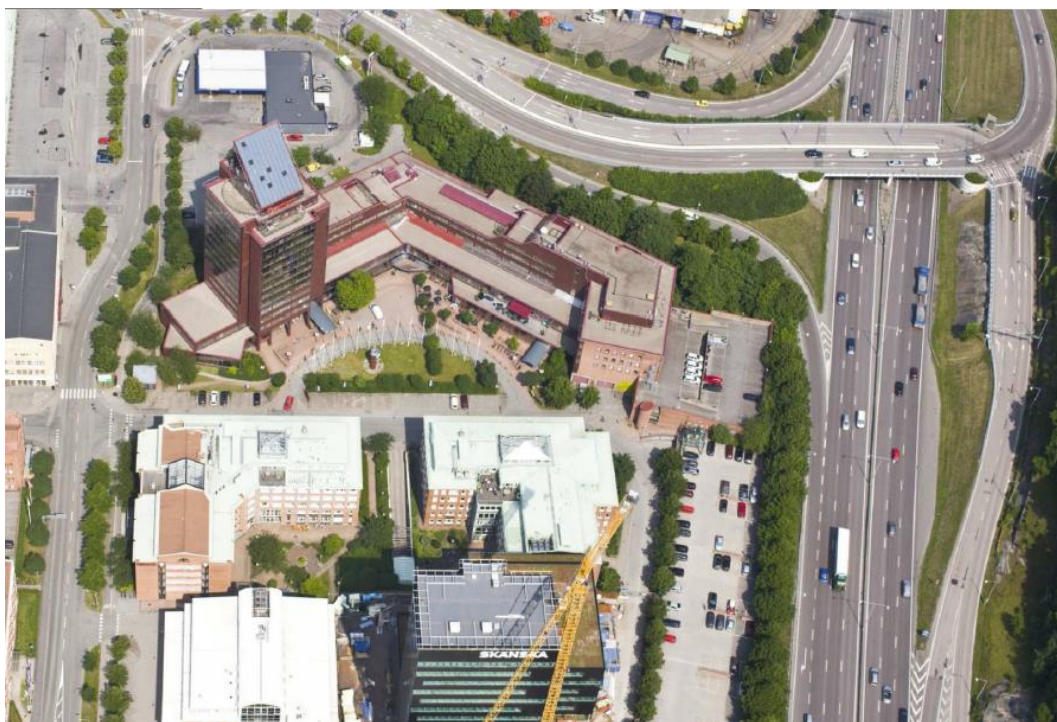


Detaljplan för Ullevigatan, Göteborg

Utredning av Lokalklimat och Luftkvalitet



Ett uppdrag för Göteborgs Stad
Stadsbyggnadskontoret

April 2016

Hans Rosenlund
TeknDr, Arkitekt SAR/MSA
cec DESIGN

Innehåll

Bakgrund		1
Introduktion		1
Utredningsområdet	1	
Planförslaget	1	
Uppdrag	2	
Metod		2
Klimat		3
Allmänna data	3	
Vind	3	
Komfort	5	
Luftkvalité		6
Trafikmängder	6	
Luftföroreningar	8	
Indata till simuleringarna	10	
Gränsvärden	10	
Modell		11
Mark	11	
Vegetation	12	
Byggnader	12	
Luftföroreningar	13	
Tillförlitlighet, osäkerheter och begränsningar		14
Analys		15
Mikroklimat		15
Sommar	15	
Vinter	19	
Förändringar skapade av planförslaget	22	
Luftkvalité		24
Sommar	24	
Vinter	29	
Slutsatser och Rekommendationer		36

Läsanvisning

Bakgrunden behandlar planområdet, metoden, modellen och indata.

Analysen redovisar och förklarar de beräknade resultaten.

Rekommendationerna föreslår lösningar i kritiska punkter och vidare detaljstudier.



CEC Design AB och Göteborgs Stad är partners i konsortiet *Klimatsäkrade Systemlösningar för Urbana Ytor*. Datorsimuleringarna har utförts som en del av detta forskningsprojekt.

Finansiär:



© CEC Design AB
Alltidhultsvägen 118
SE-29391 Olofström, Sweden

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

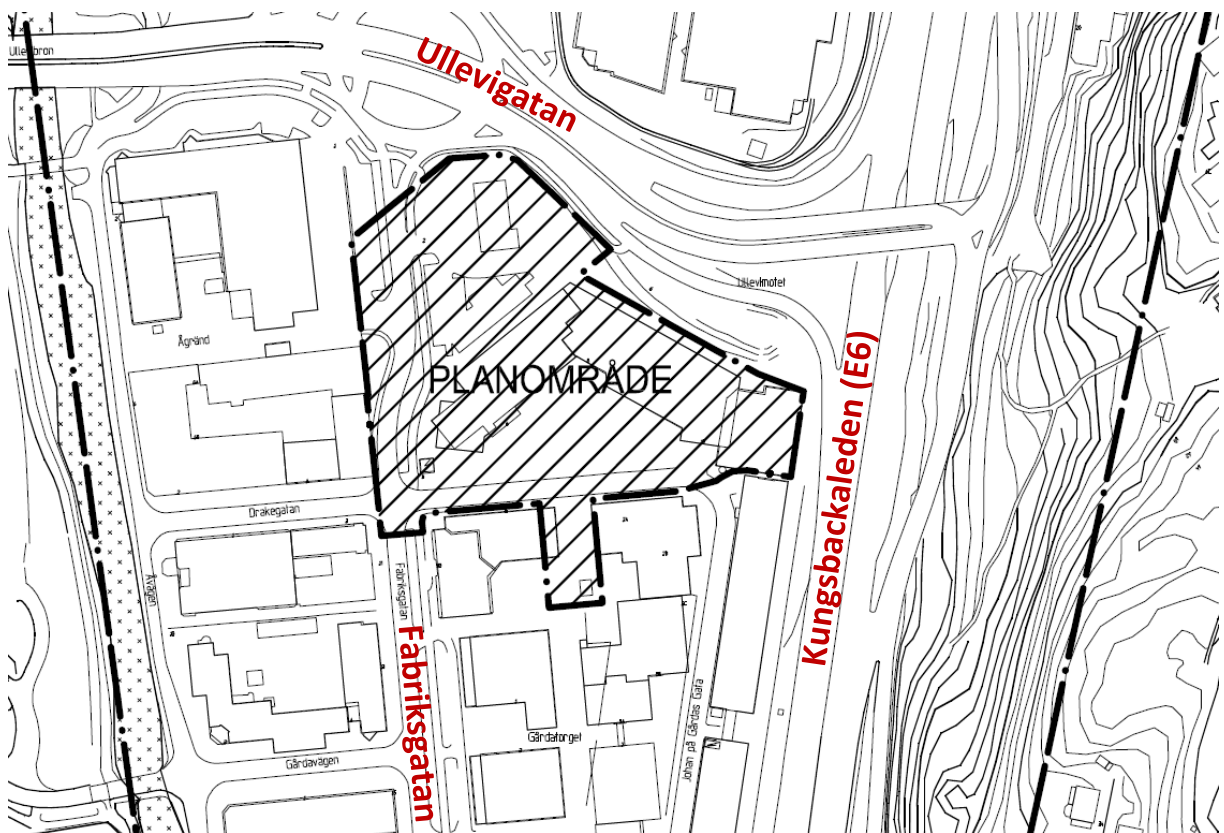
Bakgrund

Introduktion¹

Utredningsområdet

Planområdet är beläget söder om Ullevimotet och öster om Fabriksgatan i stadsdelen Gårda. Bebyggelsen inom planområdet består av en bensinstation samt befintliga kontorsbyggnader. Inom området finns idag en högre byggnad, det så kallade Canon-huset. Strax väster om planområdet ligger Gårda brandstation.

Området domineras av trafikapparaten kring Ullevimotet i norr och av motorvägen i öster. Öster om motorvägen stiger terrängen brant och en bergvägg avgränsar stadsrummet. I väster finns småskaligare bebyggelse runt Fabriksgatan och längs Mölndalsån. Längs ån finns inslag av grönska. Väster om ån finns bebyggelse och stora öppna ytor i anslutning till Ullevigatan och runt Nya Ullevi.



Figur 1: Planområdet med omgivning.

Källa: Göteborgs Stad

Planförslaget

Planförslaget innebär att området kompletteras med flera höga byggnader, huvudsakligen för kontorsändamål. Förslaget innebär en förtätning av området och har ambitionen att förena de höga byggnaderna som ett inslag i stadsbilden i den stora skalan med en strävan att skapa goda och vistelsevänliga miljöer i anslutning till Fabriksgatan.

Läget och de ambitioner som finns med planarbetet skapar ett behov av att utreda vilken inverkan trafikapparaten och den planerade bebyggelsen kan få på lokalklimat och vindförhållanden på platsen. Detta gäller både med avseende på luftkvalitet och luftföroreningar och med avseende på vistelsemiljön på platser och gator i anslutning till de förslagna byggnaderna.

¹ Källa: Offertförfrågan, januari 2016. Göteborgs Stad.



Figur 2: Tidiga planförslag för delområdena; Skanska, Platzer och Wallenstam.

Källa: Göteborgs Stad

Uppdrag

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

- **Beskrivning** av lokalklimat för
 - dagens situation och
 - det liggande planförslaget,
 med avseende på bl a vindar, temperatur, sol/skugga, grönstruktur, luftkvalitet och luftföroreningar.
- **Analys** av hur ovanstående aspekter samverkar och påverkar på platsen. Platsens utmaningar med avseende på lokalklimat, där särskilt kritiska förhållanden identifieras.
- **Rekommendationer** för ett förbättrat lokalklimat, grundade på ovanstående beskrivning och analyser, utifrån det liggande planförslaget. Särskild vikt ska läggas vid utomhusmiljön längs Fabriksgatan och vid platser och gårdar inom kvartersmark i anslutning till denna.

Metod

En digital modell av hela planområdet och närmast omgivande bebyggelse har byggts upp i simuleringsprogrammet *ENVI-met*². I studien ingår vegetation i form av gårds- och gatuträd samt grönytor, liksom emissioner från de omgivande trafiklederna. Nivåerna har beräknats efter mätta värden strax söder om planområdet, och därefter kalibrerats efter trafikmängd.

En faktor som begränsar modellstorlek och rimliga simuleringstider är upplösningen. Simuleringen har här ett rutnät på $3 \times 3 \text{ m}^2$ i plan och 3 m i höjd upp till 12 m, därefter ökar cellhöjden med 15% per lager upp till totalhöjden 344 m. Detta ger en tillräckligt tydlig övergripande bild av mikroklimatet.

Problempunkter i befintlig och tillkommande bebyggelse identifieras, och förslag till lösningar rekommenderas. Om behov finns, kan ytterligare detaljstudier göras, t ex efter förändringar i planen eller med en högre upplösning för en tydligare bild av lokala lösningar i några kritiska punkter.

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, luftfuktighet, evaporation, emissioner, komfort mm. (www.envi-met.com).

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 simuleringsmodellens lufttemperatur, relativ fuktighet, molnighet och vindhastigheter har hämtats från Tabell 1.

Tabell 1: Klimatdata för Göteborg. Källa: METEONORM³. De månader som utgör vinter- och sommarfall för denna studie är markerade.

Månad	Medel- temp	Relativ fuktighet	Solstrålning			Molnig- het	Vind- hastighet
	t [°C]	RH [%]	Global G_h [W/m ²]	Direkt B_n [W/m ²]	Diffus D_h [W/m ²]	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 har förvärvat direkt från SMHI⁴. Mätstationen ligger centralt i Göteborg och nära planområdet. Vindrosorna i Figur 3 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 4, men är avgörande ur komfortsynpunkt. Framtida prognoser (Figur 5) visar på starkt frekvens av vindar från VSV.

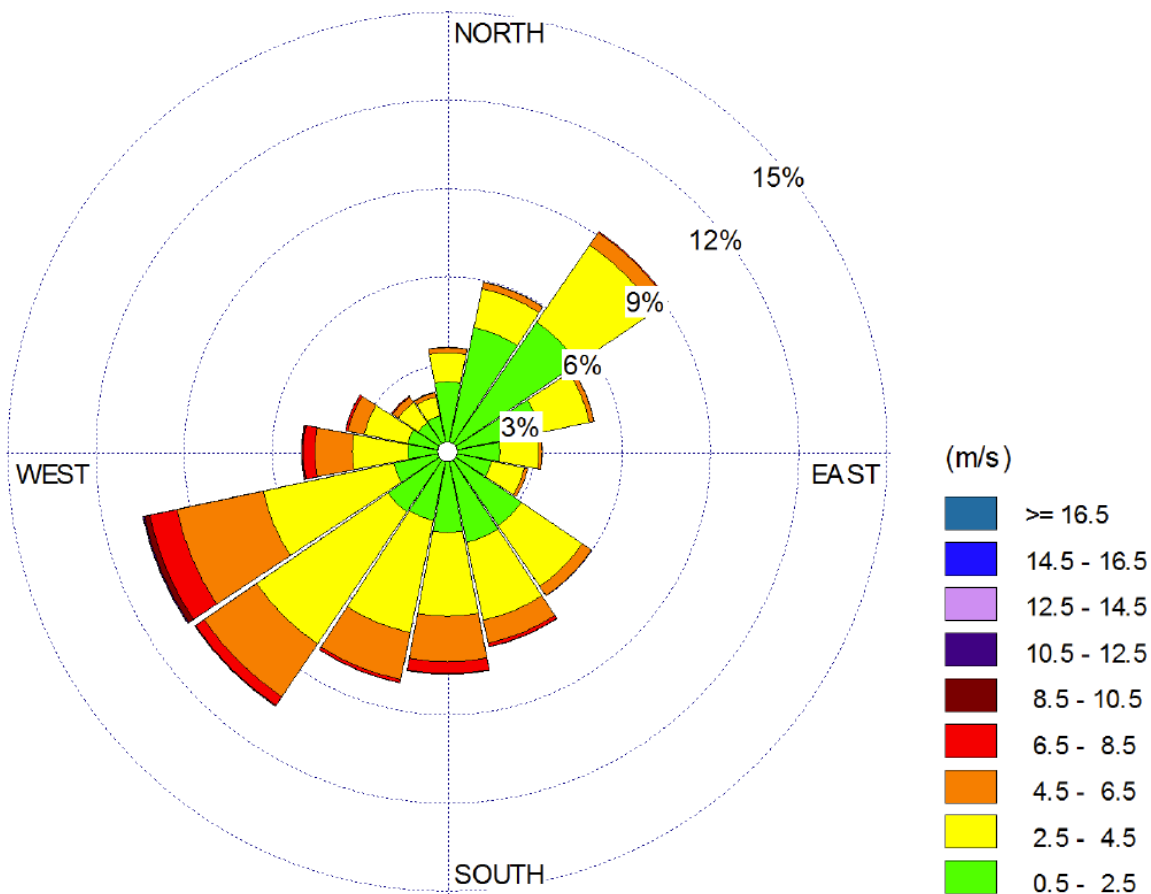
Simuleringarna körs för tre perioder med följande ingångsdata:

- Vintern (januari): $t_{medel} = 0,0^{\circ}\text{C}$ $RH = 91\%$ $N = 6$ octas $v = 4,2$ m/s NO
- Sommaren (juli): $t_{medel} = 16,5^{\circ}\text{C}$ $RH = 79\%$ $N = 5$ octas $v = 3,4$ m/s VSV

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, medan viss turbulens dock kan vara positiv för undvikande av ansamling av luftföroreningar.

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

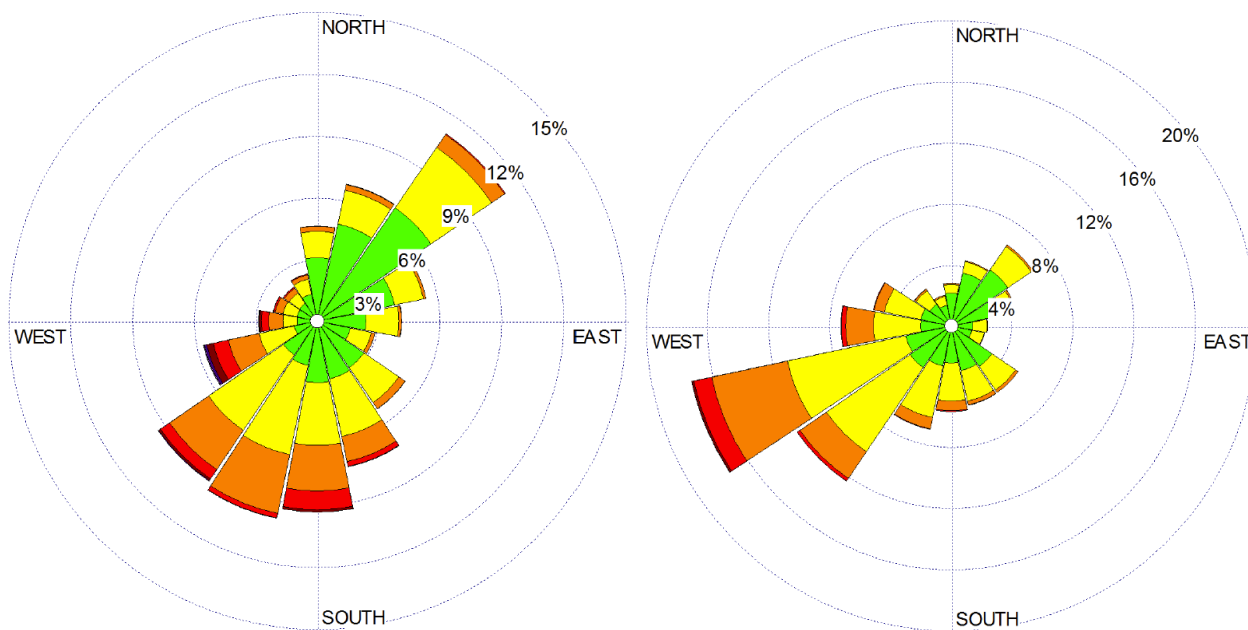
⁴ SMHI mätstation Göteborg A, Centralenområdets östra del vid E6, ca 3 km ONO planområdet (57,72°N; 11,99°E).

**Ovan:**

Helår; Medelvindhastighet 2,6 m/s (lugnt 8%).

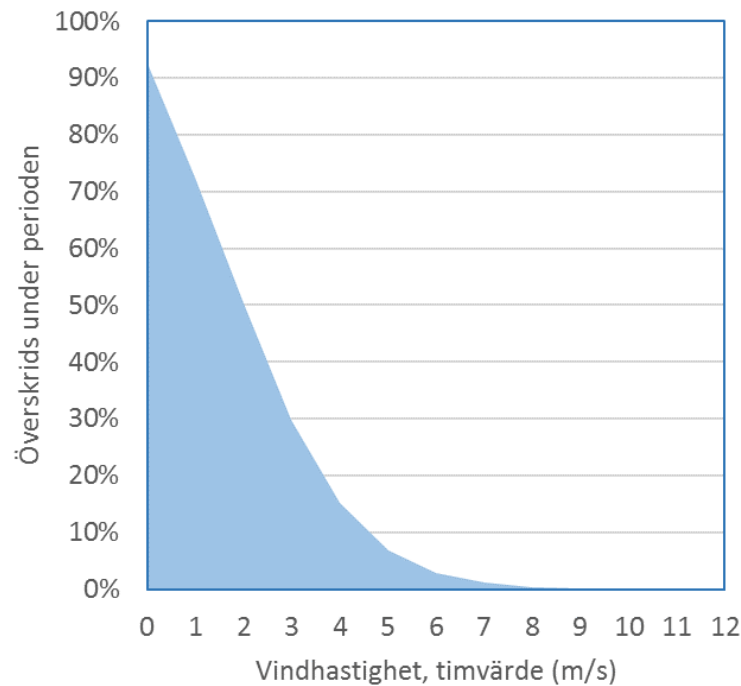
Nedan:

T v vinterkvartal; Medelvind 2,7 m/s (lugnt 9%). **T h** sommarkvartal; Medelvind 2,6 m/s (lugnt 7%)

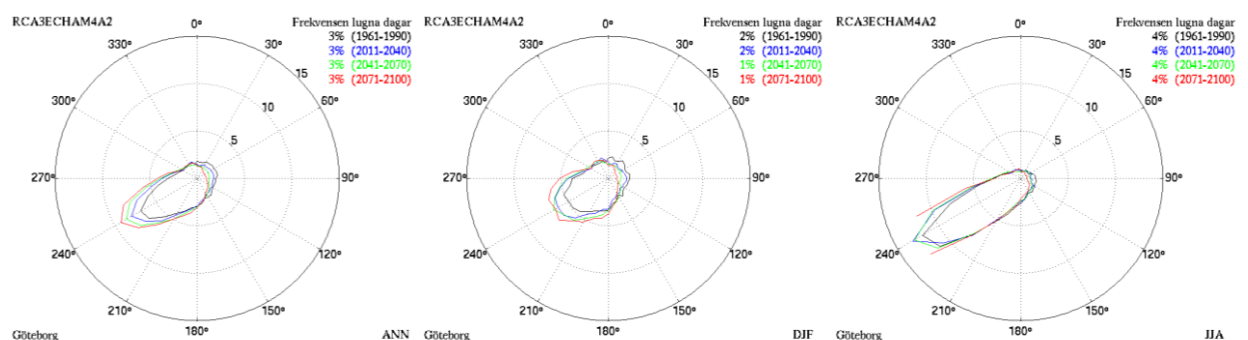


Figur 3: Vindrosor för Göteborg; helår, samt vinter- (dec-jan) och sommarkvartal (juni-aug). Källa: SMHI⁵

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



Figur 4: 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 5: Vindrosor för Göteborgsregionen, framtida klimatscenario A2 fram till år 2100; T v helår, därefter vinter och sommar. (Källa: SMHI⁷)

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 inkluderas 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 sin färdväg.

Det finns ett flertal index för att beskriva komfortnivåer. I denna studie används PPD (*Percentage of Persons Dissatisfied*), dvs ett slags "missnöjesindex". Diskomfort kan uppstå av en eller flera av de ingående faktorerna, vilka måste studeras för att utreda orsaken. Eftersom komfortupplevelsen är individuell kan alla individer i realiteten aldrig tillfredsställas samtidigt. Normalt räknar man med att;

- PPD < 20% motsvarar *god* komfort
- PPD ≤ 30% är en *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 utvärderas komforten för en promenerande person, klädd i för årstiden normala kläder, ungefär motsvarande:

- **Sommar:** Byxor, långärmad skjorta, lätt kavaj/jacka (0,9 clo); promenadtakt 1,2 m/s.
- **Vinter:** Ovanstående, plus tröja, kraftig rock/kappa, mössa/vantar (2,0 clo); under rask promenad 1,8 m/s.

Förutom den totala termiska komforten finns det särskilda aspekter på vindförhållanden i olika situationer. Dels som komfortkriterier, dels vad gäller besvär och faror 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 vind⁸.

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 vind⁹.

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 överskridas¹⁰.

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

Luftkvalité

Luftkvalitén i planområdet påverkas starkt av föroreningarna från de omgivande trafiklederna; Kungsbackaleden (E6) i öster, Ullevigatan i norr och Fabriksgatan i väster. Timvisa värden för halterna av kvävedioxid och partiklar har simulerats för ett normaldygn, definierat enligt nedan.

Trafikmängder

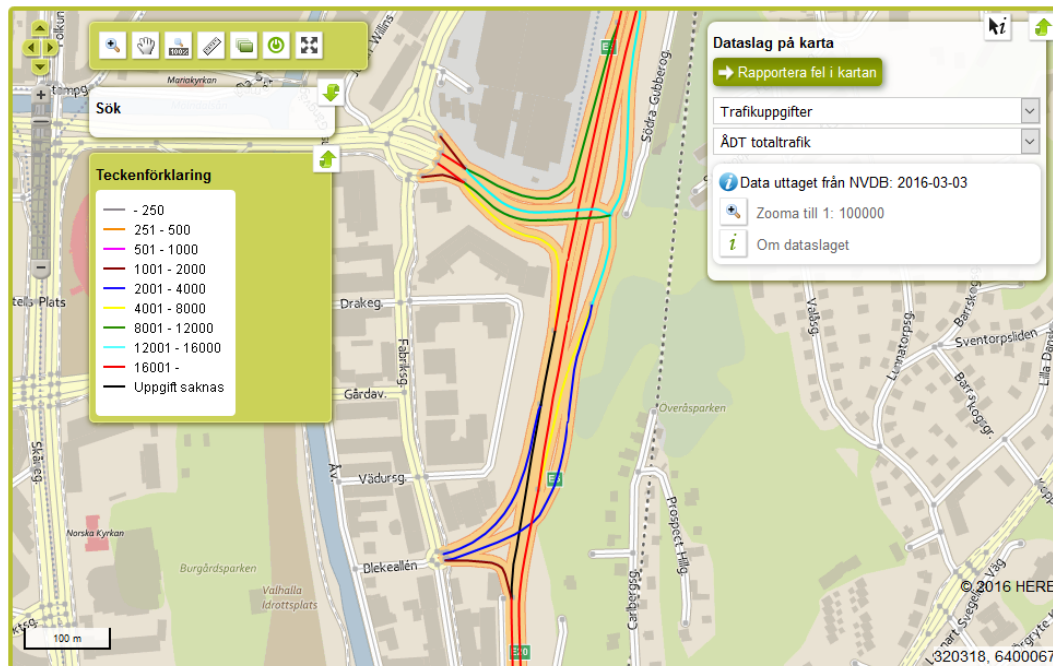
Årsmedeldygnstrafiken på E6:an och anslutningen Ullevigatan har beräknats med hjälp av Trafikverkets vägdata¹¹, se Figur 6. Data för Fabriksgatan i områdets västra kant har Göteborgs Stad tillhandahållit via Stadsbyggnadskontoret. Siffrorna är sammanställda i Tabell 5.

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*

¹¹ Trafikverkets nationella vägdata NVDB <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.

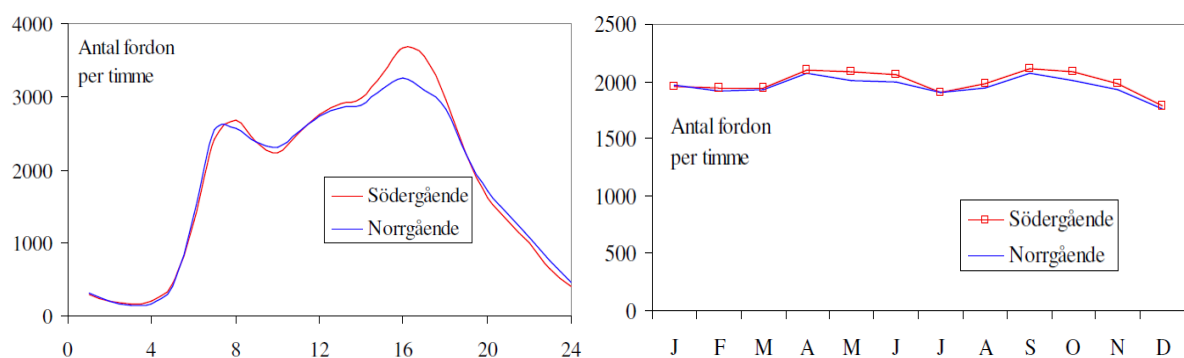


Figur 6: Trafikmängder för ett årsmedeldygn på omgivande vägar. Källa: Trafikverket¹²

Tabell 5: Trafikmängder för ett årsmedeldygn på omgivande vägar. Huvudkälla: Trafikverket¹³.

Trafikled	Mätt år	Trafikmängd, fordon		Trafiktyp
		Dygnsmedel	Max-timme ¹⁴	
Kungsbackaleden (E6)	2016	107 100	197%	Landsbygd
Ullevigatan	2016	42 200	183%	Blandad
Fabrikgatan ¹⁵	2008	5 500	257%	Stad

Vid mätningar av luftföroreningar i Göteborg 2008¹⁶ redovisades också timvisa trafikmängder vid mätstationen på E6:an vid Gårda, strax söder om planområdet, se Figur 7. Där framgår också att årsvariationen är liten. Den totala trafikmängden var något lägre 2008 än idag, men kurvan har använts för att skapa en fördelning av dagens trafikmängder, se Figur 8. Denna profil har också antagits för Ullevigatan och Fabrikgatan, och används för fördelning av emissionerna.



Figur 7: Trafikmängder per timme på E6 vid Gårda 2008; t v över dygnet, t h över året.¹⁷

¹² Trafikverkets nationella vägdatabas NVDB <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.

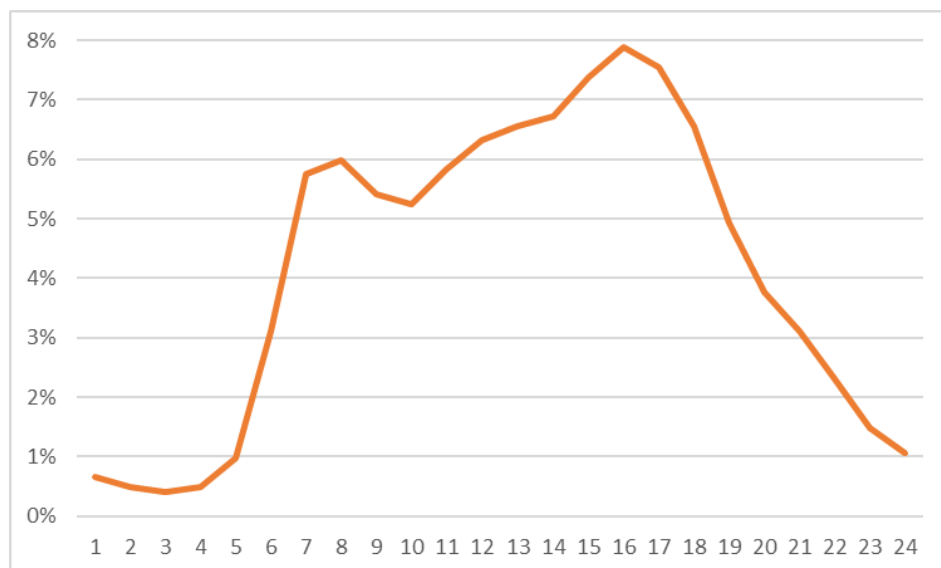
¹³ Trafikverkets nationella vägdatabas NVDB <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.

¹⁴ Källa Göteborgs Stad: Proportionerat mot stadens data för dygnsmedelvärden

¹⁵ Källa Göteborgs Stad.

¹⁶ Ferm, Sjöberg, Steen: Mätningar av PM_{2.5} och PM₁₀ i Göteborg och Umeå under 2008. IVL.

¹⁷ Ferm, Sjöberg, Steen: Mätningar av PM_{2.5} och PM₁₀ i Göteborg och Umeå under 2008. IVL.



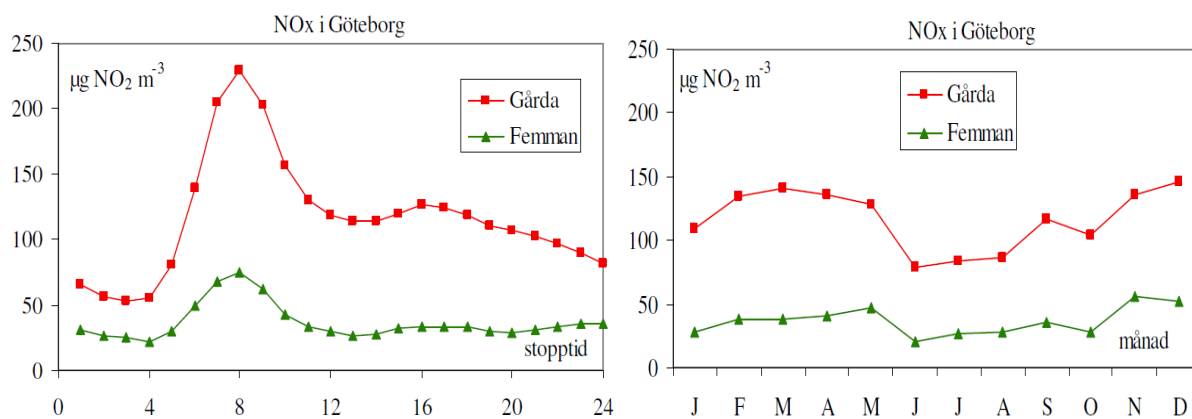
Figur 8: Fördelning av trafikmängder per timme för ett normaldygn enligt Figur 7.

Luftföroreningar

Vi studerar här både spridningen av gas (NO_2) och partiklar av två storlekar (PM_{10} och $\text{PM}_{2,5}$).

Emissionsfaktorer för NO_2 från olika trafikällor har hämtats från Trafikverket¹⁸. I denna studie räknar vi med 2014-nivån; 0,55–0,71 g/fordonskilometer, beroende på vägtyp. Förväntade medelnivåer år 2020 är 61%, och 2030 25% av dagens nivå – en starkt avtagande trend.

En rapport från IVL¹⁹ 2008 visar resultat från mätstationen vid E6:an, jämfört med den urbana bakgrundsnivån (Femmans mätstation på tak i Nordstan), se Figur 9. Den kraftiga koncentrationen på morgonen stämmer inte med trafikfördelningen. Detta beror sannolikt på de normalt lägre vindhastigheter under morgontimmarna, varvid spridningen från vägen fördröjs. Omvänt jämnas nivåerna ut mera under eftermiddagen och kvällen. Över året ser vi en lägre nivå under sommaren, troligen på grund av semestertider och även lägre andel tung trafik. I denna studie räknar vi med trafikens årsmedelnivå och konstant medelvindhastighet för säsongen.



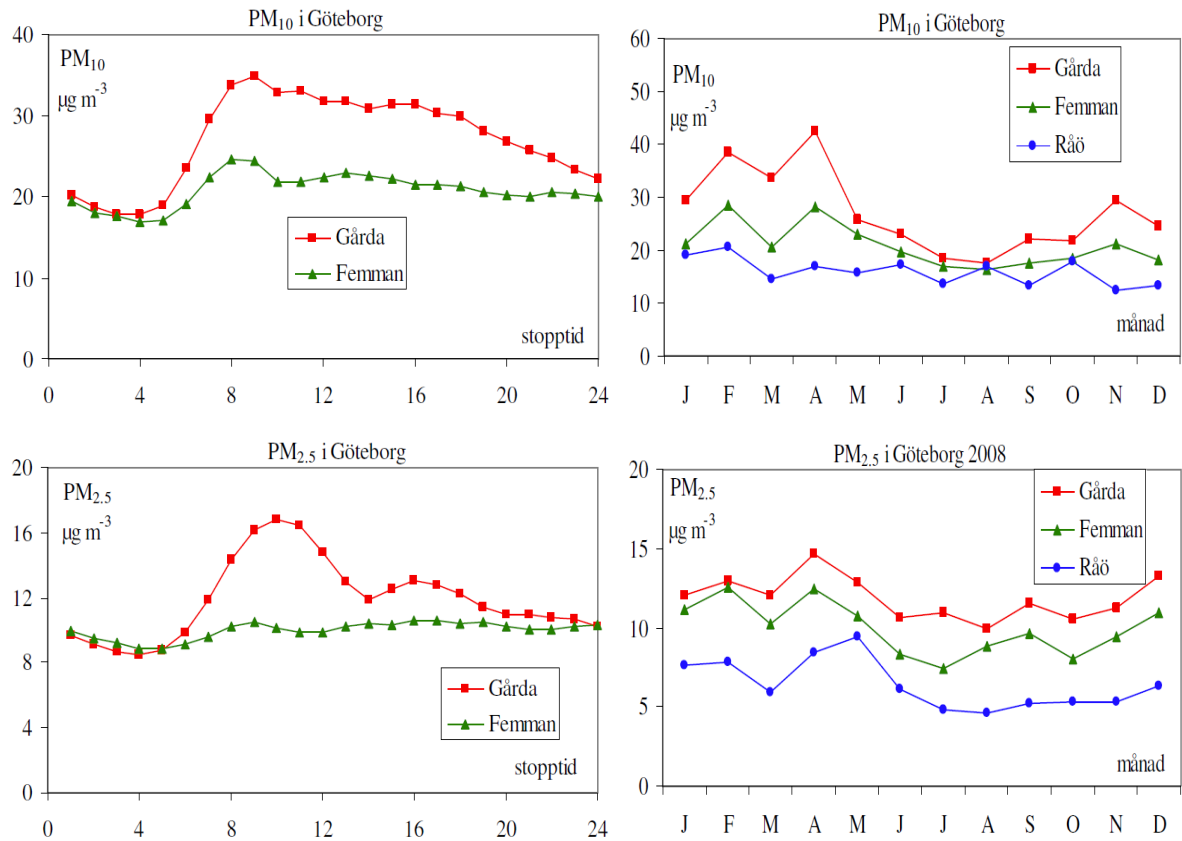
Figur 9: Medelhalter av NO_2 i Göteborg 2008; t v över dygnet, t h över året.²⁰

Göteborgsmätningarna 2008 omfattade också partiklar; PM_{10} och $\text{PM}_{2,5}$. Dessa härrör huvudsakligen från friktionen mellan däck och vägbana. I Figur 10 ser vi variationer som till stor del följer trafikmängden. De mindre partiklarna varierar något mera över dygnet och de större har högre värden på vintern, då dubbdäck används. Till skillnad från gasemissionerna har någon avgörande teknisk utveckling eller förändring av t ex dubbdäckslag inte skett de senare åren. Partiklar antas därför i denna studie emitteras i samma omfattning idag som 2008 (Figur 11). Rimligheten av simuleringsresultaten kan bedömas med hjälp av mätdata för NO_2 i Gårda (E6) från 2014, vilket dock var ett år med relativt låg emissionsnivå, se Figur 12.

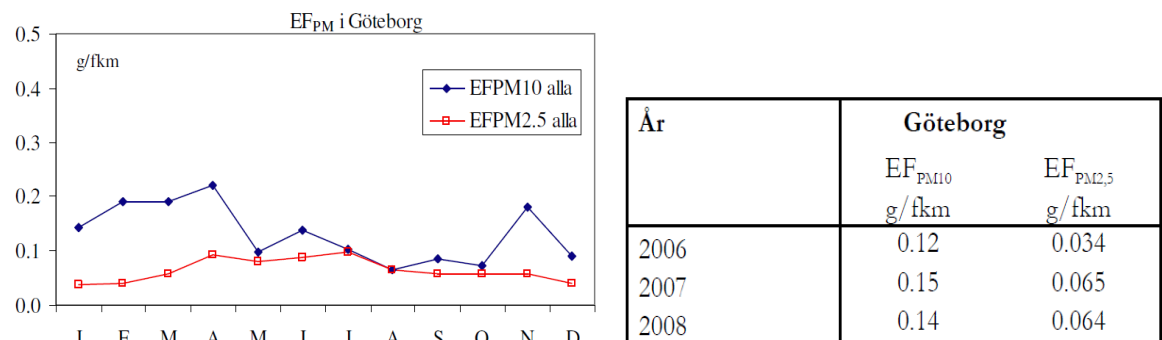
¹⁸ Källa Trafikverket 2015: *Handbok för vägtrafikens luftföroreningar*.

¹⁹ Ferm, Sjöberg, Steen: *Mätningar av $\text{PM}_{2.5}$ och PM_{10} i Göteborg och Umeå under 2008*. IVL.

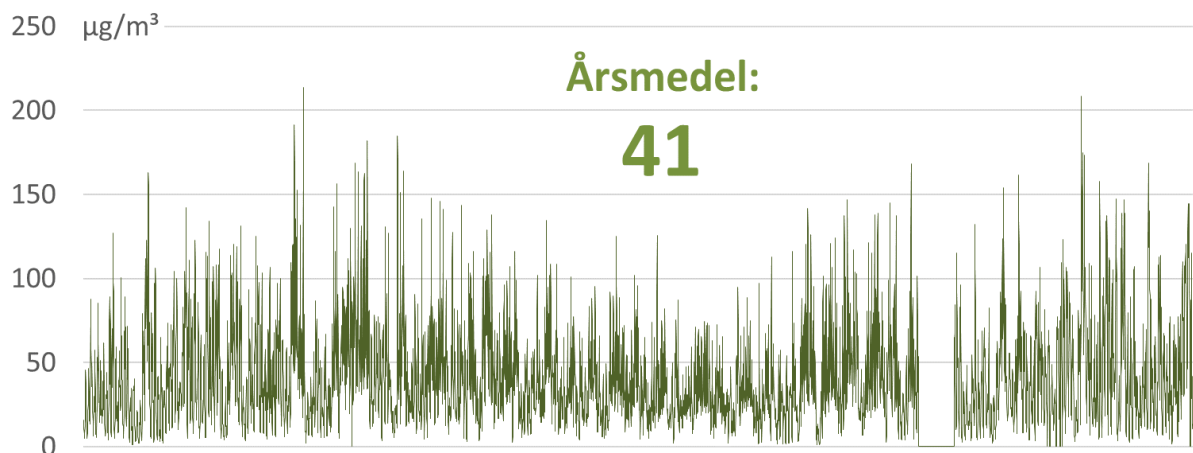
²⁰ Ferm, Sjöberg, Steen: *Mätningar av $\text{PM}_{2.5}$ och PM_{10} i Göteborg och Umeå under 2008*. IVL.



Figur 10: Medelhalter av partiklar i Göteborg 2008. ²¹ Överst PM₁₀ nederst PM_{2.5}; t v över dygnet, t h över året. Mätstationen Råö representerar en regional grundnivå på landsbygden.



Figur 11: Emissionsfaktorer för partiklar i Göteborg; t v 2008 över året, t h genomsnitt för tre år. ²²



Figur 12: NO₂-emissioner vid Miljöförvaltningens mätstation, E6:an, Gårda. Timvärden hela 2014.

²¹ Ferm, Sjöberg, Steen: Mätningar av PM_{2.5} och PM₁₀ i Göteborg och Umeå under 2008. IVL.

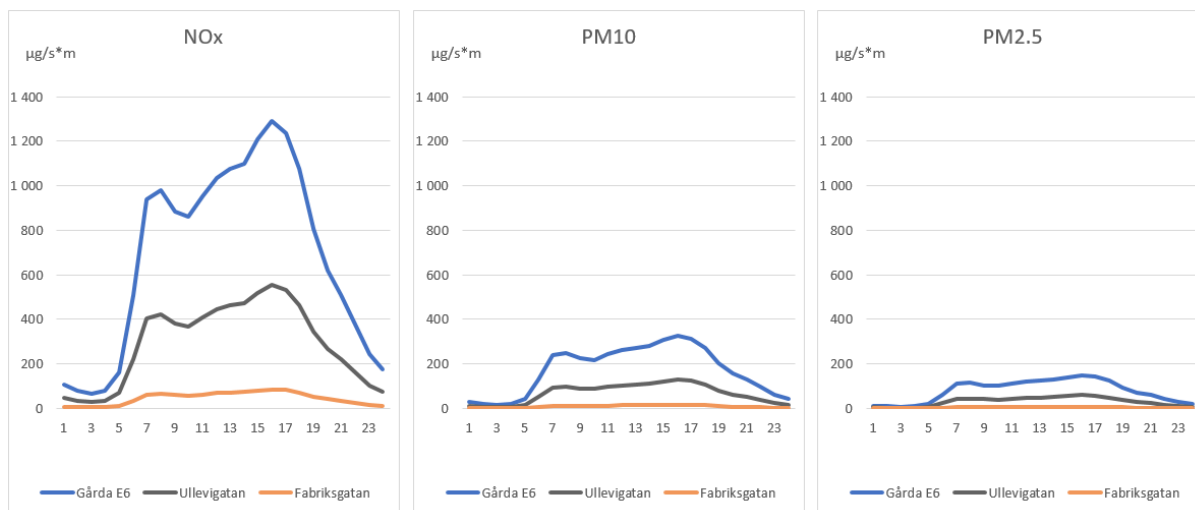
²² Ferm, Sjöberg, Steen: Mätningar av PM_{2.5} och PM₁₀ i Göteborg och Umeå under 2008. IVL.

Indata till simuleringarna

De trafikmängder och emissioner av NO₂, PM₁₀ och PM_{2,5} som enligt källor och principer ovan distribuerats per timme för alla tre trafiklederna framgår av Tabell 6 och Figur 13.

Tabell 6: Timvisa fordonsmängder och emissioner för ett normaldygn. Härledda från ovanstående källor.

Timme på dygnet	Gårda E6					Ullevigatan					Fabriksgatan				
	Fordon		NOx	PM10	PM2.5	Fordon		NOx	PM10	PM2.5	Fordon		NOx	PM10	PM2.5
	per tim	per sek	µg/s*m	µg/s*m	µg/s*m	per tim	per sek	µg/s*m	µg/s*m	µg/s*m	per tim	per sek	µg/s*m	µg/s*m	µg/s*m
1	703	0,20	107	27	12	277	0,08	46	11	5	36	0,01	7	1	1
2	527	0,15	81	21	9	208	0,06	35	8	4	27	0,01	5	1	0
3	439	0,12	67	17	8	173	0,05	29	7	3	23	0,01	4	1	0
4	527	0,15	81	21	9	208	0,06	35	8	4	27	0,01	5	1	0
5	1 054	0,29	161	41	19	415	0,12	69	16	7	54	0,02	11	2	1
6	3 339	0,93	510	130	59	1 316	0,37	219	51	23	171	0,05	34	7	3
7	6 150	1,71	940	239	109	2 423	0,67	404	94	43	316	0,09	62	12	6
8	6 414	1,78	980	249	114	2 527	0,70	421	98	45	329	0,09	65	13	6
9	5 799	1,61	886	226	103	2 285	0,63	381	89	41	298	0,08	59	12	5
10	5 623	1,56	859	219	100	2 216	0,62	369	86	39	289	0,08	57	11	5
11	6 238	1,73	953	243	111	2 458	0,68	410	96	44	320	0,09	63	12	6
12	6 765	1,88	1 034	263	120	2 666	0,74	444	104	47	347	0,10	69	14	6
13	7 029	1,95	1 074	273	125	2 769	0,77	462	108	49	361	0,10	71	14	6
14	7 204	2,00	1 101	280	128	2 839	0,79	473	110	50	370	0,10	73	14	7
15	7 907	2,20	1 208	308	141	3 116	0,87	519	121	55	406	0,11	80	16	7
16	8 434	2,34	1 289	328	150	3 323	0,92	554	129	59	433	0,12	85	17	8
17	8 083	2,25	1 235	314	144	3 185	0,88	531	124	57	415	0,12	82	16	7
18	7 029	1,95	1 074	273	125	2 769	0,77	462	108	49	361	0,10	71	14	6
19	5 272	1,46	805	205	94	2 077	0,58	346	81	37	271	0,08	53	11	5
20	4 042	1,12	617	157	72	1 592	0,44	265	62	28	208	0,06	41	8	4
21	3 339	0,93	510	130	59	1 316	0,37	219	51	23	171	0,05	34	7	3
22	2 460	0,68	376	96	44	969	0,27	162	38	17	126	0,04	25	5	2
23	1 581	0,44	242	62	28	623	0,17	104	24	11	81	0,02	16	3	1
24	1 142	0,32	174	44	20	450	0,13	75	18	8	59	0,02	12	2	1
Totalt	107 100		16 363	4 165	1 904	42 200		7 033	1 641	750	5 500		1 085	214	98
Medel	4 463	1,24	682	174	79	3 505	0,51	293	68	31	457	0,07	45	9	4
<i>Typ: g/fkm</i>	Landsbygd:		0,55	0,14	0,064	Blandad:		0,60	0,14	0,064	Stad:		0,71	0,14	0,064



Figur 13: Fördelning av emissioner per timme för ett normaldygn.

Gränsvärden

Naturvårdsverkets aktuella gränsvärden för luftföroreningar framgår av Tabell 7. Dessa kommer sannolikt att skärpas framöver, men samtidigt förväntas också emissionsfaktorerna minska, se ovan. I tabellen anges också framtida mål, nationellt och lokalt.

De halter, överskridanden och trafikuppgifter som redovisades i studien 2008 (

Tabell 8) är i mycket förändrade idag, men får ses som indikativa. Mätningarna i Gårda gäller dessutom mycket lokalt på själva E6:an, medan omgivande kvarter har helt andra föroreningsnivåer. Spridningen kommer att tydligt visa sig i simuleringarna.

Tabell 7: Gränsvärden enligt Naturvårdsverkets Miljökvalitetsnormer. Källa 2020-mål: Göteborgs Stad, Miljöförvaltningen²³

Förorening	Medelvärdes-period	MKN-värde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Antal tillåtna överskridanden per kalenderår
NO ₂	Timme	90	175 h (aldrig >200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ >18 heltimmar/år)
	Dygn	60	7 dygn
	År*	40	
PM ₁₀ **	Dygn	50	35 dygn
	År	40	
PM _{2,5}	År	50	

*) Nationellt mål för 2020: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

**) Nationellt mål för 2020: årsmedel 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dygn 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabell 8: Dygnsmedelhalter under 2008 samt överskridanden och trafikuppgifter. ²⁴

	Femman ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Gårda ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO _x , årsmedel	37	116
NO ₂ , årsmedel	23	49
NO ₂ , 98%-il dygnsmedel	52	100
NO ₂ , antal dygn >60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4	110
NO ₂ , 98%-il timmedel	78	139
NO ₂ , antal timmar >90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	81	966
PM ₁₀ , medel mätperioden	21	27
PM ₁₀ , 90%-il dygnsmedel	30	42
PM ₁₀ , antal dygn >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3	19
PM _{2,5} , medel mätperioden	10	12
Antal personbilar+MC/timme	-	3349
Antal tunga fordon/timme	-	294

Enligt Miljöförvaltningen²⁵ hade årsmedelvärdena för bakgrundshalten i Femman 2014 sjunkit till; NO_x: 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM₁₀: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och PM_{2,5}: 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Regional bakgrund (landsbygd) låg 2013/14 på: 4, 14 respektive 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Modell

Den övergripande datormodellen omfattar hela planområdet, se Figur 14. Buffertzoner, inklusive omgivande kvarter väster om Fabriksgatan och söder om Drakegatan, liksom trafiklederna, byggnationer och topografin i norr och öster har tagits med i en omfattning som stabiliserar modellen tillräckligt för att realistiska vind- och föroreningsförhållanden ska uppstå i själva planområdet. I modellens yttre områden kvarstår ändå några randeffekter som är osäkra och bör bortses ifrån i analysen.

Mark

Större delen av området täcks idag av asfalt, gångbanor och trottoarer av gatsten och betong. Några ytor på gårdar och längs gator är gräsbevuxna. Markbeskaffenheten har bedömts med

²³ Göteborgs Stad, Miljöförvaltningen: Luftkvalitén i Göteborgsområdet. Årsrapport 2014. R2015:6.

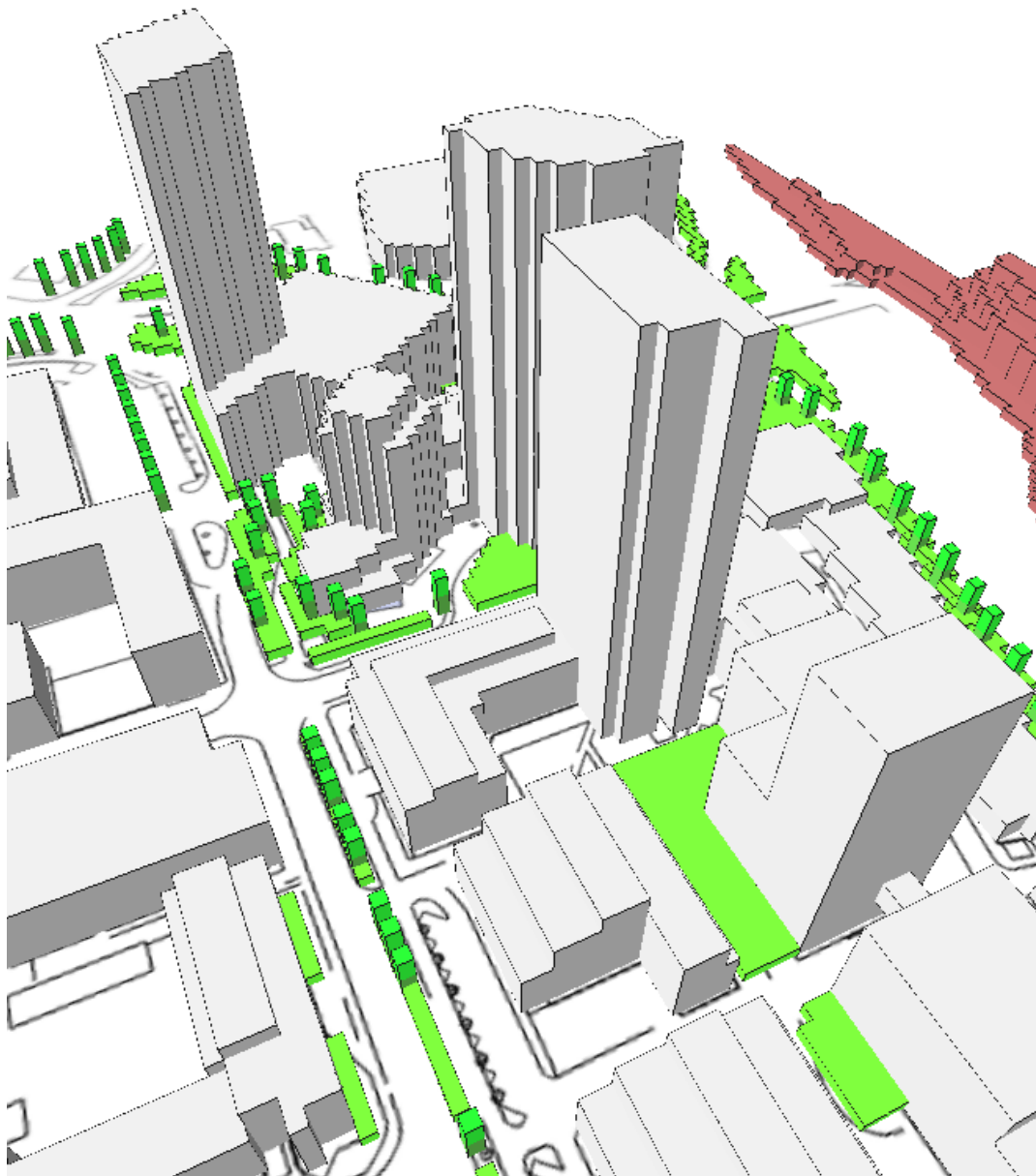
²⁴ Ferm, Sjöberg, Steen: Mätningar av PM_{2,5} och PM₁₀ i Göteborg och Umeå under 2008. IVL.

²⁵ Göteborgs Stad, Miljöförvaltningen: Luftkvalitén i Göteborgsområdet. Årsrapport 2014. R2015:6.

hjälp av kartor, satellitfoto och fotodokumentation vid besök på platsen. I datormodellen har markytan definierats som asfalt, mellangrå betong, gräs eller jord i enlighet med dessa källor.

Simuleringsprogrammet har begränsade möjligheter att hantera topografi. Endast berget öster om motorvägen och en jordvall i nordöstra kanten av planområdet har byggts upp med hjälp av 3D-volymer. Hela det centrala planområdet är en platt yta, vilket ligger nära verkligheten, och i denna övergripande skala har dessa förenklingar också liten betydelse.

Marken har stor betydelse för strålnings, värme- och fuktbalansen i modellen.



Figur 14: Datormodell av hela området, inklusive föreslagen bebyggelse. Fågelperspektiv från söder.

Vegetation

Vegetation i form av gräsytor och träd ingår i simuleringsmodellen, se Figur 14. De ger vissa klimateffekter i form av skugga, evaporativ kylning och vindskydd.

Byggnader

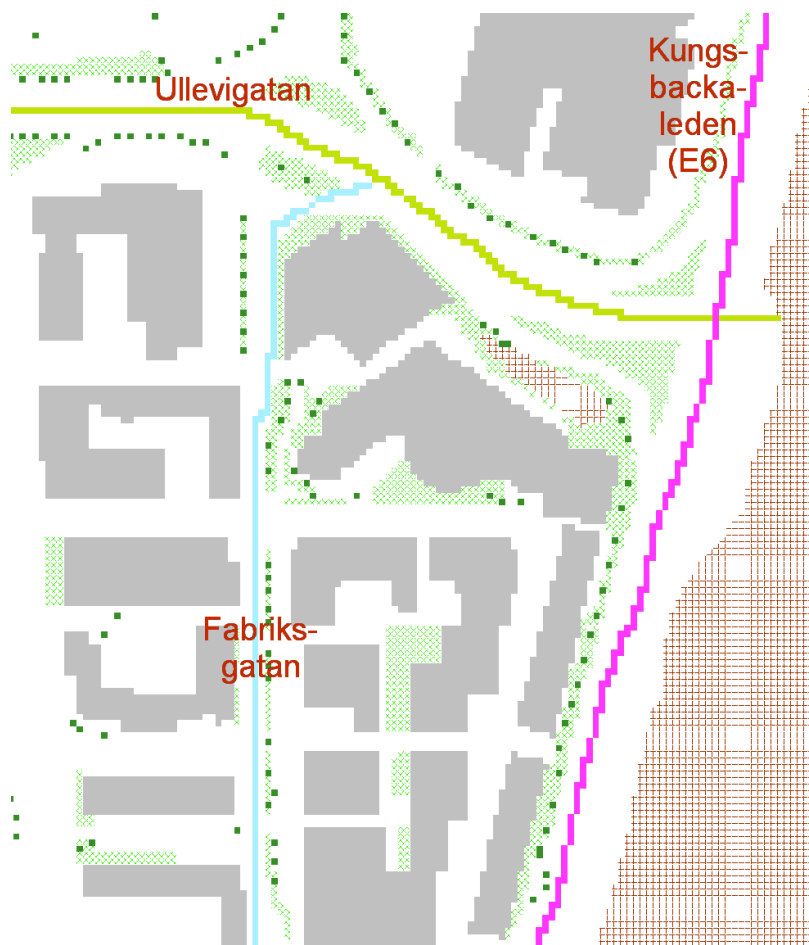
Byggnationen har en betongliknande yta (70% absorptivitet), och värmetransmission sker genom ytterväggar och tak. De har dock ingen värmelagrande förmåga.



Figur 15: Fabriksgatan norrut från korsningen med Gårdavägen. Asfalt och marksten dominerar som beläggning, medan inslaget av grönytor är begränsat. Medelstora gatuträd finns längs hela Fabriksgatan. Foto: CEC Design (februari 2016).

Luftföroreningar

Timvärden för emissioner av NO_2 , PM_{10} och $\text{PM}_{2.5}$ som alstras av trafiken enligt Tabell 6 är inlagda i datormodellen som linjära källor 0,3 m över mark, se Figur 16.



Figur 16: Emissionskällor i datormodellen; de tre omgivande trafiklederna.

Tillförlitlighet, osäkerheter och begränsningar

ENVI-met 3.1 är ett avancerat simuleringsprogram som använts och validerats i många vetenskapliga studier av urbant mikroklimat. Mjukvarans centrala processer baseras på sk CFD-teknik ("virtuell vindtunnel"), där itererande termodynamiska flödesberäkningar kan divergera och således resultera i instabilitet. I modellen av Gårda-området är antalet beräkningspunkter 468 000, och simulering av ett enda dygn tar cirka en vecka på en kraftig arbetsstation. Även om många processer är integrerade (se Figur 17), 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. Det måste också påpekas, att systemet inte hanterar de detaljerade termiska processerna kring frysning. Detta påverkar vinterfallet, då resultaten kan visa relativ fuktighet (RH) över 100% i vissa fall. Därför redovisas RH inte för vintern. Då en hög luftfuktighet även påverkar den termiska komforten till viss del, kan beräkningsmissen även bidra till en viss överskattning av PPD-nivån, dvs sämre komfort.

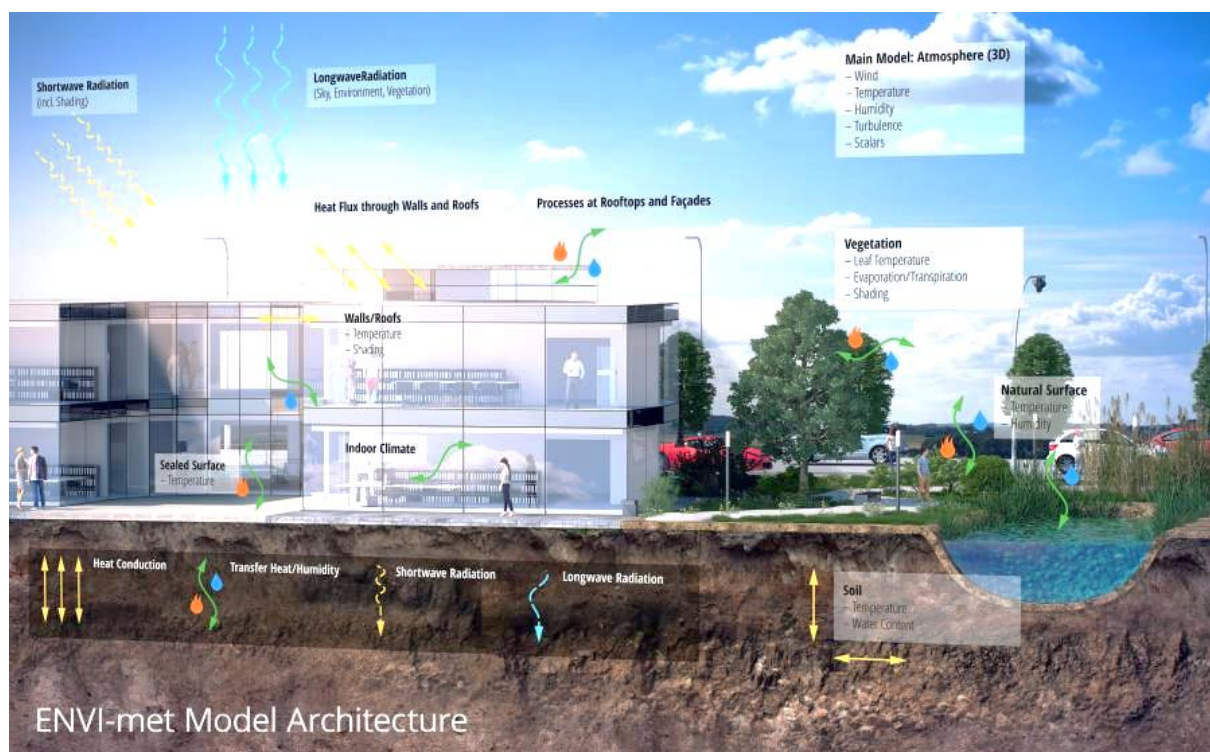
I verkligheten uppstår långt flera situationer än vad vi här antar. T ex varierar vinden momentant både till styrka och riktning. Variationer i temperatur och molnighet utanför statistiska genomsnitt är vanliga – liksom nederbörd, vilket inte kan simuleras.

Man måste också beakta den relativt grovmaskiga upplösningens begränsningar. Då varje beräkningscell är $3 \times 3 \times 3 \text{ m}^3$ 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 klimatfaktorerna i olika delar av gaturum, på platser och kring byggnader.

Även om modellen omfattar luftrummet upp till 344 m höjd, har vi fokuserat på *vistelsezonen* närmast marken ($z = 1,5 \text{ m}$), dock har turbulensen och vindstyrkorna kring höga byggnader även redovisats tredimensionellt.

Eftersom strålningstemperatur och termisk komfort redan innefattar inverkan av sol och skugga, redovisas ingen särskild solstudie.

Utöver den enkla beräkningen av trafik- och emissionsmängder omfattar studien ingen statistisk behandling av data, och därmed är ingen motsvarande relevansbedömning aktuell.



Figur 17: Beräkningsmodellen i ENVI-met. Källa: www.envi-met.com

Analys

I detta avsnitt redovisas och förklaras övergripande klimatpåverkan, komfortnivåer och emissioner från trafiken – både sommar och vinter. Fokus ligger på planförslaget, inklusive tillkommande byggnadskroppar, och i utvalda fall visas skillnader mot dagens bebyggelse.

Både sommar och vinter har vi simulerat en normal vindhastighet, men med olika vindriktning. För att kunna uppskatta gränsvärden för vindkomfort kan man med någorlunda hygglig precision proportionellt extrapolera till den vindhastighet som motsvarar komfortfrekvensen med hjälp av Figur 4 och Tabell 2. Sommartid ligger t ex 1%-frekvensen på den dubbla vindhastigheten. Turbulens redovisas också, men är svår att kvantitativt utvärdera. En viss turbulens kan vara nyttig, t ex för att undvika ansamling av föroreningar eller dålig luft. Dock gäller, att vid högre vindstyrkor ökar turbulensen exponentiellt. Därför bör "lagom" nivåer eftersträvas.

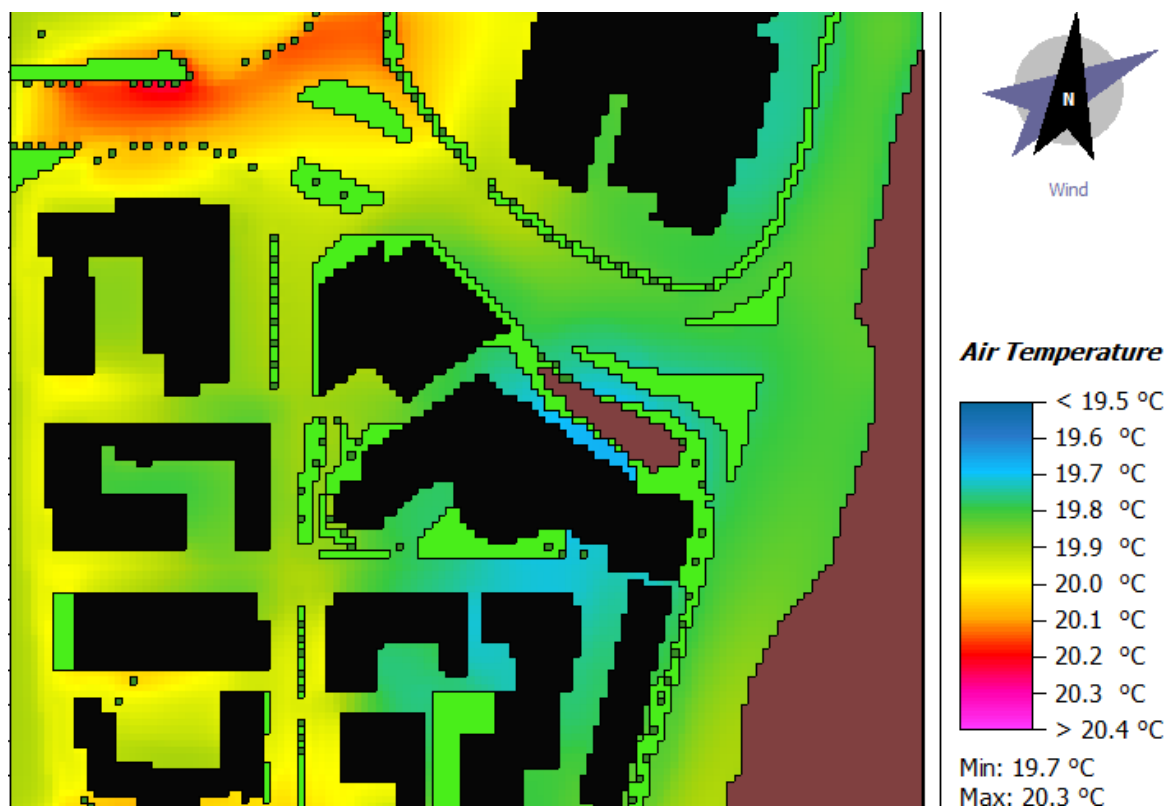
Mikroklimat

Mikroklimatet illustreras i första hand i planförslagets vistelsezon 1,5 m över marken, både för sommaren och för vintern, dagtid kl 14, då temperaturen normalt når maximum.

Sommar

Sommarfallet är 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 3, och av medelstyrka (3,4 m/s).

Högsta dagstemperatur uppträder i början av eftermiddagen. Vi ser i Figur 18 att lufttemperaturen varierar mycket lite kring 20°C. Den något kallare marken, som också ligger i skugga, gör att luften svalnar något på sin väg mot ostnordost.



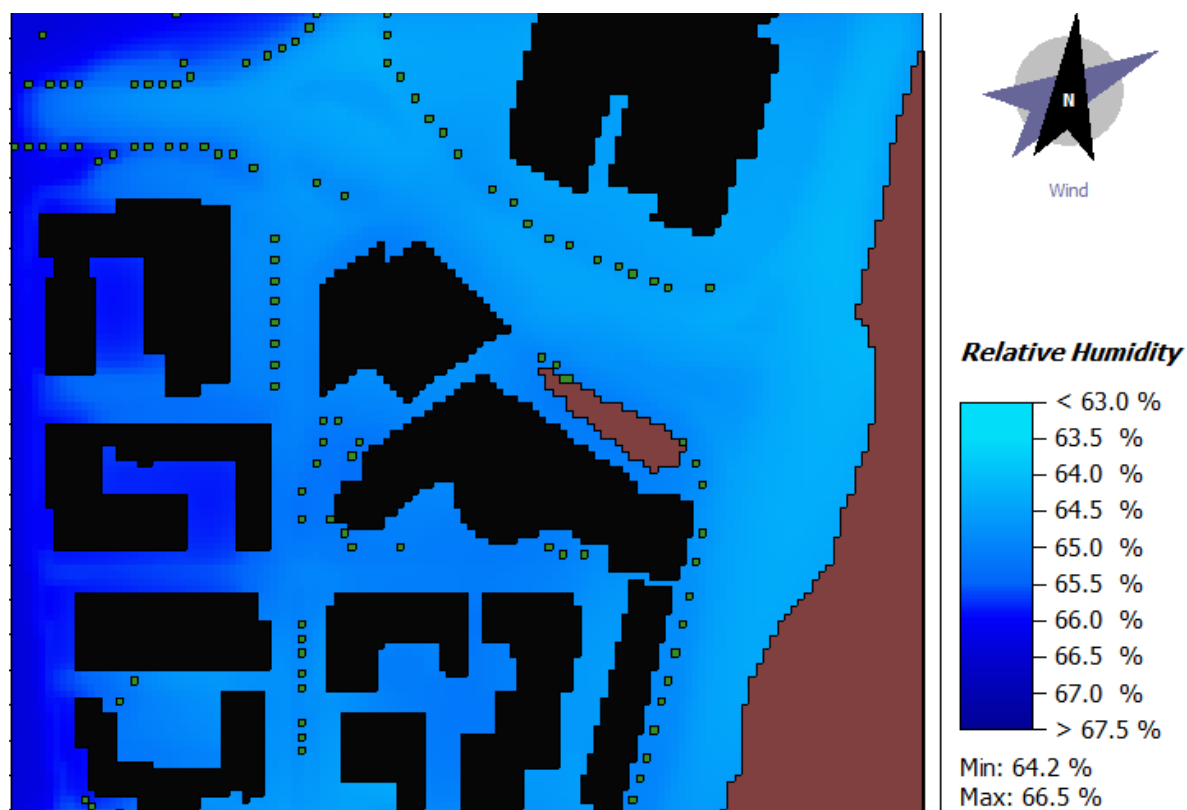
Figur 18: Lufttemperatur 1,5 m över mark kl 14 i juli.

Den lång- och kortvågiga strålningen (MRT, Mean Radiant Temperature) har stor betydelse för klimatupplevelsen. I Figur 19 ser vi hur skuggan av byggnader och träd sänker MRT-värdet

avsevärt, men omgivande mark och byggnader ger ändå ett strålningstillskott som resulterar i nivåer en bra bit över lufttemperaturen.



Figur 19: Strålningstemperatur (MRT) 1,5 m över mark kl 14 i juli.

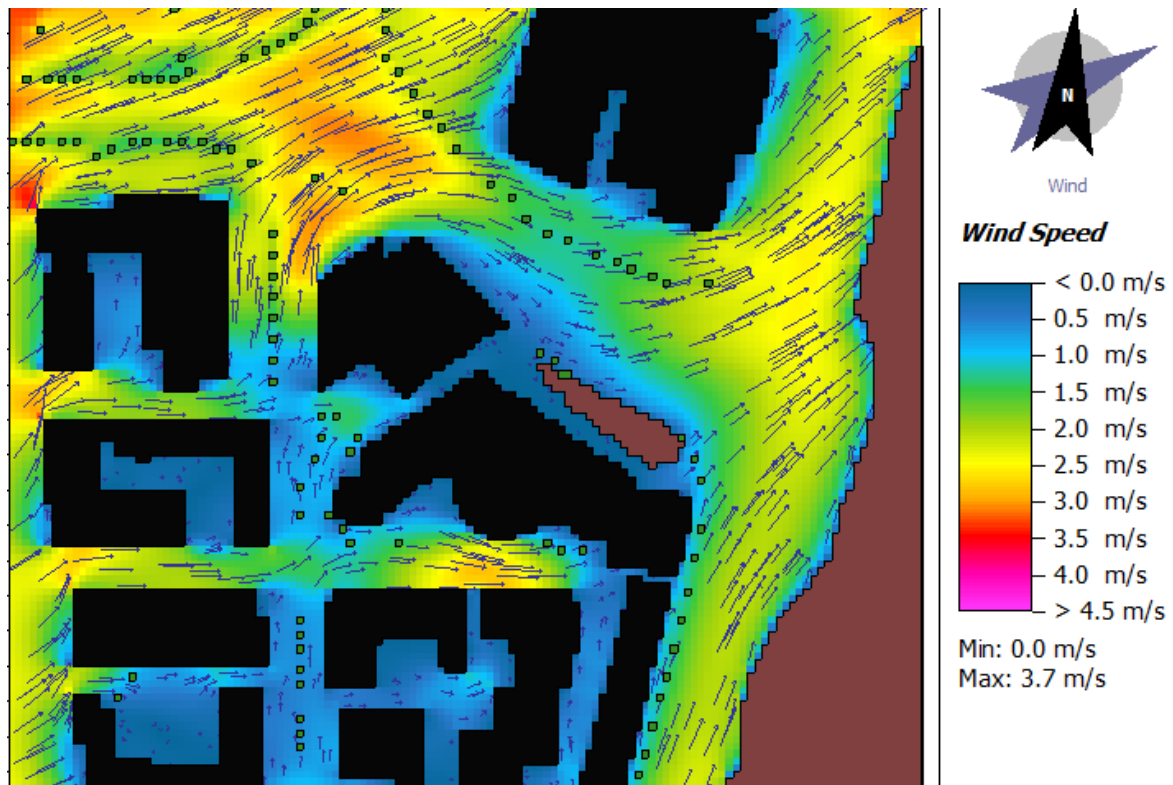


Figur 20: Relativ luftfuktighet 1,5 m över mark kl 14 i juli.

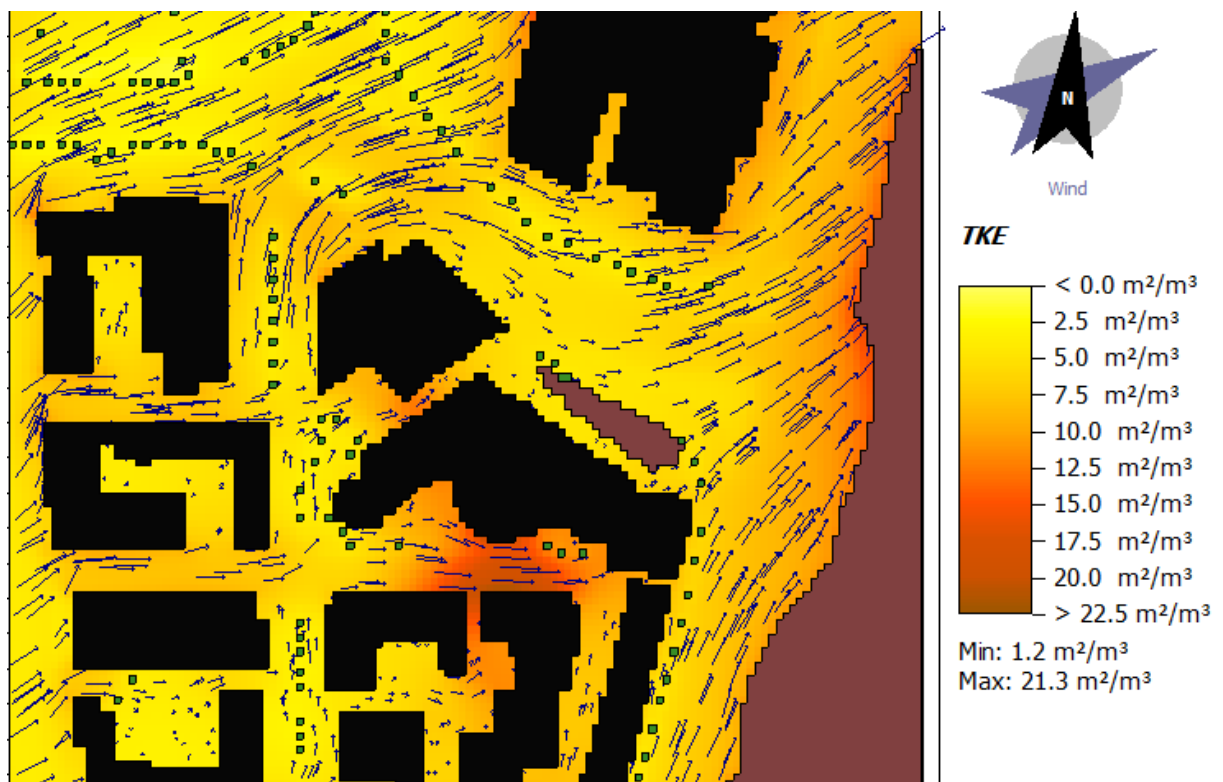
Luftfuktigheten (Figur 20) har också viss betydelse för den upplevda komforten. Den är mycket likformig inom området. Nivåerna ligger väl inom komfortzonen (grovt räknat 20–80%).

I Figur 21 ser vi att vindhastigheten reduceras i den byggda miljön. I Drakegatan, som löper öst-västligt söder om Canon-huset, finner vi de kraftigaste vindarna i gattet mellan de nya

byggnaderna, där luftmassan pressas ihop vid passage. Även om de flesta områden ligger inom gränsvärdena för bekvämt gående, kan vissa obehag uppstå vid byig vind. Sammantaget är blå och gröna områden mycket väl lämpade för stillasittande. De allra högsta vindhastigheterna i västra och norra kanterna av området är randeffekter i modellen, vilka ska bortses ifrån.



Figur 21: Vindhastighet 1,5 m över mark kl 14 i juli. Den fria vinden är VSV 3,4 m/s.



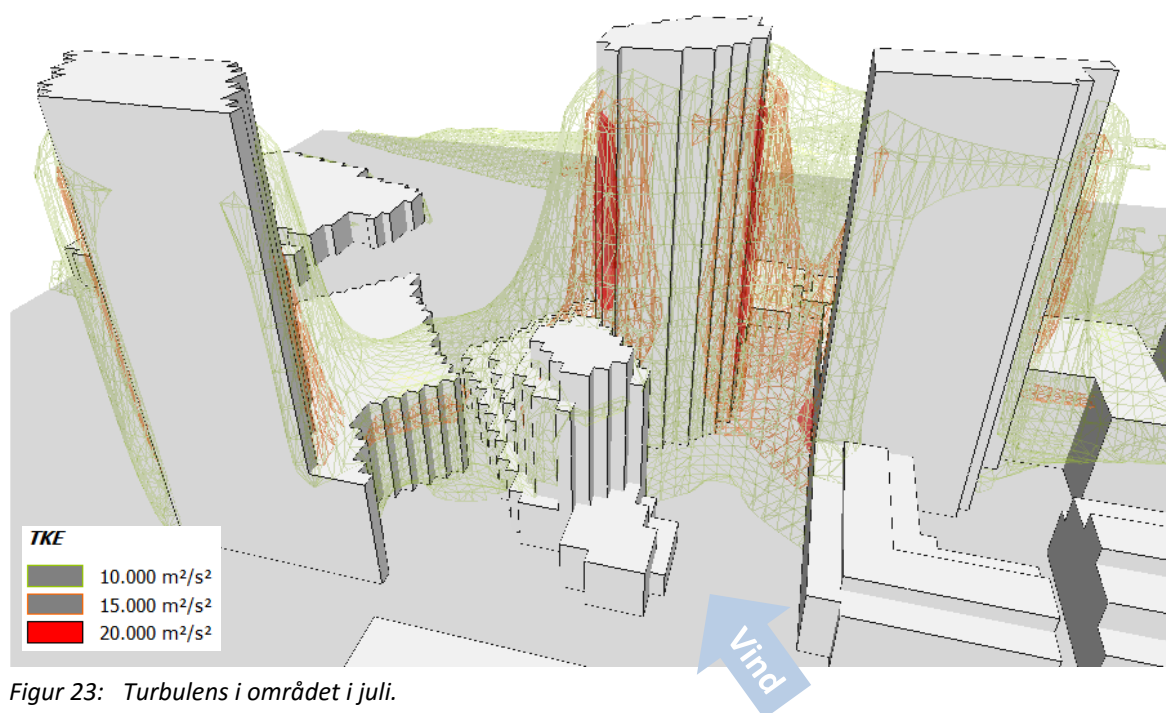
Figur 22: Vindförhållanden 1,5 m över mark kl 14 i juli; Medelvinden representeras av pilarna och vindstyrkorna ligger på max 3,7 m/s. Färgskalan anger turbulens (TKE-värde).

Vindflödena kombinerade med turbulensen visas i Figur 22. I områdets västra del är det inkommande luftflödet från västsydväst enhetligt och laminärt (fritt från turbulens). Eftersom

det även i verkligheten är en ganska öppen terräng på andra sidan Mölndalsån, bedöms simuleringen här ligga nära verkligheten.

Allt eftersom byggnationen "stör" det laminära luftflödet, ökar turbulensen under luftens färd österut i området. I Drakegatan, mellan de nya byggnaderna ser vi en markant ökning av turbulensen. Vid normala vindstyrkor är dock hastigheten så låg, att turbulensen inte bedöms allvarlig, men problem kan uppstå vid hårdare vind. Även vid passagen mot den norra nybyggnaden ser vi viss turbulens, men här är vindstyrkan betydligt lägre.

Turbulensens tredimensionella utbredning ser vi i Figur 23. Höga värden uppträder kring det mellersta tornet, särskilt längs de två "fenorna". Byggnaden ligger nära och direkt i läriktningen av det södra tornet, vilket initierar turbulensen. Det norra höghuset ligger mera avlägset och effekterna där är små. Dess podiebyggnad (lågdel) skyddar också entréplatsen.



Figur 23: Turbulens i området i juli.



Figur 24: Komfort 1,5 m över mark kl 14 i juli. Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.

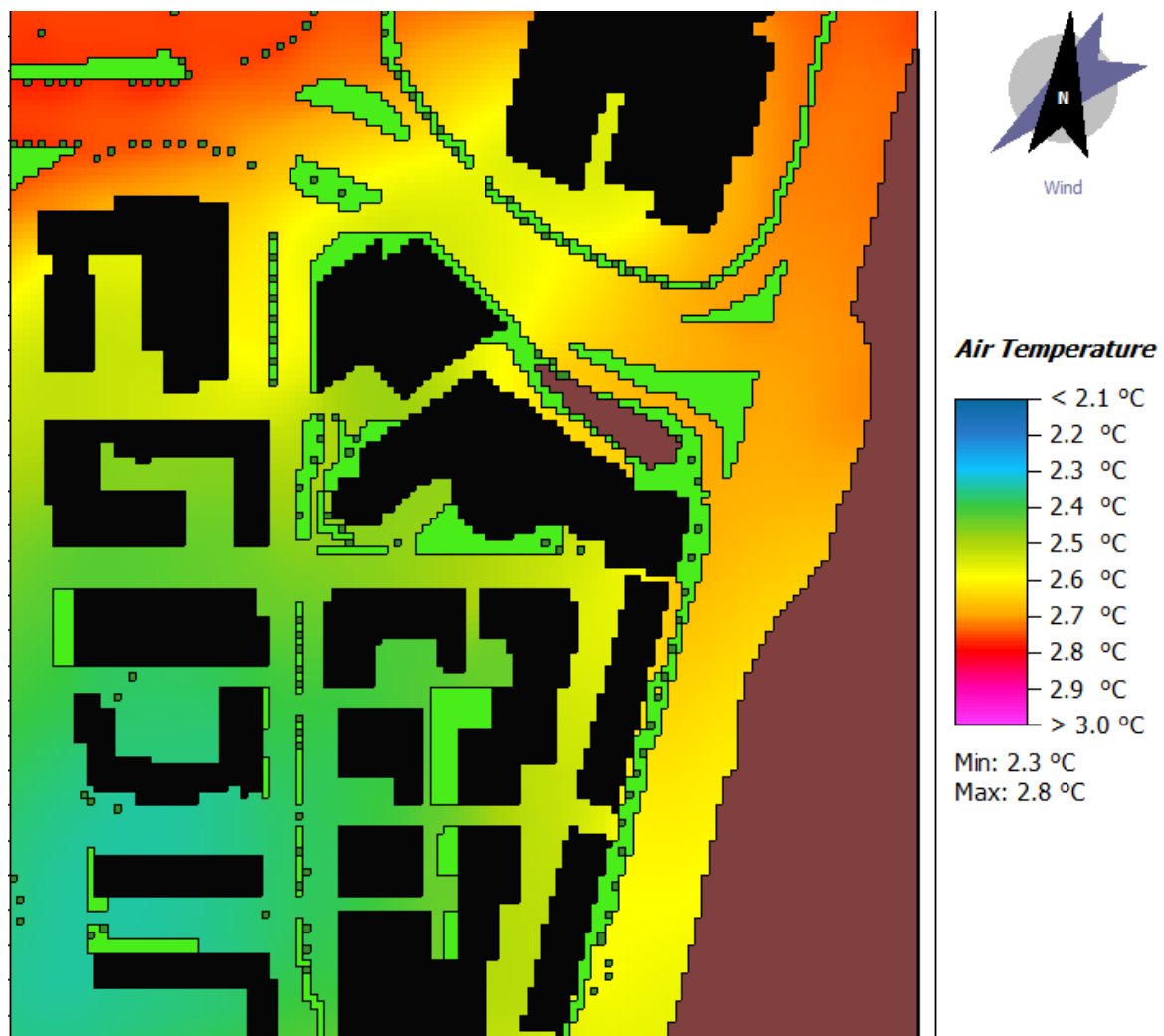
Som sammanfattning av alla relevanta klimatfaktorer ovan redovisas den termiska komforten för vår testperson (sommarklädd på sakta promenad) i Figur 24. Vi ser att den bästa komforten (PPD <10%) uppnås i skuggan av byggnader, medan solstrålningen generellt har en något negativ inverkan. Någon riktigt okomfortabel yta hittar vi inte inom det centrala planområdet; alla värden ligger där under 20%, vilket alltså betyder mycket god komfort under en normal sommareftermiddag. Även det vindutsatta och turbulenta gattet mellan de höga byggnaderna vid Drakegatan upplevs här som mycket behagligt, vilket indikerar behovet av ett visst inslag av luftrörelser.

Vinter

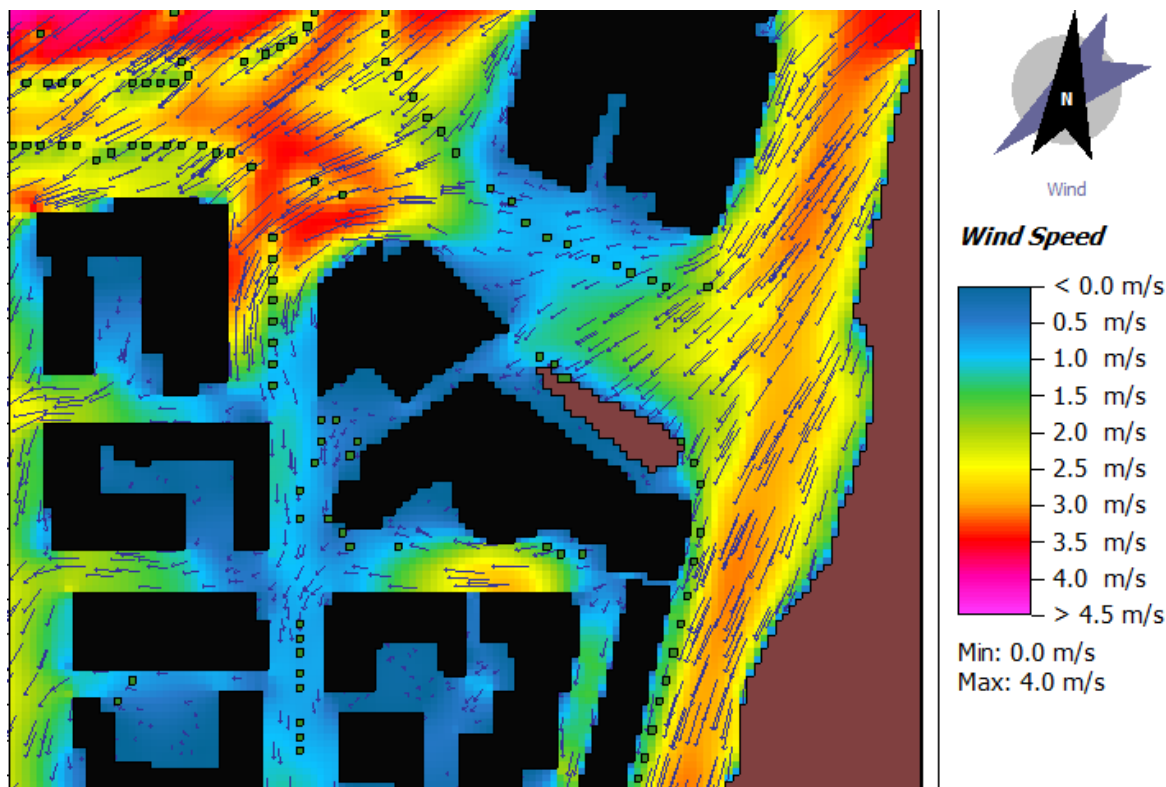
En normal, molnig (6/8) januaridag med dygnsmedeltemperatur kring nollan och normalvind (NO 4,2 m/s) representerar vinterfallet. Utöver den förhärskande vindriktningen som valts här, förekommer även sydvästvindar i relativt hög omfattning (Figur 5). Vindmönstret blir då likt det som visats för sommarfallet, medan den resulterade komforten är annorlunda.

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 raskt promenerande person med varma kläder. Viktigast är att i planen skapa bra vindskydd och möjligheter att kunna välja bästa färdväg.

Lufttemperaturen i början av eftermiddagen i januari ligger kring 3°C med mycket marginella variationer, se Figur 25. Den något svalare marken, skuggad av byggnaderna, gör att temperaturen sjunker marginellt under luftmassans färd genom området mot sydväst.



Figur 25: Lufttemperatur 1,5 m över mark kl 14 i januari.



Figur 26: Vindhastighet 1,5 m över mark kl 14 i januari. Den fria vinden är NO 4,2 m/s.

Vindhastigheterna i Figur 26 ligger i största delen av planområdet under 1 m/s. Undantag är Drakegatan mellan de två södra höghusen, Johan på Gårdas gata vid parkeringshusen längs E6:an, samt norra mynningen av Fabriksgatan och framför brandstationen. Entréerna till Skanska och Canon-byggnaderna, liksom gårdsmiljöerna, har bra lä från den nordostliga vintervinden, medan det södra höghusets norra sida är blåsigt och mindre lämpad som entré.



Figur 27: Vindförhållanden 1,5 m över mark kl 14 i januari; Medelvinden representeras av pilarna och vindstyrkorna ligger på max 4 m/s. Färgskalan anger turbulens (TKE-värde).

Vindriktning och turbulens visas i Figur 27. Eftersom vintervinden kommer från nordost, är det inkommande laminära flödet längs E6:an relativt realistiskt. Existerande bebyggelse i nordväst ingår inte i modellen, men detta område påverkar inte heller planområdet nämnvärt.

Förhöjd turbulens ser vi åter mellan de två södra höghusen, och även söder därom längs parkeringshusen. Även vid Fabriksgatans norra mynning är turbulensen förhöjd, och här har vi också de högsta vindstyrkorna, vilket kan ge dålig komfort vid blåsigare väder.



Figur 28: Turbulens i området i januari.

En tredimensionell översikt av turbulensen visas i Figur 28. Trots att vindstyrkan här är något högre in på sommaren, ligger TKE-värdena lägre. I vistelsezonen nära mark är det bara vid öppningen genom den södra höga byggnaden vid Drakegatan som vi får indikation om möjliga problem. Högre upp är också turbulensen mindre accentuerad än på sommaren.



Figur 29: Komfort 1,5 m över mark kl 14 i januari. Index: PPD (Percentage Persons Dissatisfied), där 20% är god komfort och 30% acceptabel.

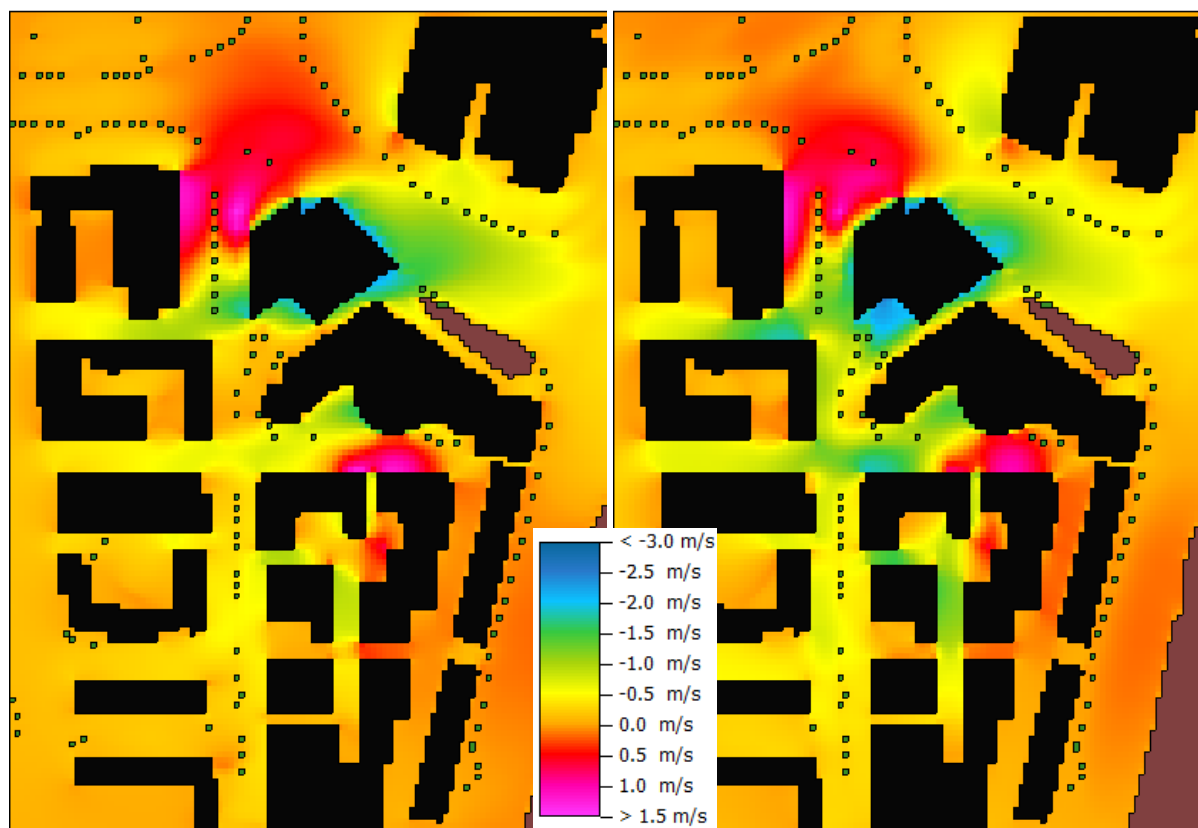
Någon termisk komfort enligt definitionen uppnås inte på vintern (Figur 29), inte ens i raskare promenadtakt och med ganska mycket kläder. Vi ser att diskomforten är starkt korrelerad till vindstyrkan. Då det i princip är omöjligt att ändra på lufttemperatur eller fuktighet, blir således vindskydd viktigast för att förbättra komforten på strategiskt utvalda platser. Solstrålningen är också svagare och molnigheten större på vintern, varför denna faktor får liten betydelse.

Som nämnts ovan är simuleringsprogrammet oförmöget att hantera frysning, med överdriven luftfuktighet som följd. Detta kan ha bidragit till en viss överskattning av PPD-nivån.

Förändringar skapade av planförslaget

Till sist i studien av mikroklimatet jämförs några av de viktigaste parametrarna mellan det liggande planförslaget och den existerande bebyggelsen. Jämförelsen görs, liksom ovan, 1,5 m ovan mark för typiska dagar kl 14 på sommaren och vintern.

Då luftens temperatur och relativa fuktighet knappast varierar alls, är dessa faktorer inte av betydelse. Däremot är vindförhållanden (hastighet och turbulens) samt den termiska komforten som också innefattar sol/skugga, avgörande. Skillnader i dessa presenteras här.



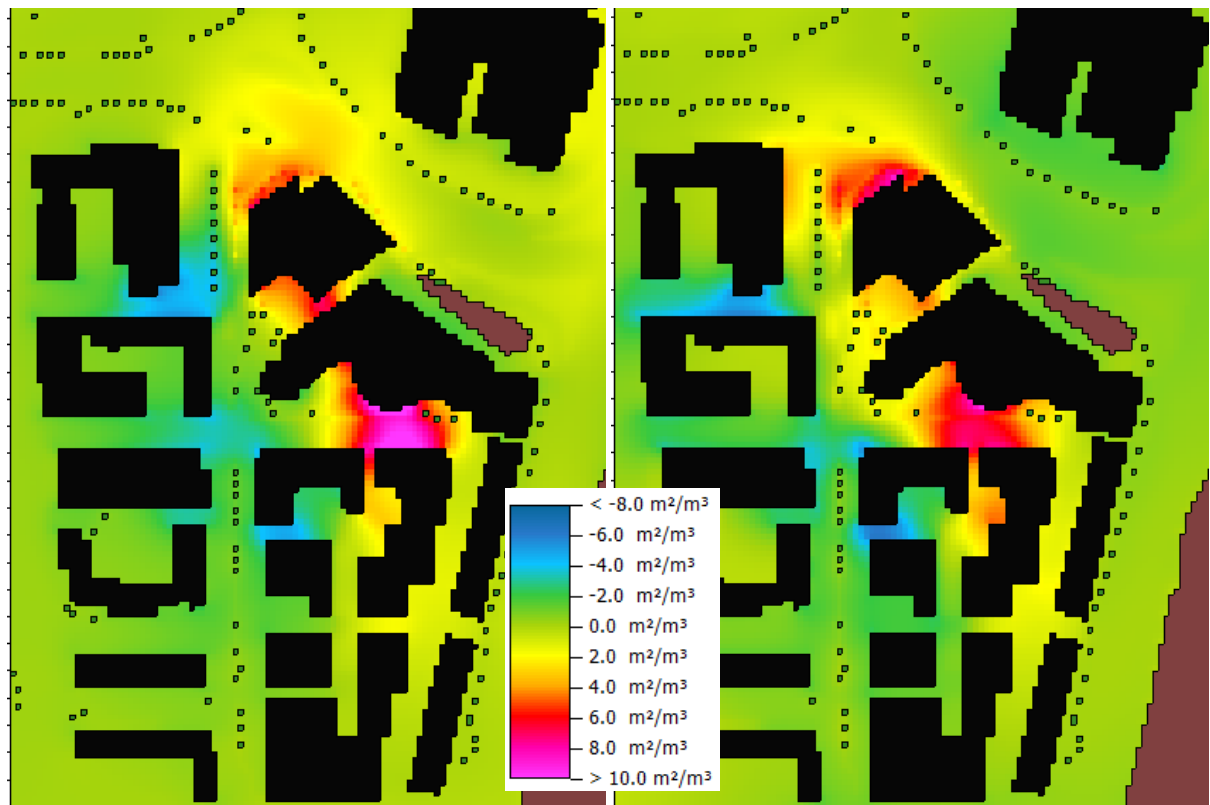
Figur 30: Jämförelse av vindhastighet kl 14 mellan planförslaget och existerande bebyggelse.
T v sommar, t h vinter.

Jämfört med dagens bebyggelse, ökar vindhastigheten i planförslaget i Drakegatan mellan de två höga byggnaderna, samt i Fabriksgatans mynning norr om den norra tornbyggnaden, se Figur 30. Minskade vindhastigheter ser vi vid de två norra höghusens entréer. Innergården söder om planområdet får också lägre vindhastigheter, efter kompletteringen med det södra höghuset i gattet mot Drakegatan. Detta gäller både sommar och vinter.

Turbulensen i vistelsezonen ökar mest i Drakegatan mellan höghusen – allra mest på sommaren, se Figur 31. Något minskad turbulens ser vi söder om brandstationen och i några öppningar längs Fabriksgatan. Dessa är starkt korrelerade till vindstyrkan.

Den termiska komforten (PPD), Figur 32, förbättras på sommaren genom skuggning från de höga byggnaderna. I norr ligger dessa områden till största delen i trafiklederna och är således av mindre betydelse. I Drakegatan ökar komforten i skuggan trots (eller tack vare) ökad vindhastighet och turbulens. På vintern är skuggade och vindutsatta områden däremot sämre ur komfortsynpunkt; östra delen av Drakegatan, gårdsmiljön söder därom, gatan vid parkeringshusen samt nordväst om norra höghuset är förlorarna.

Då utevistelse är både vanligare och mera långvarig under sommarsäsongen, är det normalt att prioritera denna i konfliktsituationer. Även om områdets karaktär inte präglas av ett omfattande offentligt uteliv, finns visst inslag av bostäder och privata gårdsmiljöer, vilka mest gynnas av en god sommarkomfort. Några allvarliga vindproblem, vilka kan kräva särskild behandling under någon av årstiderna, har inte heller identifierats.



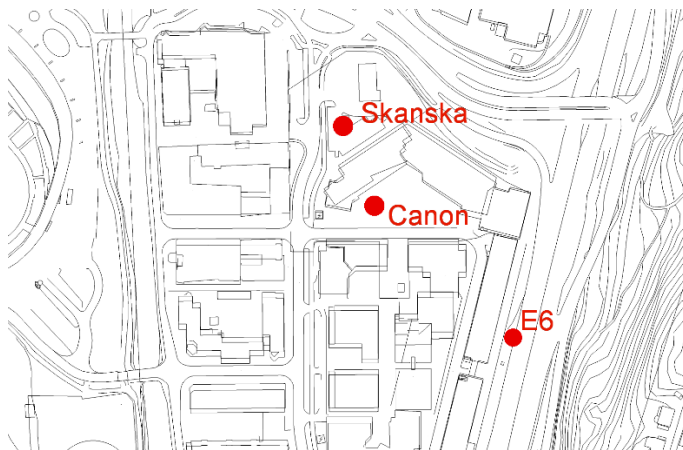
Figur 31: Jämförelse av turbulens kl 14 mellan planförslaget och existerande bebyggelse.
T v sommar, t h vinter.



Figur 32: Jämförelse av termisk komfort kl 14 mellan planförslaget och existerande bebyggelse.
T v sommar, t h vinter. Grönt betyder bättre komfort, rött är sämre.

Luftkvalité

De emissioner som skapas av de varierande trafikmängderna har simulerats för olika tider under ett normaldygn, både sommar och vinter med olika vindriktningar. Här redovisas planförslagets koncentrationer av NO₂, PM₁₀ och PM_{2,5} i kartor och diagram. Geografiska lägen för diagrammens referenspunkter syns i Figur 33. Två av dessa representerar viktiga platser där gångtrafikanter uppehåller sig eller passerar. Den tredje är en ungefärlig motsvarighet till mätstationen vid E6:an, och används för att kontrollera resultaten mot uppmätta nivåer.

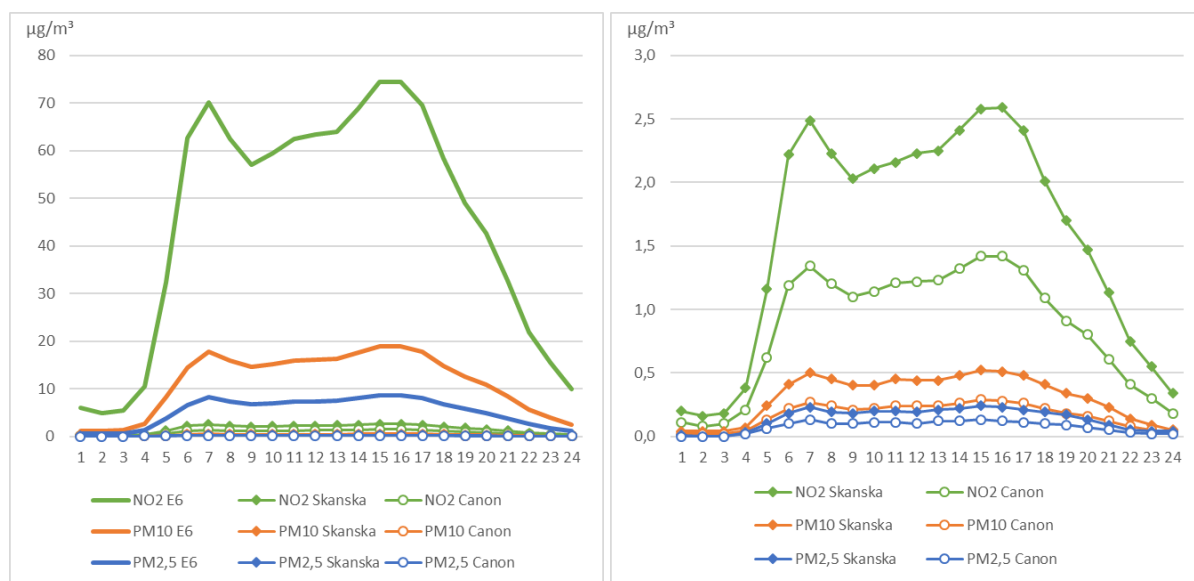


Figur 33: Referenspunkter för redovisade luftföroreningar. Dessa ligger på 1,5 m höjd vid entréerna framför byggnaderna "Skanska" och "Canon", samt vid E6:an (liknande miljöförvaltningens mätstation).

Sommar

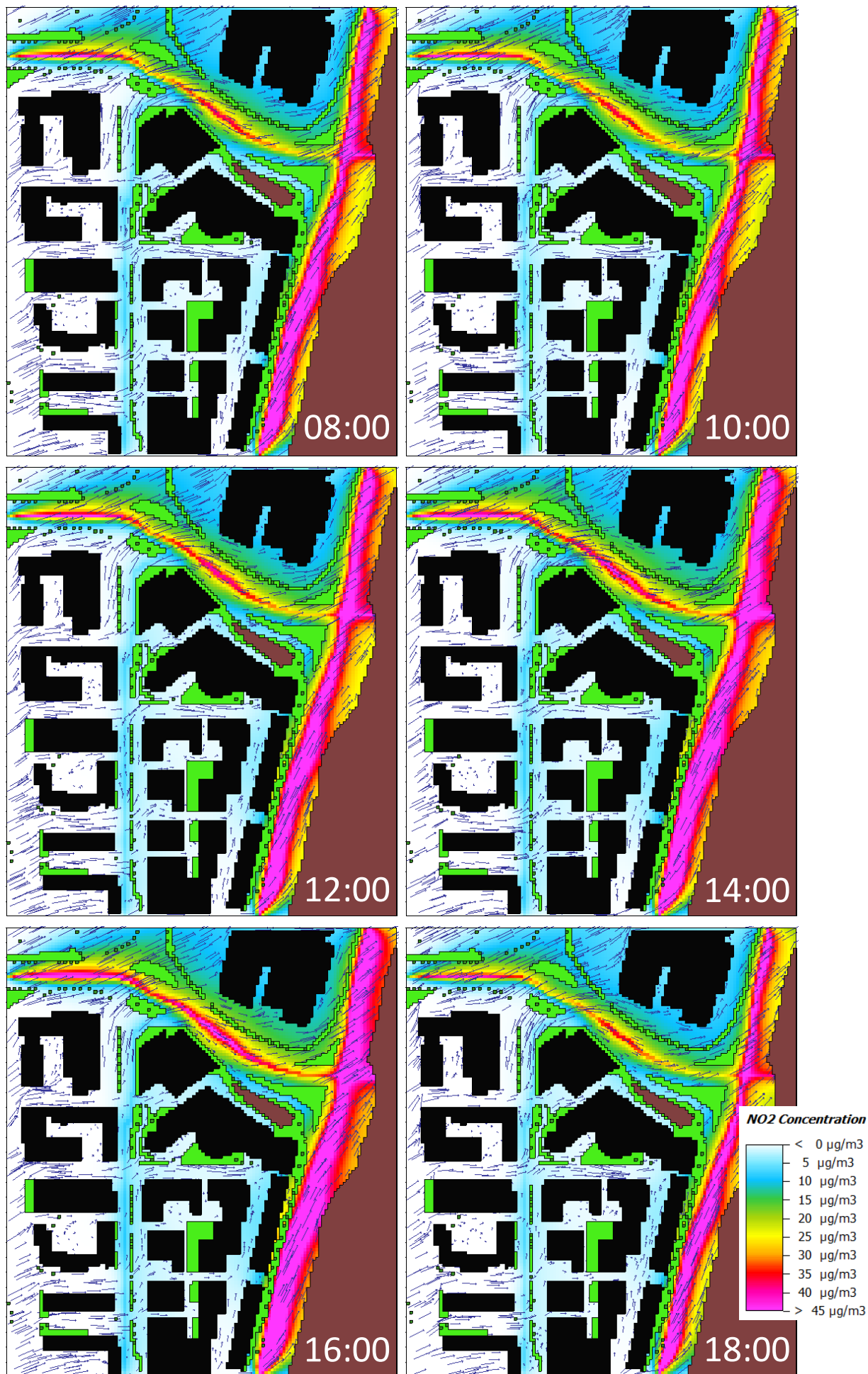
Under sommaren är den förhärskande vinden västsydvästlig, vilket inkluderas i simuleringen. Planområdet ligger då på vindsidan av de stora trafiklederna, och luftföroreningarna från dessa sprids bara i liten omfattning till gator och gårdar. Fabriksgatan har en jämförelsevis marginell trafikmängd, och emissionerna från denna är därmed låga.

Timvärden 1,5 m över mark för olika tidpunkter på dygnet visas i Figur 34 för de tre referenspunkterna, och de tre följande figurerna innehåller spridningskartor varannan timme från kl 08 till kl 18. Dygnsmedelvärdet för NO₂ vid E6:an är 45 µg/m³, vilket bedöms som en god approximation jämfört med mätdata under sommaren (Figur 12).

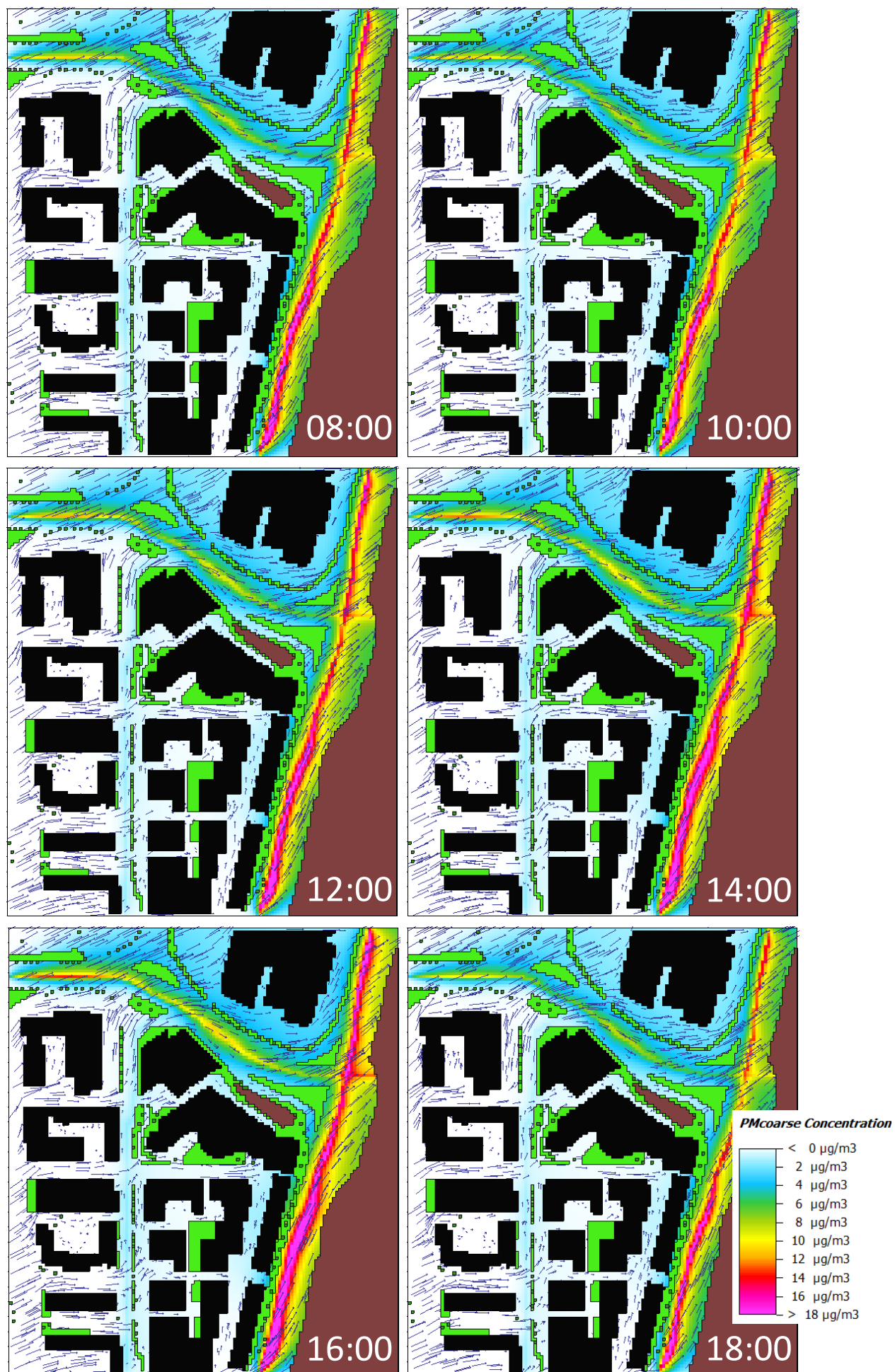


Figur 34: Luftföroreningar 1,5 m över mark ett normaldygn i juli; t v inkl E6, t h endast inom planområdet.

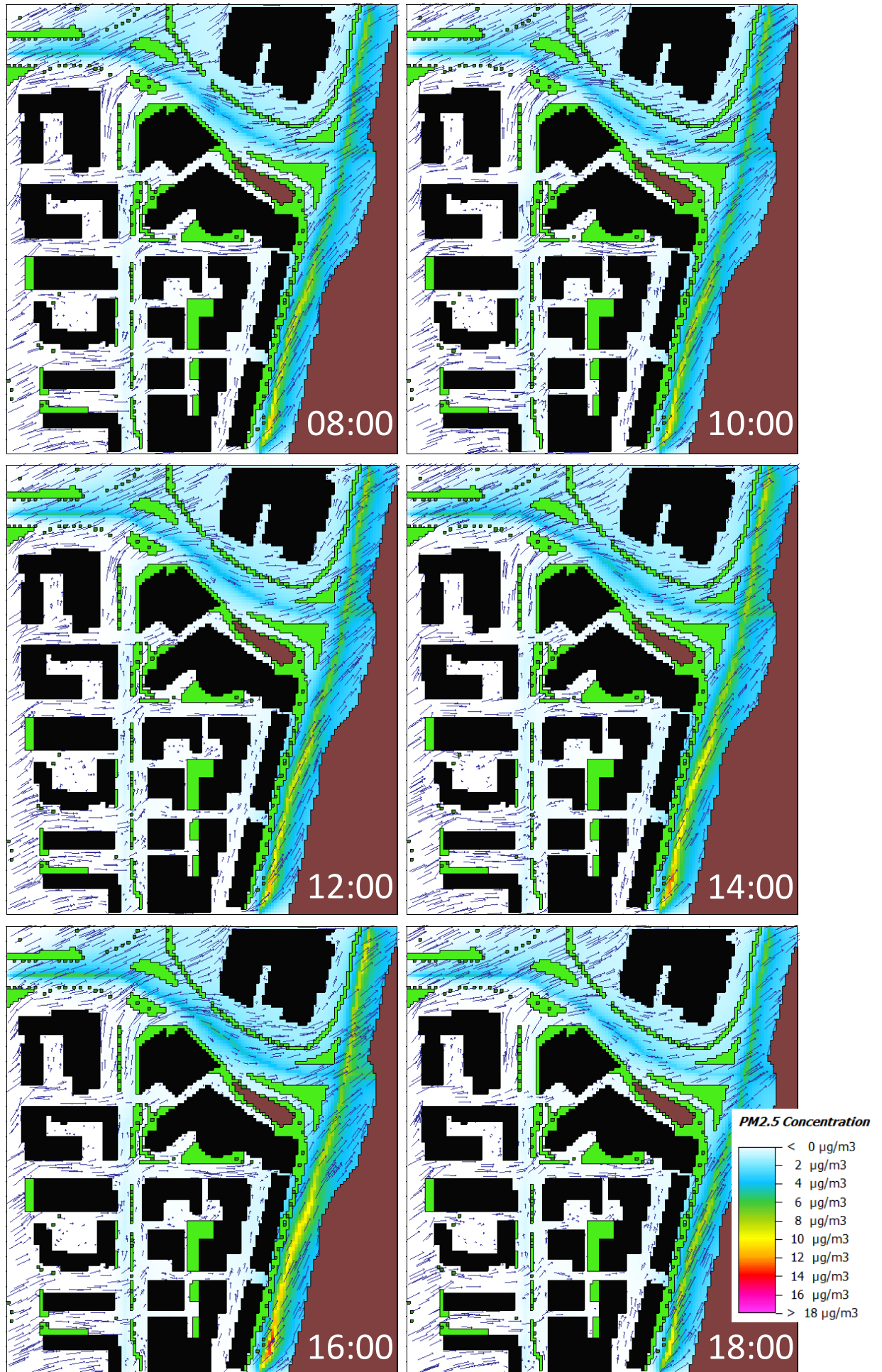
Även om vi adderar de urbana bakgrundsnivåerna (Femmans mätstation 2008) för NO₂, PM₁₀ och PM_{2,5} på 23, 21 respektive 10 µg/m³, ligger de maximala nivåerna inom själva planområdet långt under gränsvärdena.



Figur 35: NO₂-koncentrationer 1,5 m över mark i juli. Gränsvärden: 90 µg/m³ (timme), 60 µg/m³ (dygn).

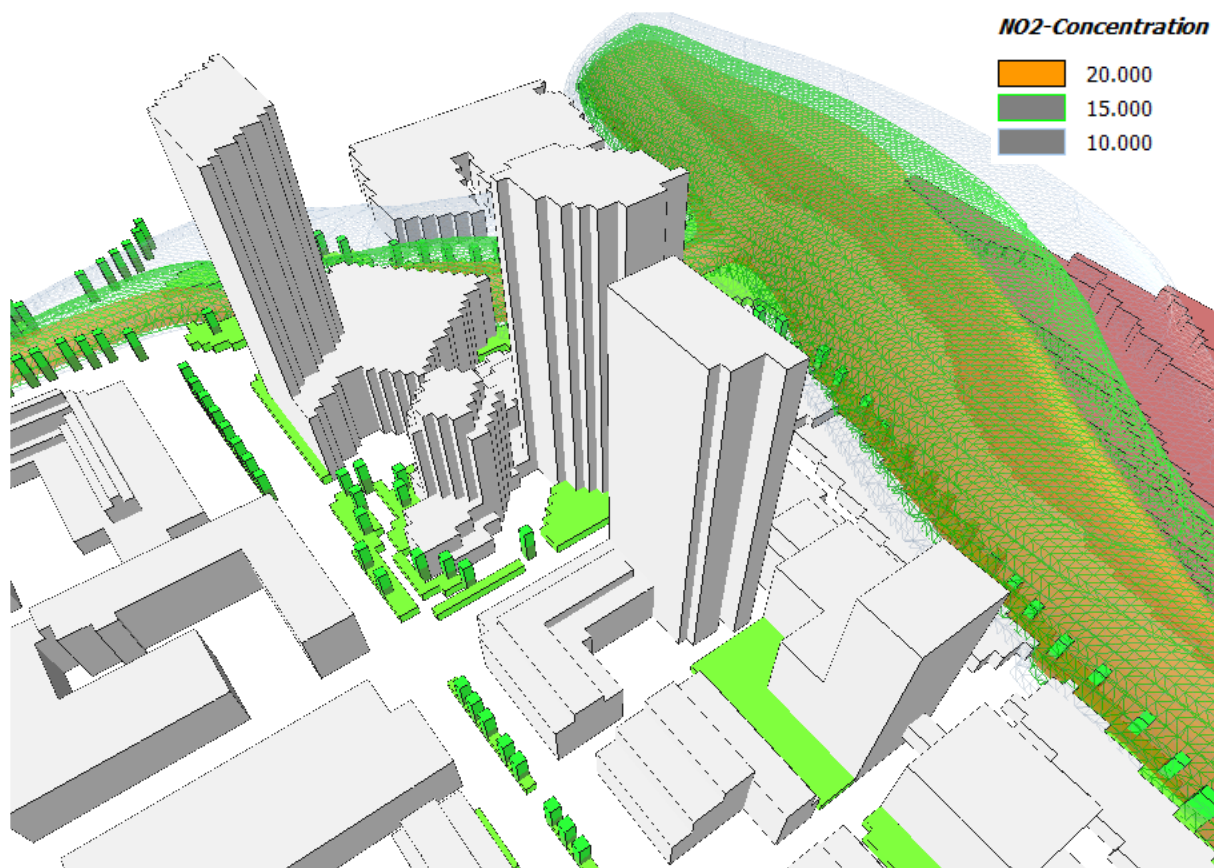


Figur 36: PM_{10} -koncentrationer 1,5 m över mark i juli. Gränsvärden: 50 $\mu g/m^3$ (dygn), 2020-mål: 30 $\mu g/m^3$.

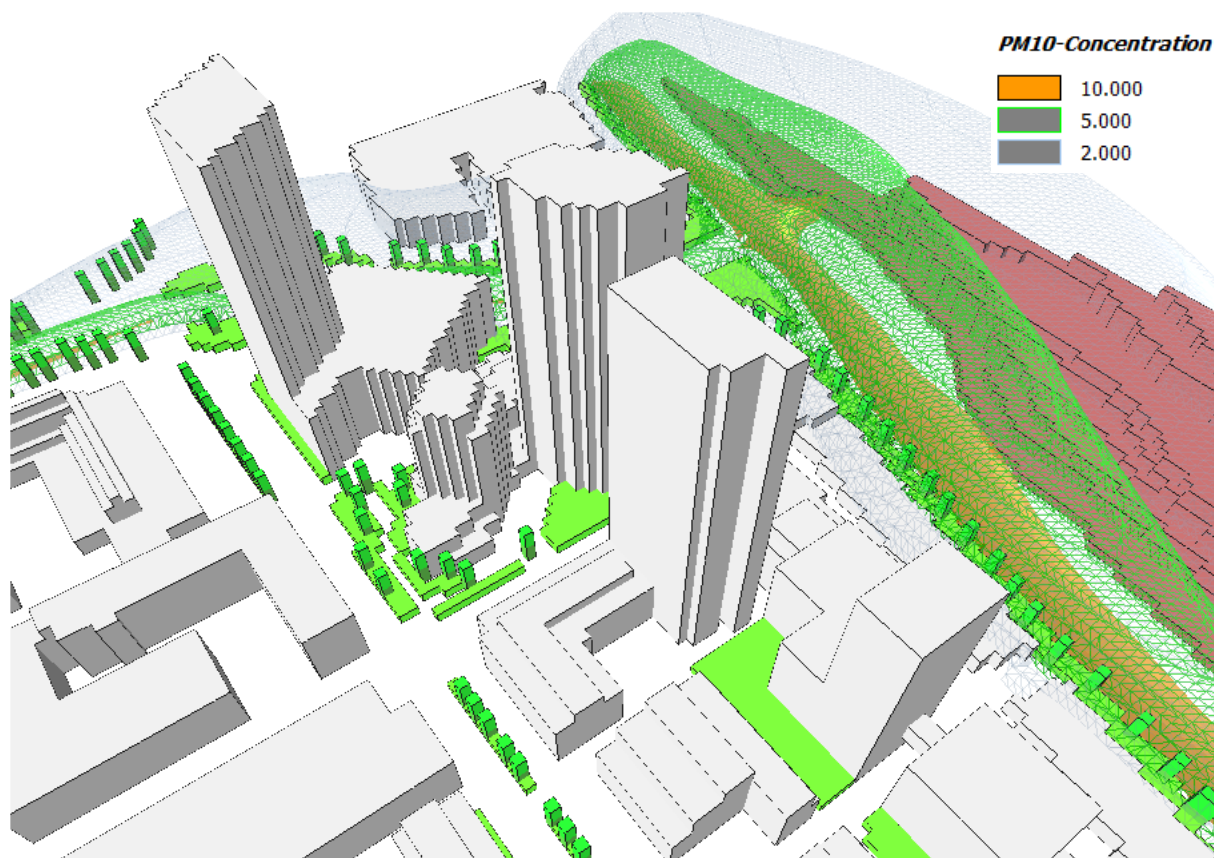


Figur 37: PM_{2.5}-koncentrationer 1,5 m över mark i juli. Gränsvärde: 50 µg/m³ (år).

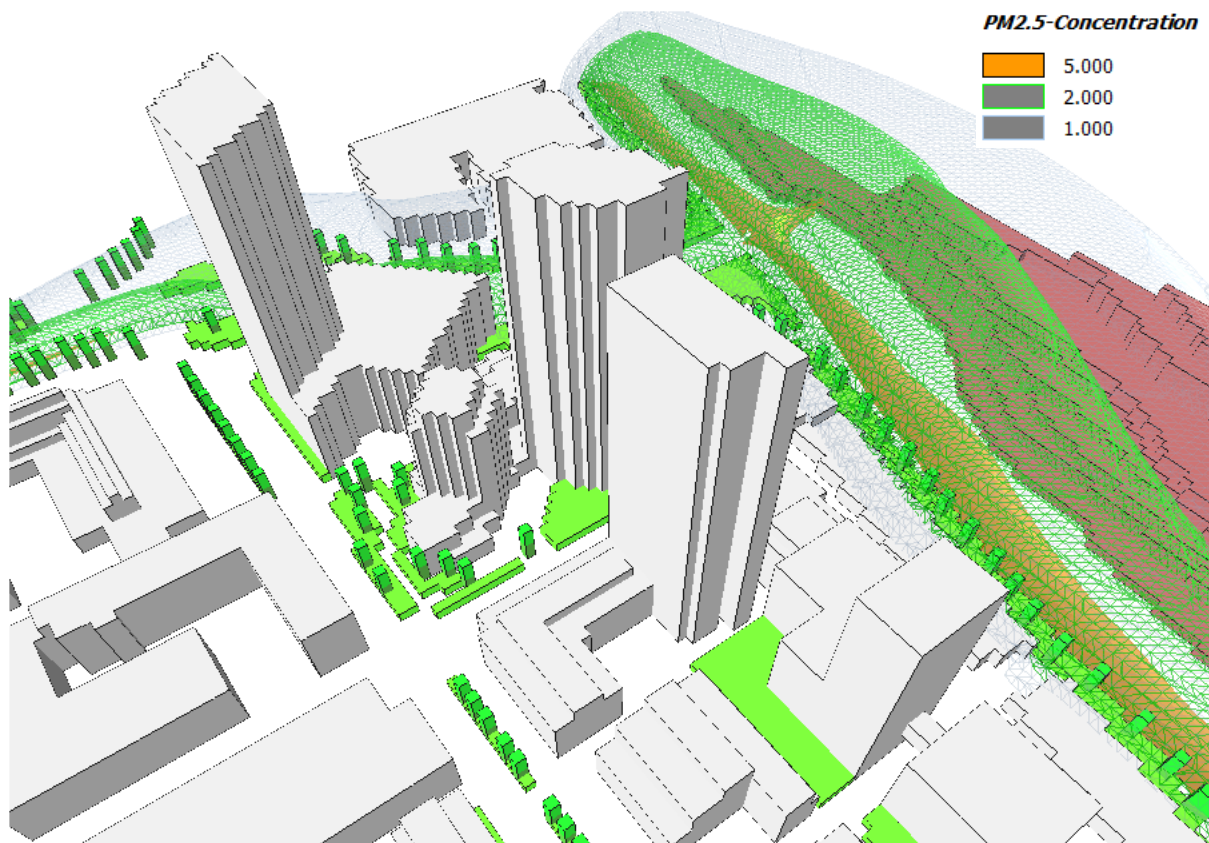
I Figur 38 och de två följande ser vi utbredningen i tre nivåer av NO_2 , PM_{10} och $\text{PM}_{2.5}$ i 3D vid maximal emission på sommareftermiddagen. Högre koncentrationer är begränsade till de stora trafiklederna och nordost därom.



Figur 38: NO_2 -koncentrationer vid toppbelastning kl 16 i juli, iso-yltor.



Figur 39: PM_{10} -koncentrationer vid toppbelastning kl 16 i juli, iso-yltor.

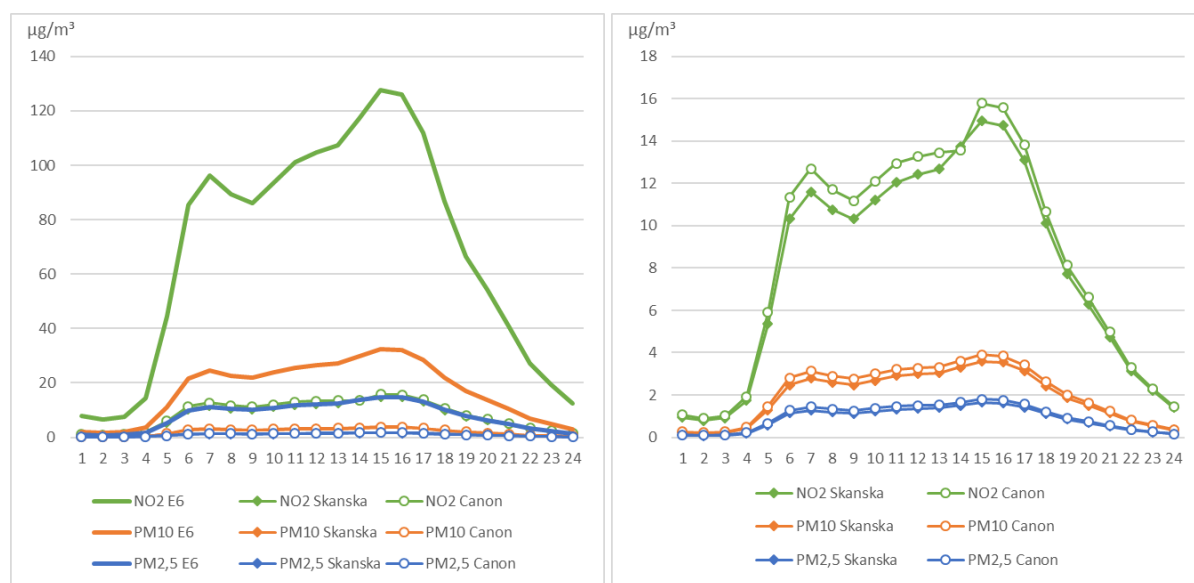


Figur 40: $PM_{2,5}$ -koncentrationer vid toppbelastning kl 16 i juli, iso-yltor.

Vinter

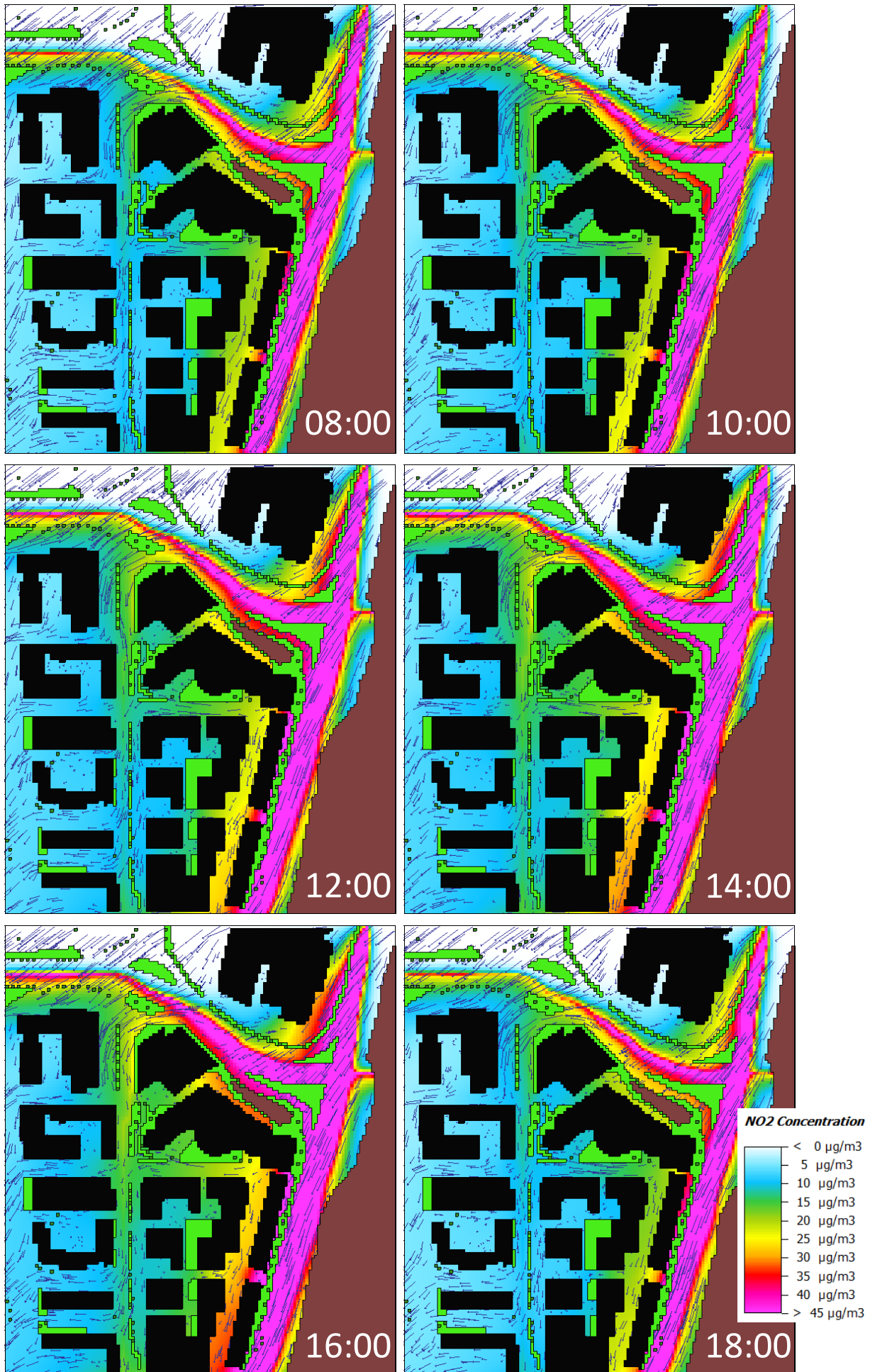
Under vintern simuleras en – då icke ovanlig – nordostlig vindriktning. Denna påverkar området starkt, genom direkt spridning av luftföroreningar från de båda starkt trafikerade lederna E6:an och infarten till Ullevigatan.

Timvärden 1,5 m över mark för olika tidpunkter på dygnet visas i Figur 41 för de tre referenspunkterna, och de följande figurerna visar spridningskartor varannan timme från kl 08 till kl 18. Dygnsmedelvärdet för NO_2 vid E6:an är $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en god approximation av mätdata (Figur 12).

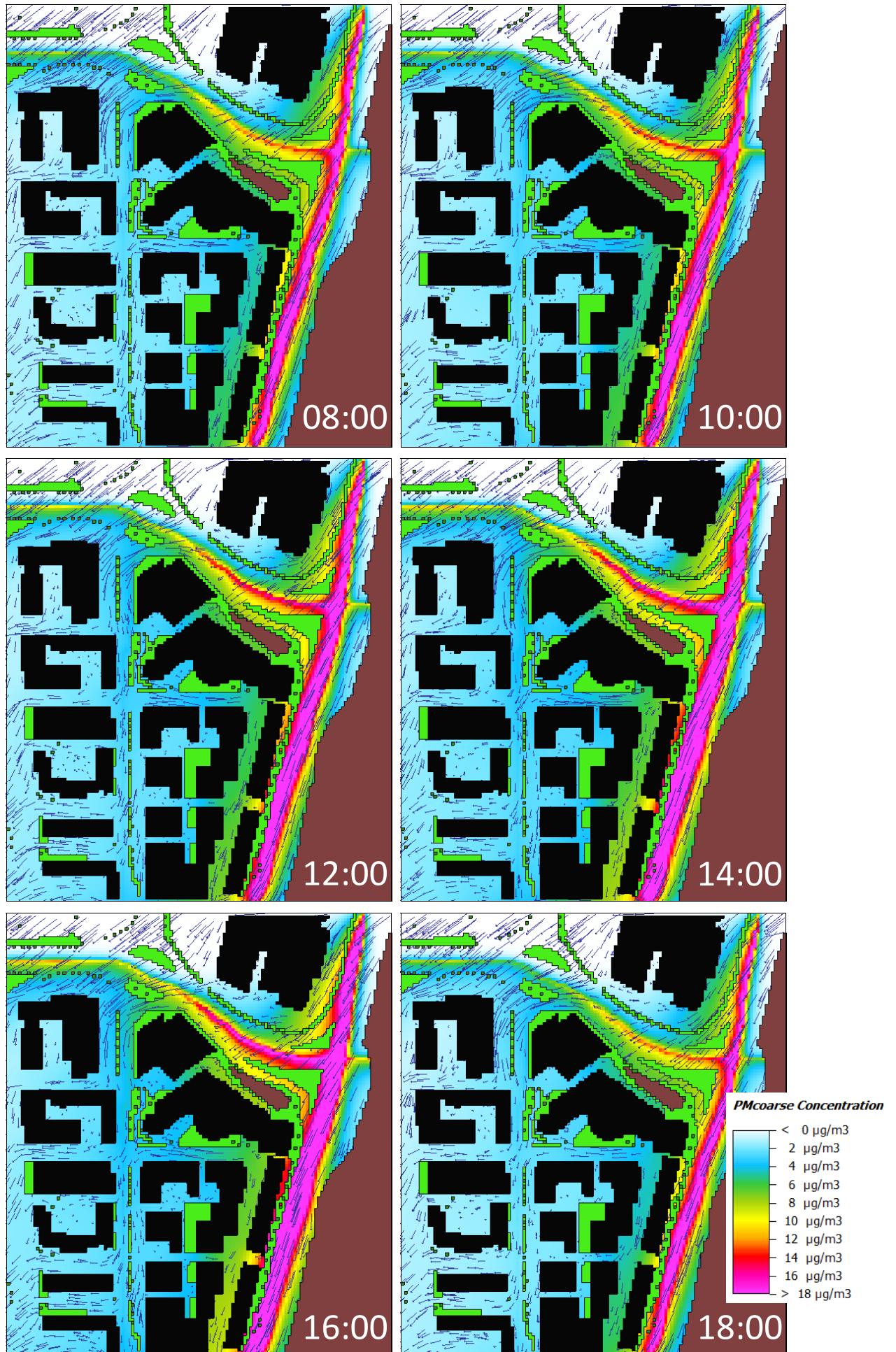


Figur 41: Luftföroreningar 1,5 m över mark ett normaldygn i januari; t v inkl E6, t h endast inom planområdet.

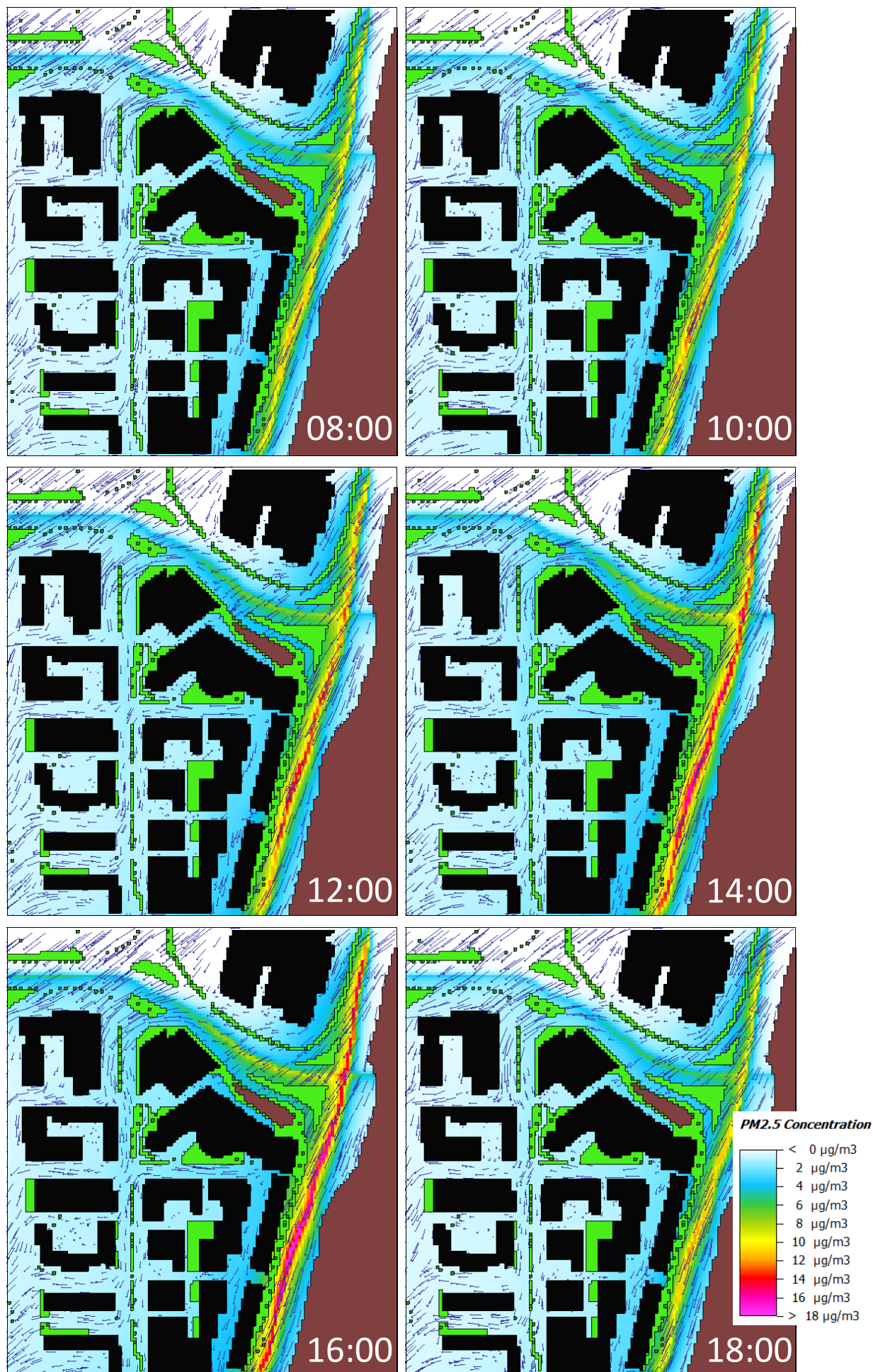
Även om vi adderar de urbana bakgrunds nivåerna (Femmans mätstation 2008) för NO_2 , PM_{10} och $PM_{2,5}$ på 23, 21 respektive $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ligger de maximala nivåerna inom själva planområdet under gränsvärdena. De områden med högst koncentration är norrsidan av Canon-huset och Johan på Gårdas Gata väster om parkeringshusen, vilka inte är typiska vistelsemiljöer.



Figur 42: NO₂-koncentrationer 1,5 m över mark i januari. Gränsvärden: 90 µg/m³ (timme), 60 µg/m³ (dygn).

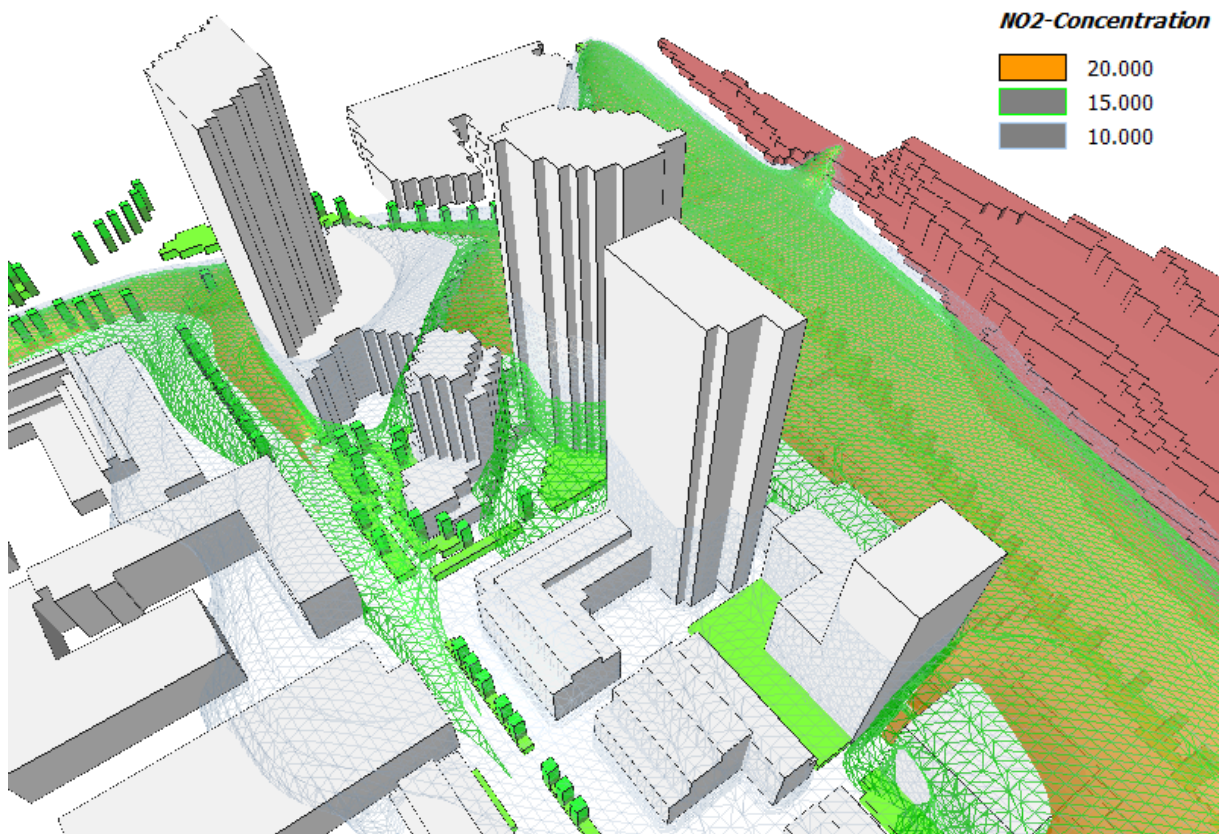


Figur 43: PM_{10} -koncentrationer 1,5 m över mark i januari. Gränsvärden: 50 $\mu g/m^3$ (dygn), 2020-mål: 30 $\mu g/m^3$.

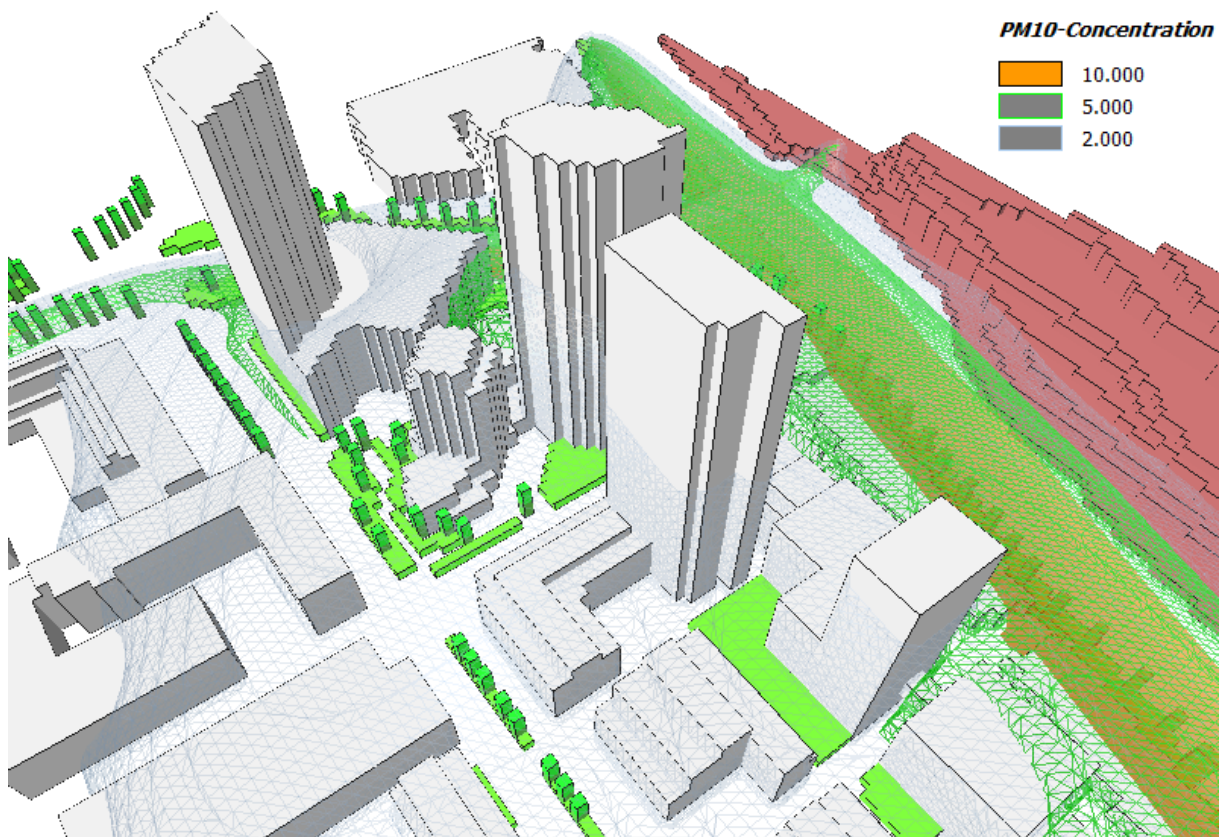


Figur 44: PM_{2.5}-koncentrationer 1,5 m över mark i januari. Gränsvärde: 50 µg/m³ (år).

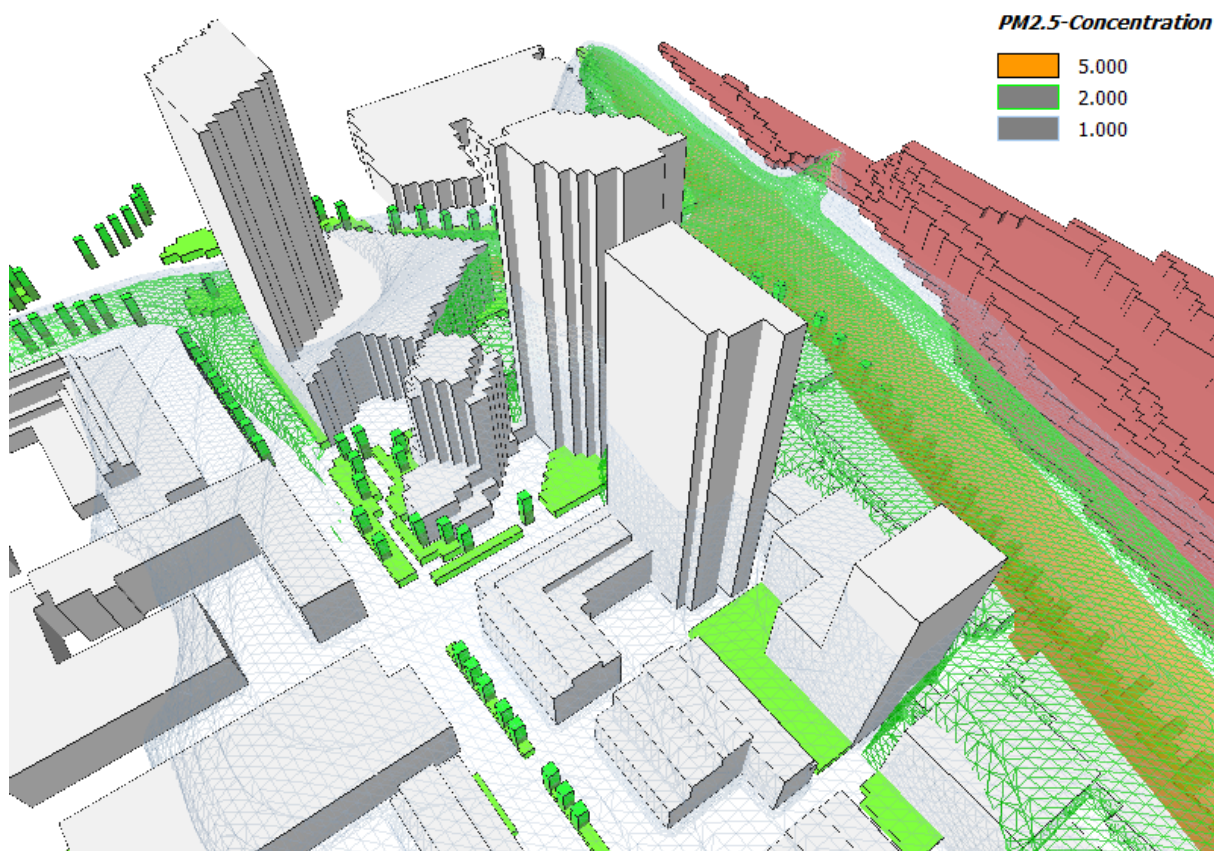
I Figur 38 och de två följande ser vi utbredningen av NO_2 , PM_{10} och $\text{PM}_{2.5}$ i 3D vid maximal emission på sommareftermiddagen. Fabrikgatans norra del utmärker sig här.



Figur 45: NO_2 -koncentrationer vid toppbelastning kl 16 i januari, iso-yltor.



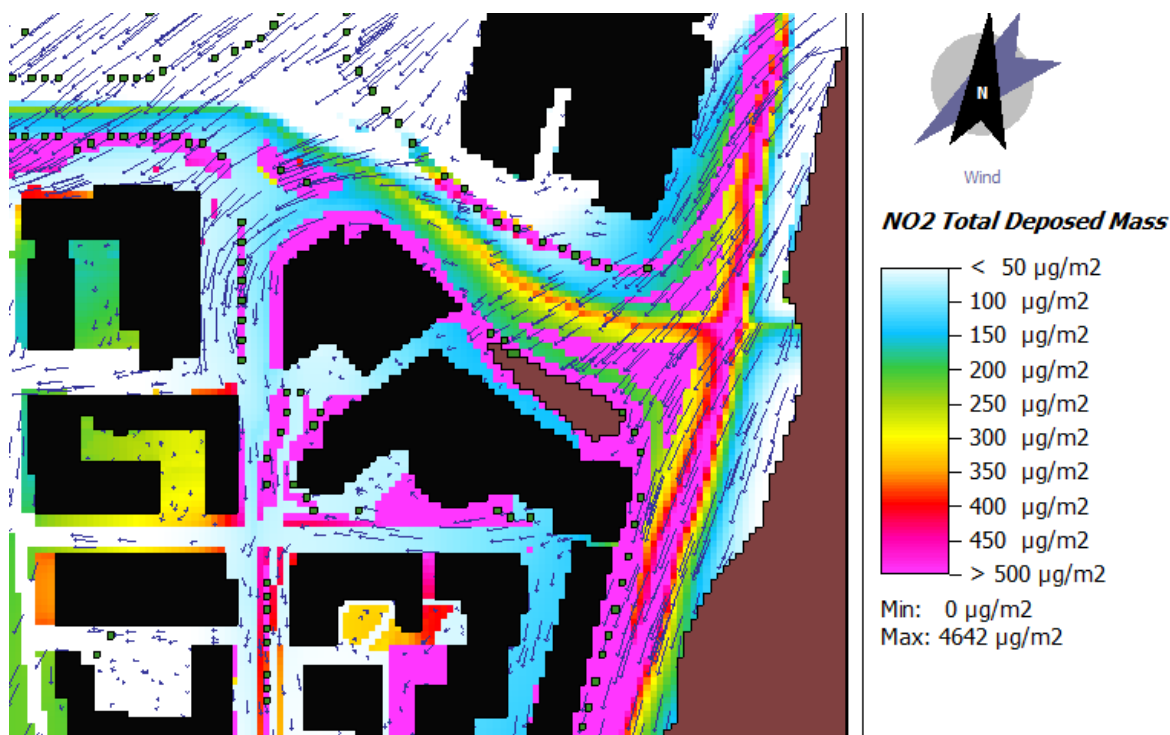
Figur 46: PM_{10} -koncentrationer vid toppbelastning kl 16 i januari, iso-yltor.



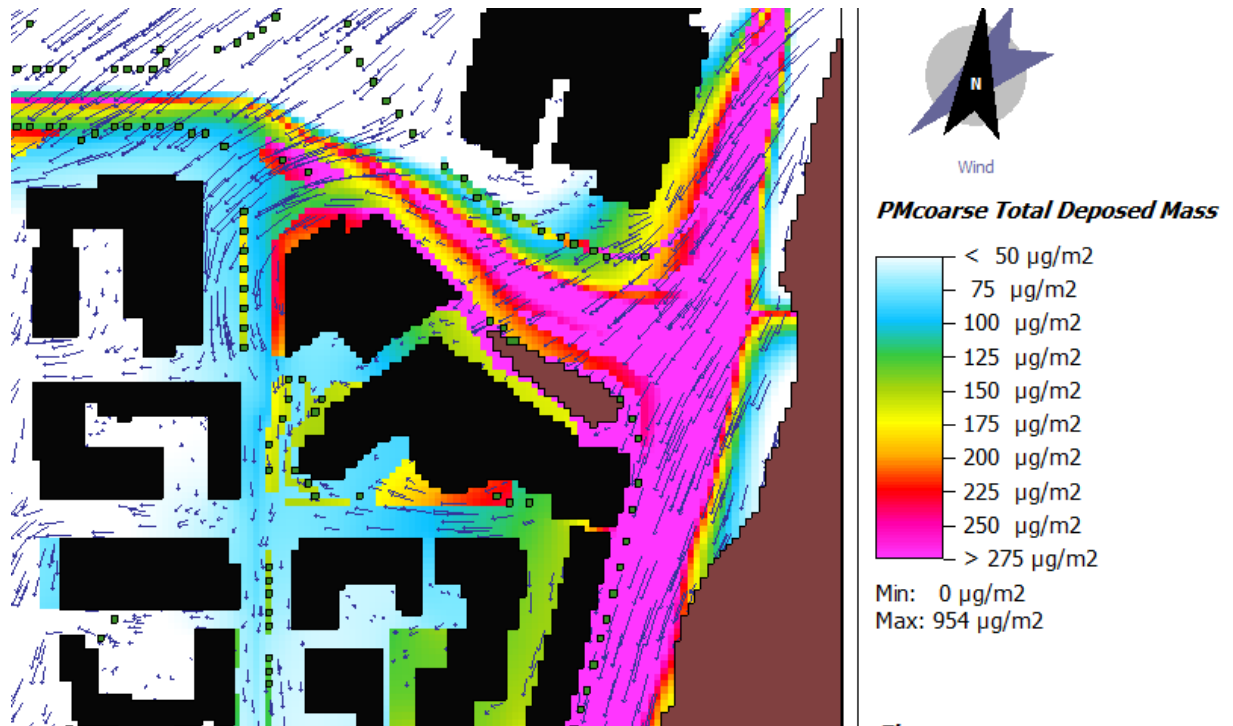
Figur 47: $PM_{2.5}$ -koncentrationer vid toppbelastning kl 16 i januari, iso-yltor.

Deposition av föroreningarna på mark och andra ytor beror i huvudsak på vind- och läförhållanden samt ytans upptagningsförmåga. I de följande figurerna (vintertid med större påverkan på området) ser vi att grönytor absorberar föroreningarna i högre grad, samt att högre koncentrationer också visar sig på läsidan av byggnaderna och på innergårdar, där vinden dör.

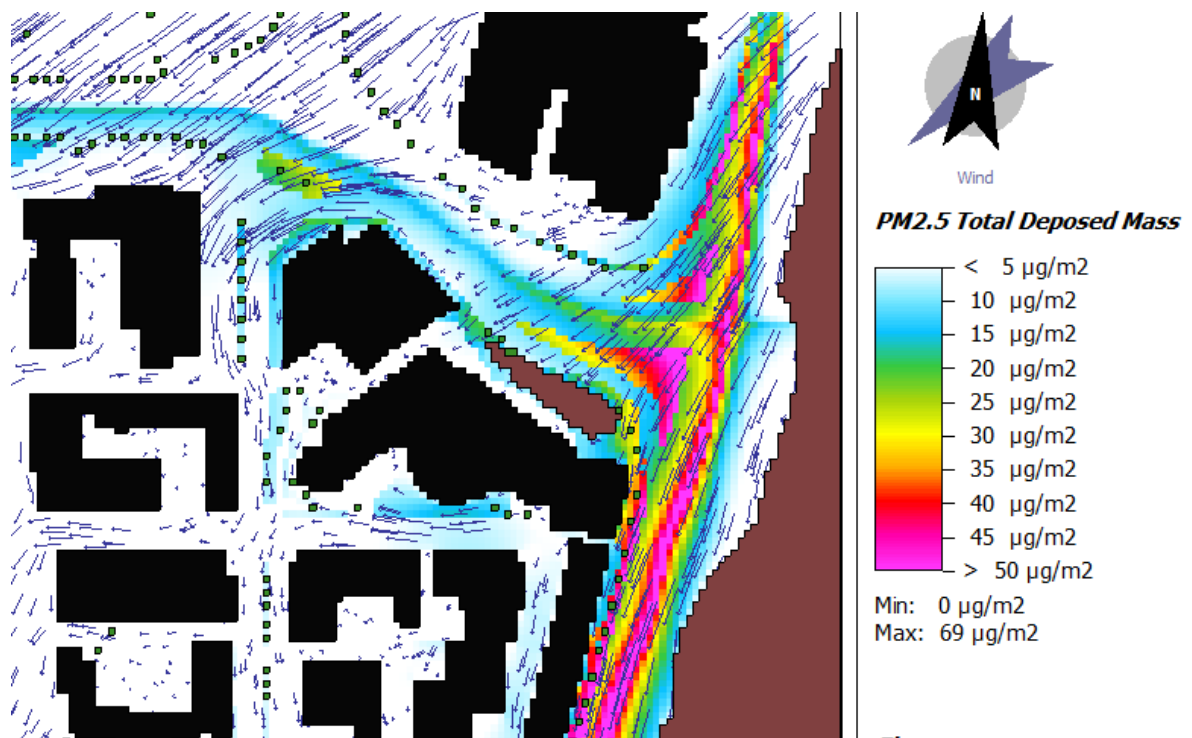
Någon kvantitativ bedömning av nivåerna görs inte här; resultaten får ses som relativa, och möjligen en varningssignal för vidare bedömning av miljöförvaltningen.



Figur 48: Ett dygns NO_2 -deposition på markytan i januari. ($100 \mu g/m^2 \cdot dygn$ motsvarar $365 kg/ha \cdot \text{år}$)



Figur 49: Ett dygns PM_{10} - deposition på markytan i januari. ($100 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{dygn}$ motsvarar $365 \text{ kg}/\text{ha} \cdot \text{år}$)

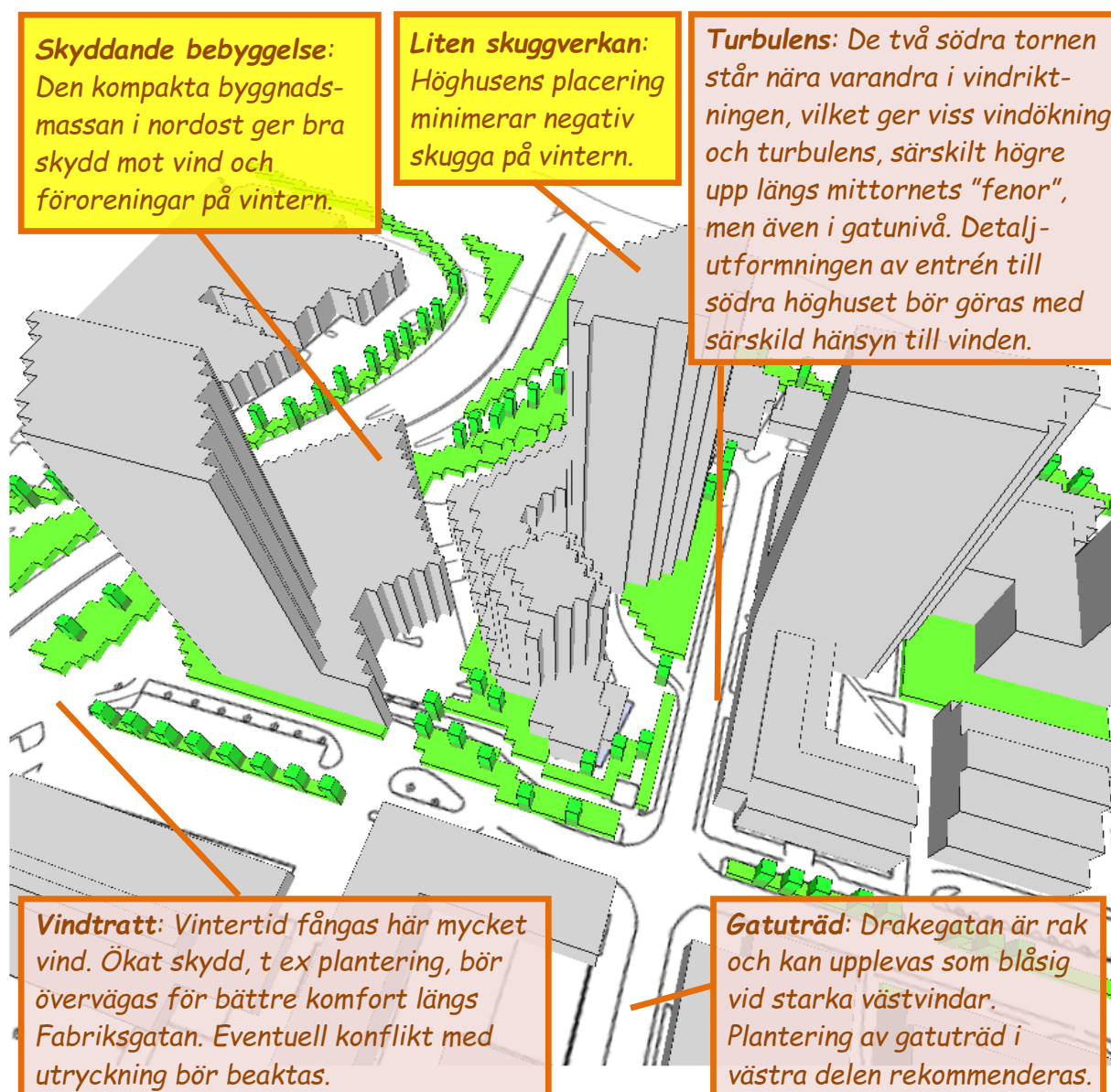


Figur 50: Ett dygns $PM_{2.5}$ - deposition på markytan i januari. ($10 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{dygn}$ motsvarar $36,5 \text{ kg}/\text{ha} \cdot \text{år}$)

Slutsatser och Rekommendationer

Planförslagets tillskott av tre nya höghus, ungefär dubbelt så höga som de högsta idag, påverkar inte mikroklimatet i vistelsezonen nära mark i någon högre grad. Skuggan från dessa, vilken kan vara positiv på sommaren och negativ på vintern, faller i mindre utsträckning inom viktiga uppehållsplatser för fotgängare och cyklister. Någon ökning av vindstyrka och turbulens kan märkas i ett par punkter, men är inte kritisk vid normala väderförhållanden. Den termiska komforten inom hela området är acceptabel till god på sommaren, och i det hela något förbättrad jämfört med existerande byggnation. På vintern är komforten självklart sämre, även med kraftigare klädsel. Tillskottet av byggnader har dock inte förvärrat klimatet i de viktigaste områdena för utevistelse.

Av de tre trafiklederna som ingått som emissionskällor (NO_2 , PM_{10} och $\text{PM}_{2,5}$) är Fabriksgatan negligerbar i sammanhanget. Med förhärskande vindar från västsydväst på sommaren driver luftföroreningarna från huvudvägarna bort från området. Under den del av vintern, då nordostvindar ofta förekommer, får området ta emot emissioner från båda dessa leder. Något förhöjda nivåer uppträder då norr om kvarteret och i angöringsgatan till parkeringshusen längs E6:an. Dessa nivåer ligger dock klart under dagens gränsvärden. I områdets kärna, vid gångstråk och entréer till kontorshusen, är koncentrationerna mycket lägre. Vid mera ovanliga väderleksförhållanden kan andra effekter uppstå, men sådana har inte tagits hänsyn till i denna studie.



Figur 51: Översiktliga kommentarer till planförslaget ur klimatsynvinkel.