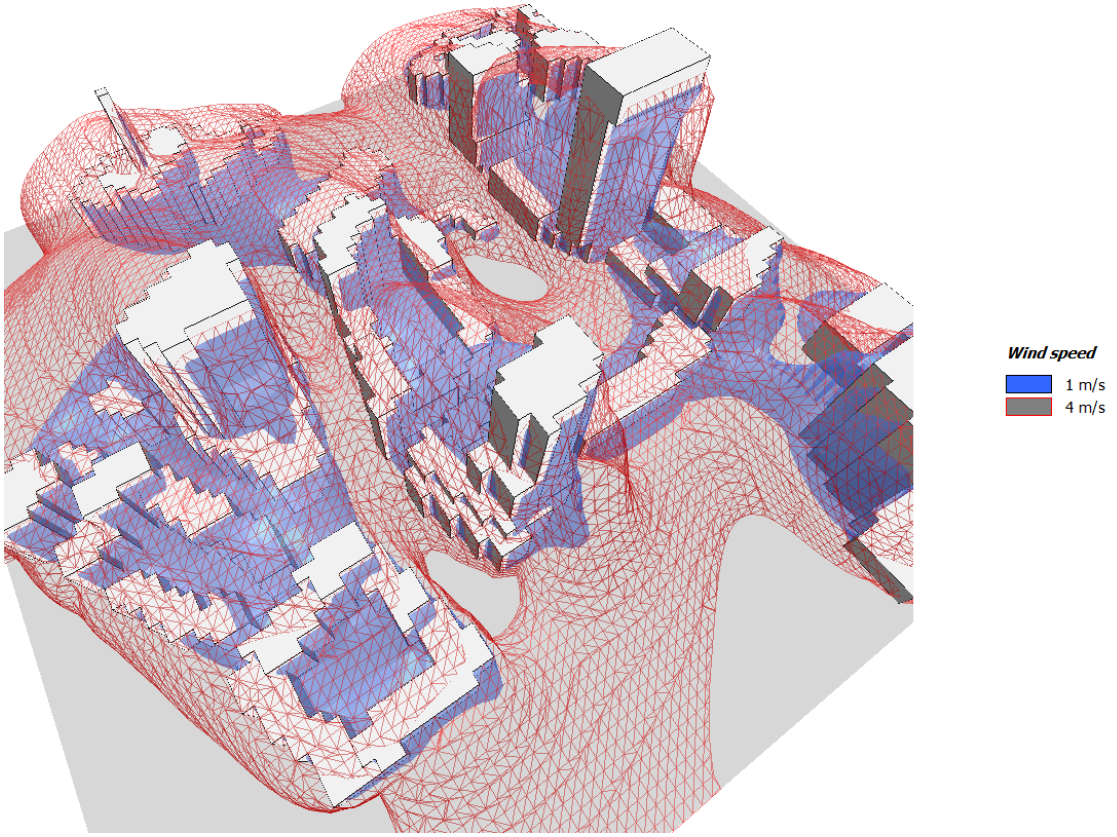
Figur 22: Komfort 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i juli i Piren-området Alt 1.

Alternativ B1-2

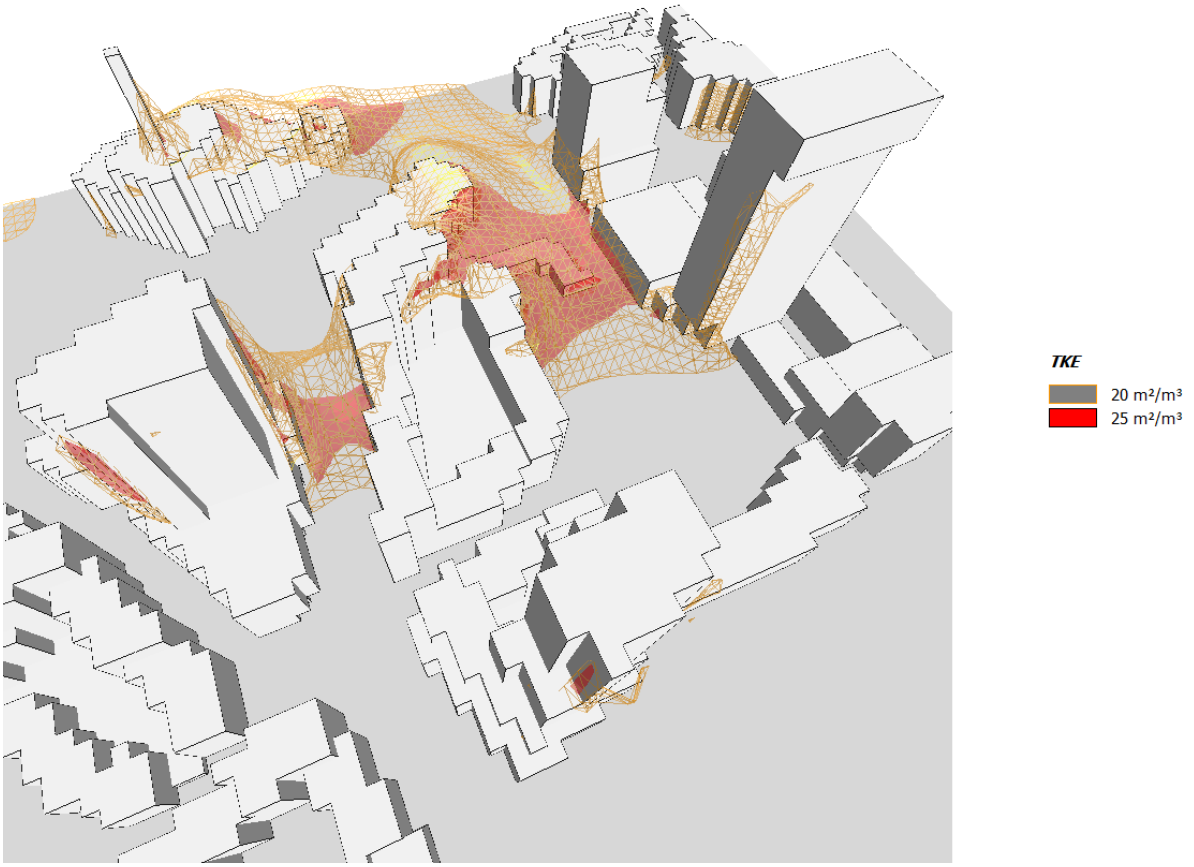
Den alternativa utformningen av höghuset B1 ger mycket små förändringar i mikroklimatet jämfört med B1-1. Vi ser i princip inga förändringar i vindförhållanden och komfort i denna upplösningsgrad, se figurerna nedan.



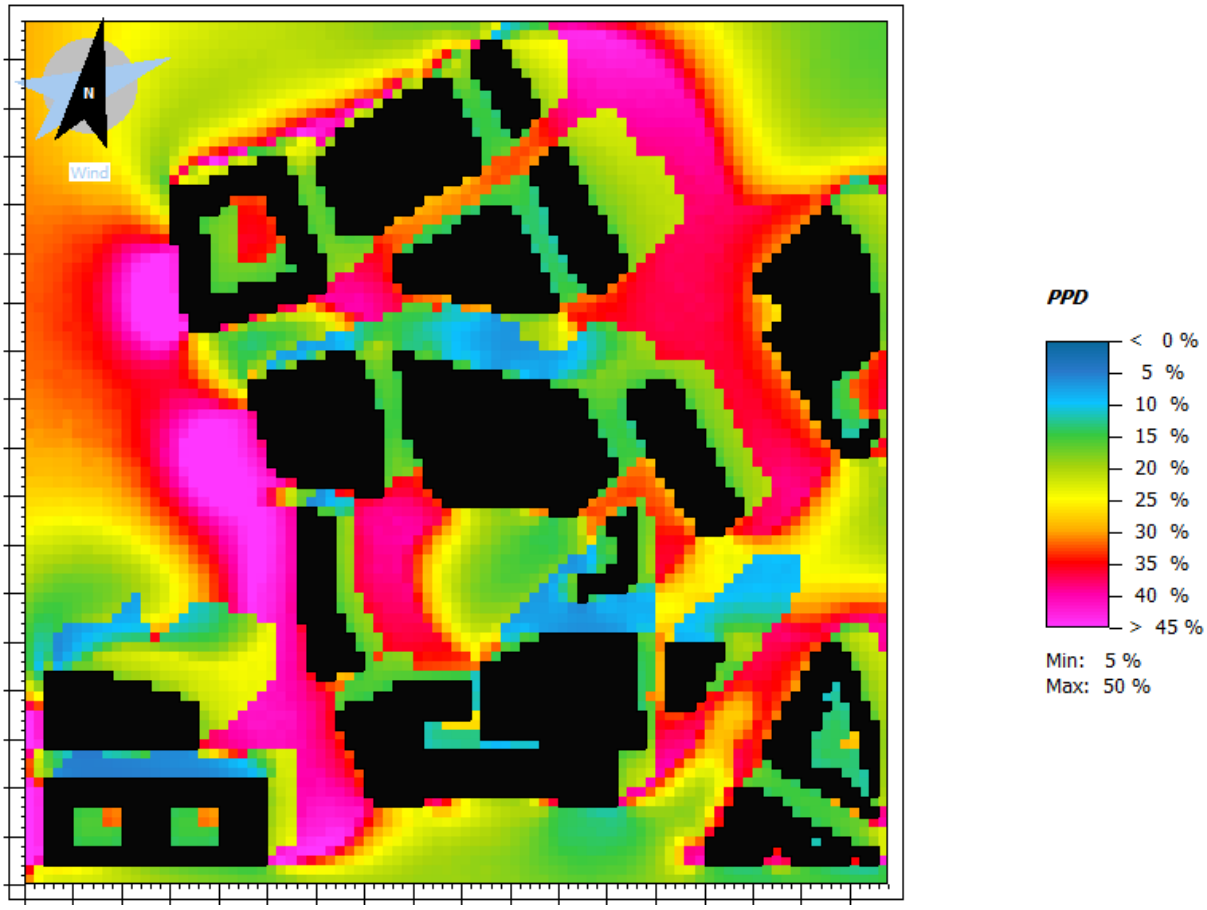
Figur 23: Vindhastighet och turbulens 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i juli i Piren-området Alt 2. Längst ner Järntorget, i mitten nya "Järnvågsparken", norr därom Emigrantvägen, överst Piren.



Figur 24: Vindhastighet, iso-ytor i Piren-området Alt 2. Endast 1- och 4-nivåerna redovisade.



Figur 25: Turbulens, iso-ytor i Piren-området Alt 2. Endast 20- och 25-nivåerna redovisade.

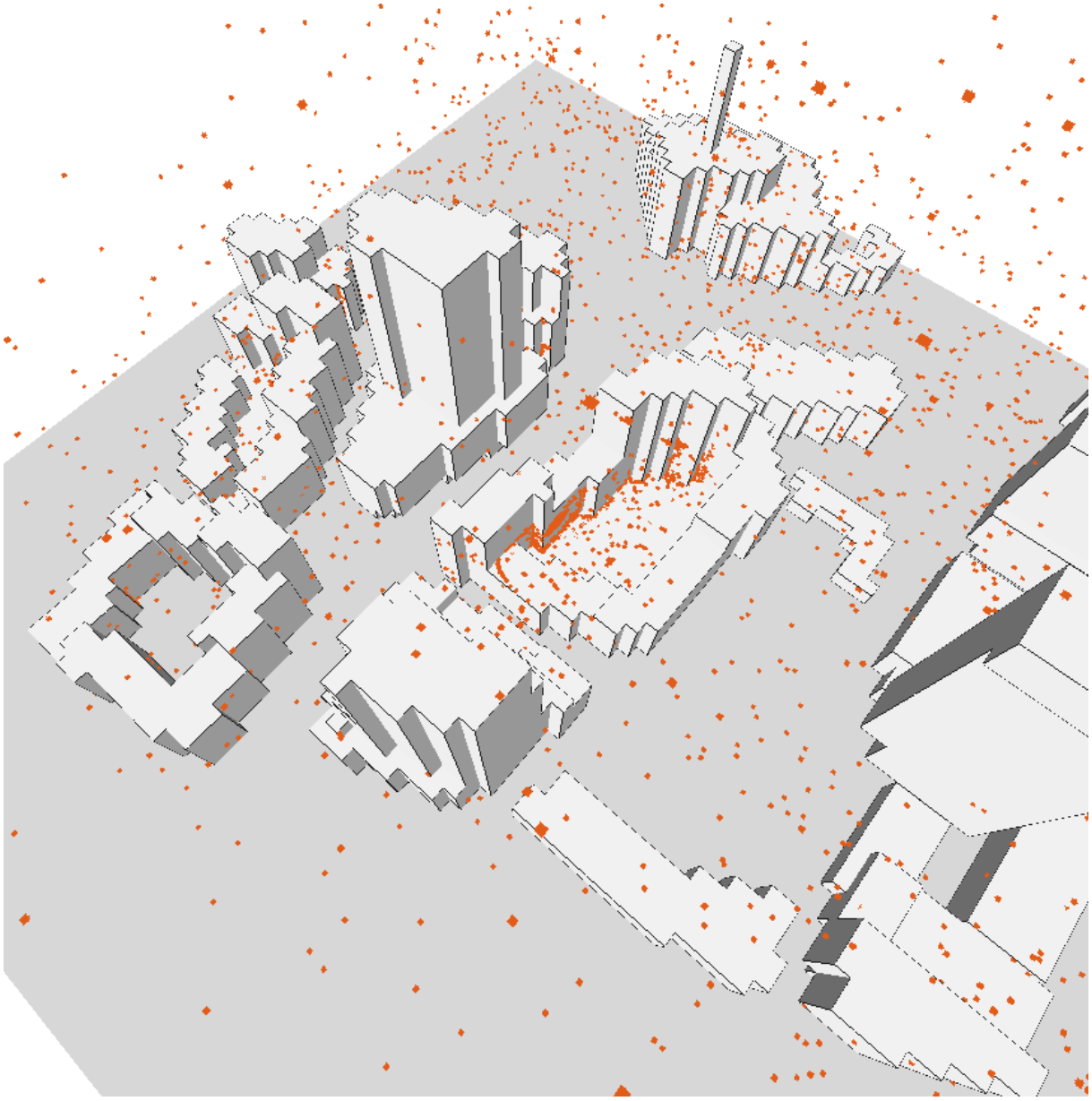


Figur 26: Komfort 1,5 m över mark på eftermiddagen kl 14 i juli i Piren-området Alt 2.

Luftkvalité

Värdering av luftkvalité ingår inte i uppdraget[2], men en viss indikation på problempunkter kan man få genom att släppa ett jämnt flöde av partiklar i hela vindfältet i ENVI-met. I en animation kan man då följa partiklarnas väg, och även identifiera ”vindfällor”, där luftburna partiklar samlas. Där är sannolikt också luften av sämre kvalitet på grund av att den inte förnyas i så stor omfattning (hög s k ”age-of-air”).

I Figur 27 ser vi hur partiklarna samlas på innergården norr om ”Järnvågsparken” i B1-förslaget. För att säkra luftkvalitén här rekommenderas någon/några mindre öppningar i nordvästra delen, så att viss genomluftning sker. Även den termiska komforten på sommaren kan vinna på något ökad vindhastighet.



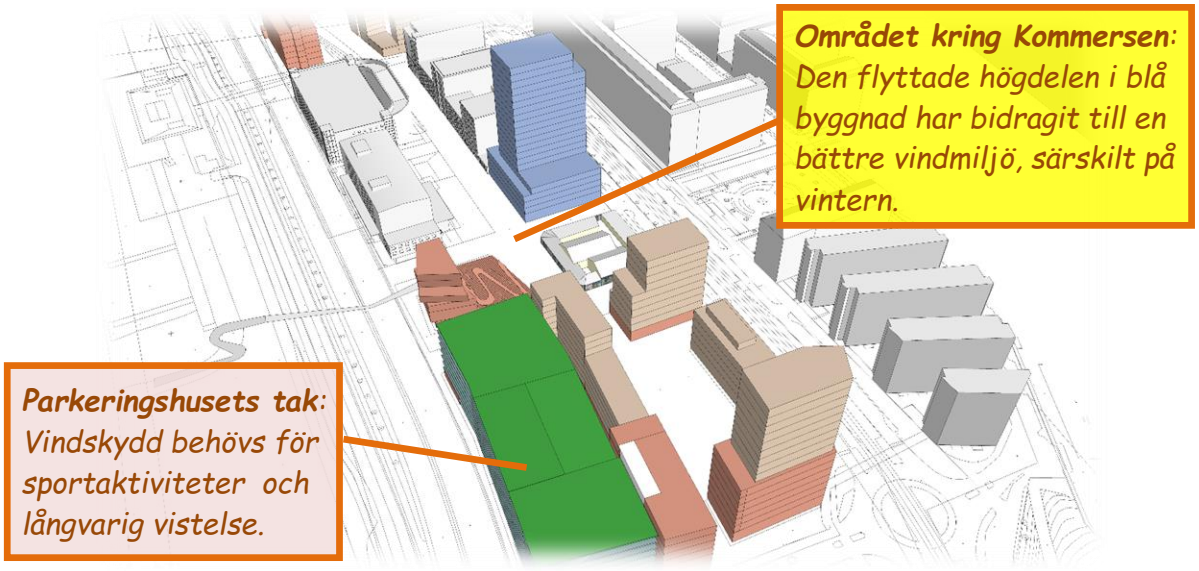
Figur 27: Partikelspridning med sommarvinden i Piren-området. Jämn fördelning i hela vindfältet, resultat efter en tids förlopp. Endast indikativt!

[2] En separat utredning ska göras i miljöförvaltningens regi.

Slutsatser

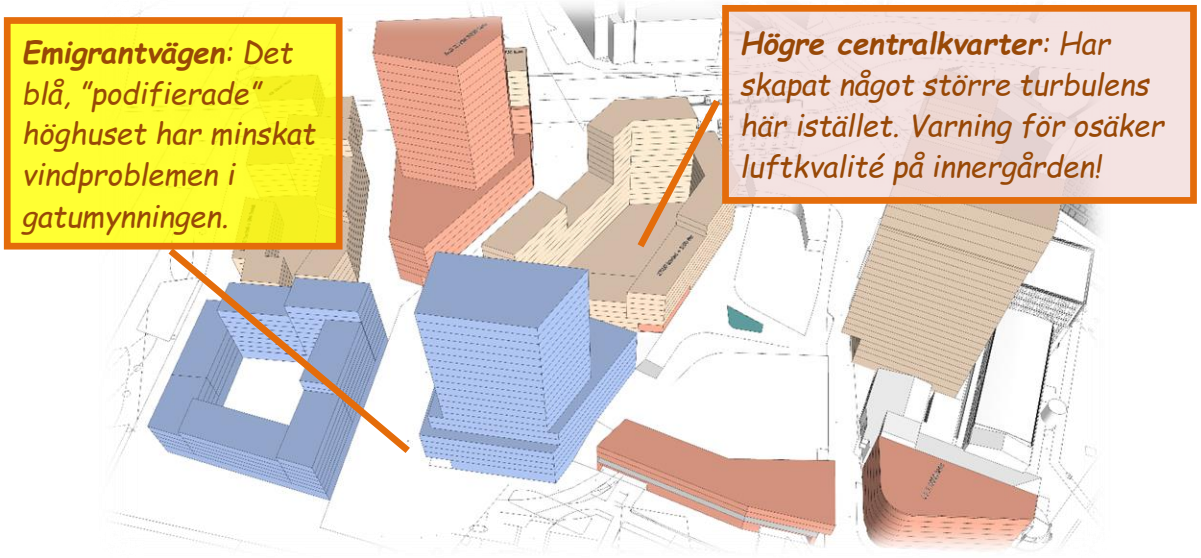
De föreslagna alternativen har förbättrat miljön i de tidigare kritiska punkterna, men också delvis skapat nya problem.

Kring Kommersen-platsen i planområdets västra del (Figur 28) har vindförhållandena förbättrats på vintern, vilket var avsikten. Inga negativa effekter verkar ha uppstått av att den höga byggnadens högdel vridits och flyttats en bit, så att ett podium uppstått närmast platsen. Av 3D-diagrammen har dock framgått att den gröna takytan på parkeringshuset, tänkt för sportaktiviteter, är utsatt för relativt höga vindhastigheter och bör skyddas för att ska bli användbar.



Figur 28: Kommersen-platsen i västra delen av området. *Underlagsbild i SketchUp: Kanozi Arkitekter.*

I östra delen av området (Figur 29) har modifieringen av det västra höghuset till en mera podieliknande form (två varianter testade) förbättrat vindmiljön i Emigrantvägen. De två förslagen ger lika effekt i markplanet, vilket alltså inte är så känsligt för utformningen av högdelen. Däremot har det högre centralkvarteret skapat mera turbulens, både i Emigrantvägen och Järnvågsparken. Vid normalt väder torde detta inte orsaka obehag eftersom vindhastigheterna då är relativt låga. På sommaren behövs också vind för bättre komfort under varma perioder! Även på centralkvarterets innergård bör man skapa bättre ventilation för ökad luftkvalitet. En detaljstudie av parkens utformning med vegetation och vindskydd kan vara motiverad.



Figur 29: Piren-området och Järnvågsparken i nordost. *Underlagsbild i SketchUp: Kanozi Arkitekter.*