



Bioklimastudie N87 — Mainz

Auswirkungen des Bauleitverfahrens „Neuer Quartiersplatz (N 87)“ auf das lokale Mikroklima und die thermische Belastung

Bioklimastudie N87 – Mainz

Auswirkungen des Bauleitplanverfahrens „Neuer Quartiersplatz (N 87)“ auf das lokale Mikroklima und die thermische Belastung

Projektbericht erstellt für das:

Umweltamt Mainz

Geschwister-Scholl-Str. 4

55131 Mainz

Erstellt von:

Univ.-Prof. Dr. Michael Bruse

Stuttgart/Essen/Mainz 2014

Bearbeiter:

Bruse, Michael

Hofmeyer, Jan

Simon, Helge

1 Untersuchungsgegenstand

Im Zuge des Bauleitplanverfahrens „Neuer Quartiersplatz (N 87)“ in der nördlichen Neustadt wurde eine Mikroklimasimulationsstudie durchgeführt. Untersucht wurden der betroffene Bereich und dessen unmittelbare Umgebung. Dazu wurden drei Szenarien betrachtet. Der aktuelle Bestand (Status Quo) sowie zwei Szenarien der geplanten Bebauung (Worst Case und Optimized Case) mit jeweils verschiedenen Begrünungsanteilen. Die vorliegende Studie schätzt das mikroklimatische Potential der verschiedenen Szenarien im Mikroklimamodell ENVI-met ab und betrachtet dabei insbesondere die thermische Belastung während eines fiktiven Sommertags mit einer schwachen Luftströmung aus Südwesten.

2 Untersuchungsgebiet und Computermodell

2.1 Das Mikroklimamodell ENVI-met

ENVI-met ist ein dreidimensionales nicht-hydrostatisches Mikroklimamodell, in das unterschiedliche Submodelle entsprechend der Komplexität der städtischen Umgebung integriert sind. Einen Überblick über die Modelle und die berücksichtigten Prozesse gibt die stehende Abbildung I. ENVI-met stellt die Umgebung durch ein Gitternetz mit einer horizontalen und vertikalen Auflösung von bis zu 0,5m dar. Das Modell erlaubt es dabei, jeder einzelnen Zelle eigene Attribute, z. B. Pflanzen oder Gebäude, zuzuweisen. Dadurch lassen sich präzise Abbildungen architektonischer Elemente wie z. B. Balkonen, Galerien usw., individuelle Materialien für jedes Fassadenelement, dreidimensionale Pflanzen sowie Schadstoffquellen frei digitalisieren und somit ihre Auswirkungen auf das Mikroklima modellieren.



Abbildung I: Modellübersicht ENVI-met

ENVI-met ist bislang das weltweit einzige frei verfügbare Rechenmodell, das den kompletten Wirkungszyklus Stadtklima (Temperatur- und Feuchteverteilung, Ausbreitung von Schadstoffen und Bauphysik) in hoher Auflösung auf handelsüblichen PCs simulieren kann. ENVI-met wird in verschiedenen Bereichen (4700 registrierte User weltweit) der Stadtklimatologie, Architektur und Landschaftsarchitektur eingesetzt. Die Besonderheit von ENVI-met und die fachliche Herausforderung bei dessen Entwicklung ist der holistische Ansatz des Modells, der benötigt wird, um die Prozesse im urbanen Raum angemessen numerisch wiedergeben zu können.

Die Simulation mit ENVI-met hat sich zu einem anerkannten Standardverfahren zur Beurteilung des urbanen Mikroklimas etabliert. Die Qualität des Modells wird hierbei fachtheoretisch durch zahlreiche unabhängige Publikationen und Dissertationen belegt.

2.2 Digitalisierung des Untersuchungsgebiets

Das Modellgebiet wurde in einer Auflösung von 2,5 Metern horizontal und vertikal in ENVI-met erstellt und hat eine Ausdehnung von 180 Gitterpunkten in der Länge und Breite sowie 29 Gitterpunkten in der Höhe. Bei der Digitalisierung der Modellgebiete wurden unter anderem die von der Stadt Mainz zur Verfügung gestellten digitalen Stadtmodelldaten verwendet. Die untersten sechs Zellen des Modells sind aufgrund meteorologischer Gesichtspunkte sowie zur genaueren Auflösung der für das Mikroklima besonders bedeutenden Prozesse (Interaktion von Pflanzen und der Bodenoberfläche mit der Atmosphäre) in vertikaler Richtung höher aufgelöst, so beträgt die vertikale Ausdehnung der untersten Zellen 25 cm, die der vier darüber liegenden Zellen jeweils 50 cm und die der sechstunterste Zelle 150 cm. Dies ermöglicht differenziertere Aussagen über die Prozesse in den vertikalen Schichten von 25, 75, 125, 175, 225 und 375 cm. Ab einer Höhe von 3,75 Metern sind die Zellen bis zum Modelloberrand mit 2,5 Meter äquidistant. Somit ergibt sich eine Gesamtfläche der Modelle von je 450x450 Metern und einer Höhe von 61,25 Metern je Projektgebiet. Zur Optimierung wurde das Untersuchungsgebiet um 51° mit dem Uhrzeigersinn aus der Nord-Süd Achse gedreht, hierdurch konnte die Stufenbildung durch das Modellraster im Bereich der geplanten Bebauung minimiert werden. Die Gebäude wurden mit ihren mittleren Gebäudehöhen digitalisiert, daher erscheinen im Modell auch Satteldächer als Flachdächer. Dies ist bei der gewählten Gitterweite völlig ausreichend und bildet alle relevanten Prozesse wie etwa die Abschattung der Sonne ausreichend ab.

Abbildung II zeigt ein Luftbild des Untersuchungsgebiets, der schraffierte Bereich stellt das Gebiet des geplanten Bauvorhabens N87 dar. Aus dem Untersuchungsgebiet wurden drei Szenarien entwickelt, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.



Abbildung II: Luftbild des Untersuchungsgebiets (der schraffierte Bereich in der Bildmitte stellt den vom Bauleitplanverfahren "Neuer Quartiersplatz (N 87)" betroffenen Bereich dar

Szenario 1: Status Quo (aktueller Bestand)

Das erste Szenario stellt den aktuellen Baubestand (Mai 2014) dar. Das Modellgebiet wurde anhand der vom Umweltamt bereitgestellten GIS-Daten sowie einer Ortsbegehung hinsichtlich dessen Bebauung, Vegetation und Oberflächen digitalisiert. Das Szenario wird im Folgenden als Status Quo bezeichnet. Die Abbildungen III und IV zeigen das Modellgebiet Status Quo einmal in 3D sowie in einem 2D-Schnitt in einer Höhe von 1,75 Metern.

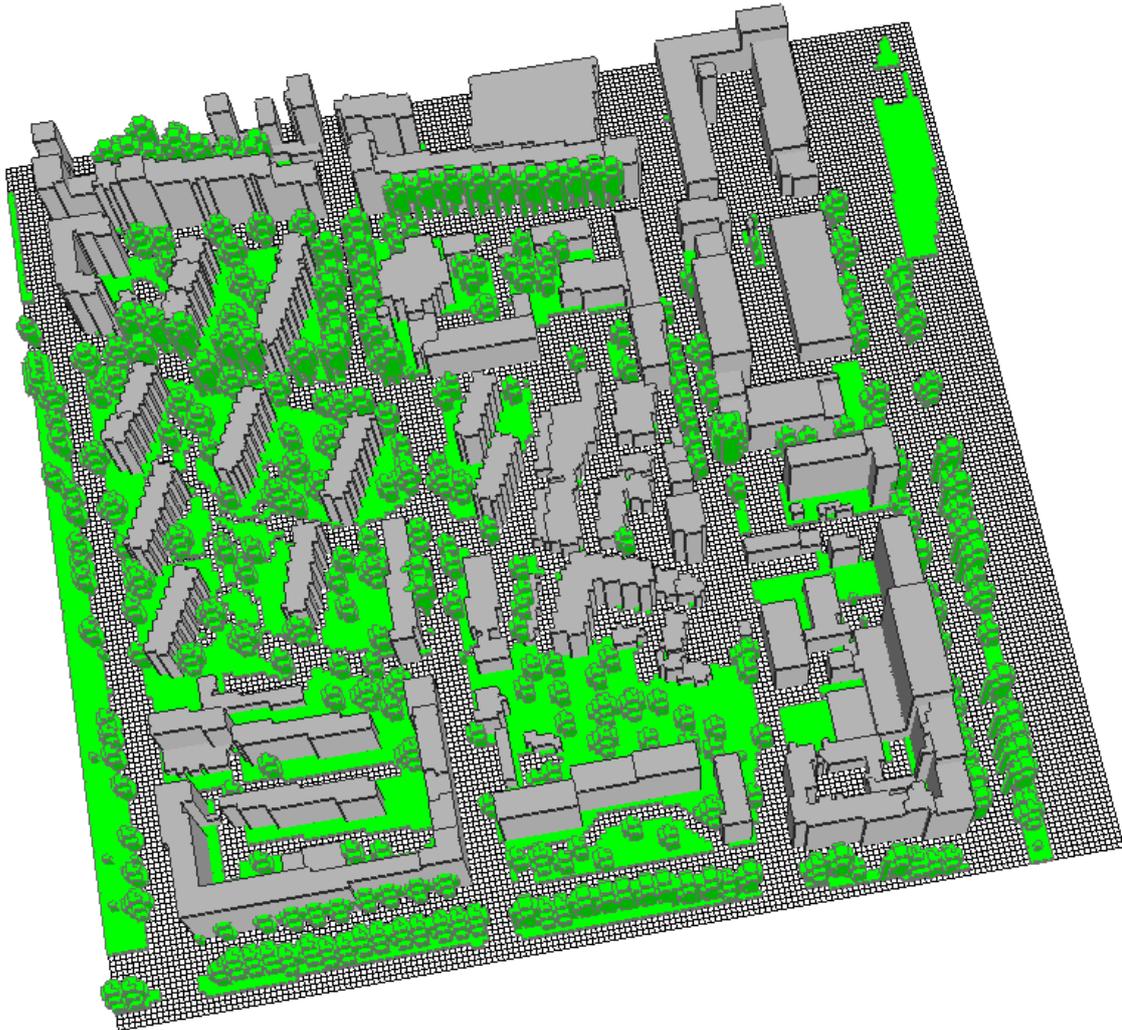


Abbildung III: 3D-Darstellung des Modellgebiets Status Quo (aktueller Bestand)

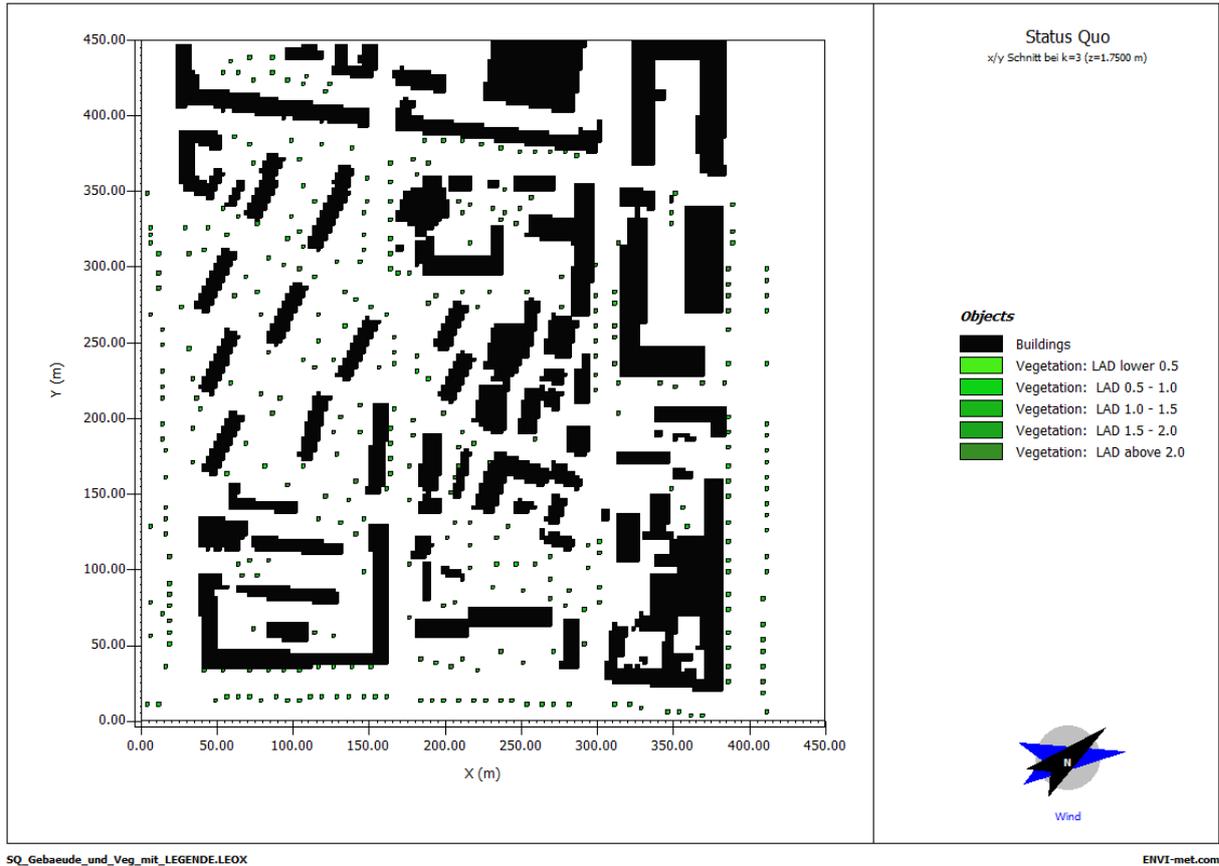


Abbildung IV: 2D-Schnitt des Modellgebiets Status Quo in einer Höhe von 1,75m

Szenario 2: Worst Case (geplante Bebauung mit geringem Grünanteil)

Basierend auf dem Bebauungsplan „Neuer Quartiersplatz (N 87)“ und gemäß den Mindestanforderungen der Satzung über Grünflächen der Stadt Mainz vom 30.03.1983 wurde ein zweites Szenario, das Szenario Worst Case erarbeitet. Bis auf das neugeplante Baugebiet ist das Modellgebiet unverändert gegenüber dem Status Quo. Die Digitalisierung der Vegetation erfolgte gemäß den Anforderungen der Satzung über Grünflächen der Stadt Mainz.

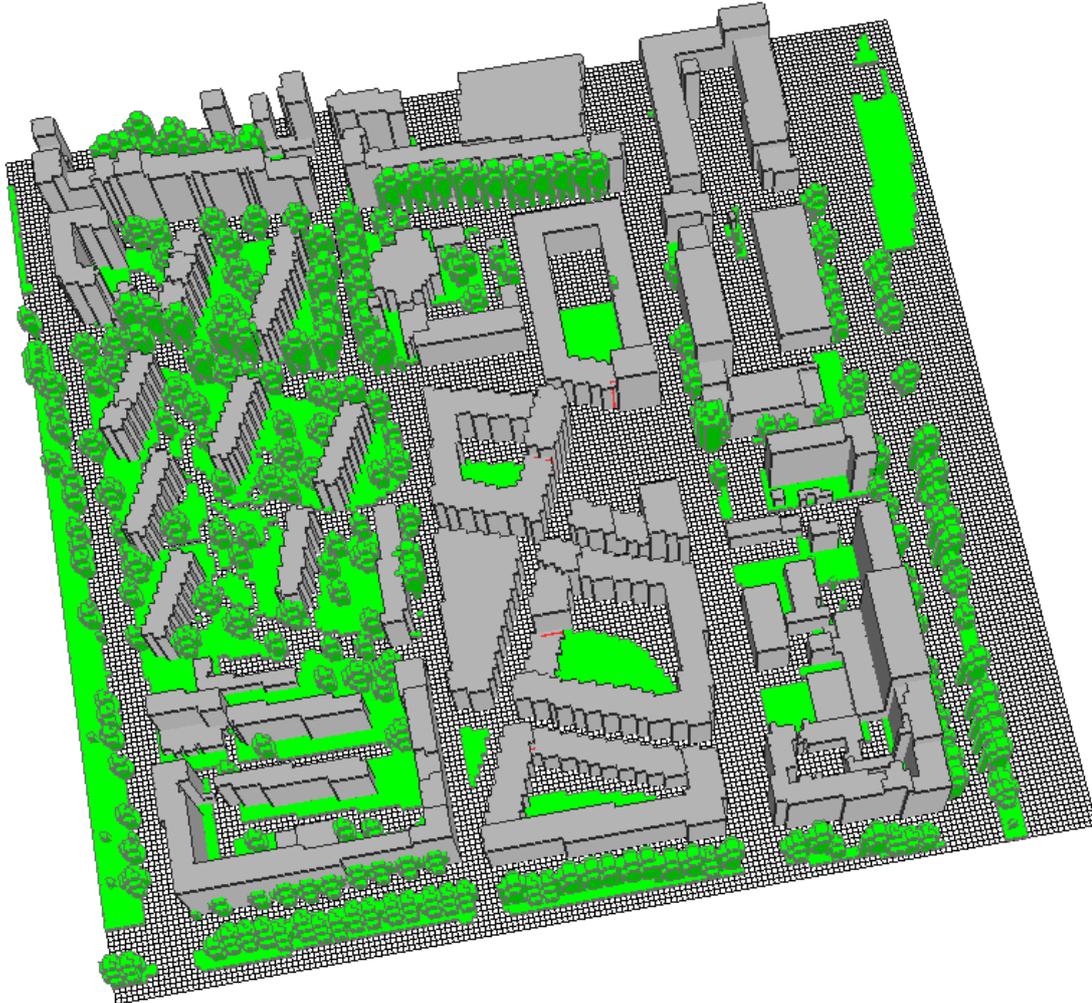


Abbildung V: 3D-Darstellung des Modellgebiets Worst Case (geplante Bebauung mit geringem Grünanteil)

Um die Wirkung der Grünflächen im Worst Case-Szenario zu reduzieren wurden diese in den mikroklimatisch weniger potentialreichen Bereichen digitalisiert. Auf eine darüberhinausgehende Begrünung des Baugebiets wurde im Worst Case-Szenario verzichtet. Der neuentstehende Quartiersplatz ist in der 2D-Abbildung (Abbildung VI) rot eingezeichnet.

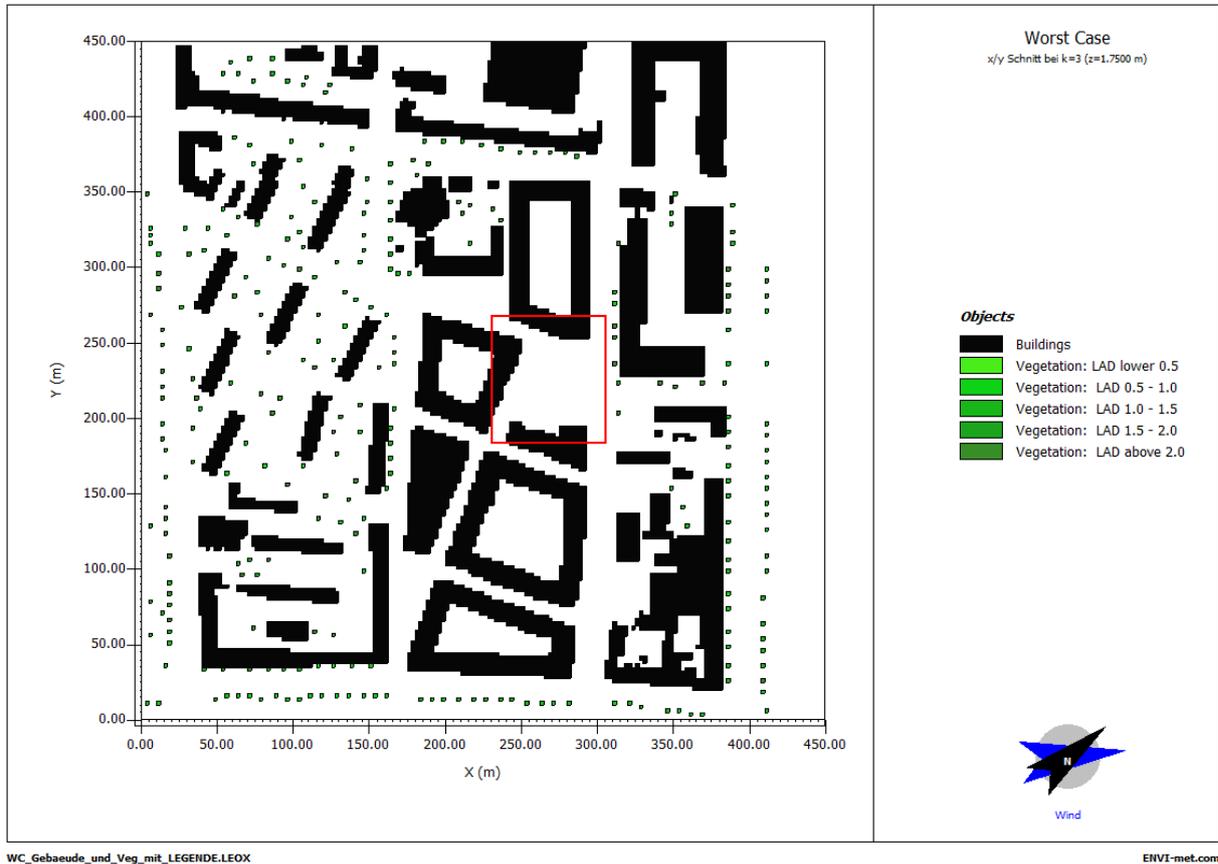


Abbildung VI: 2D-Schnitt des Modellgebiets Worst Case in einer Höhe von 1,75m

Szenario 3: Optimized Case (geplante Bebauung mit optimierter Begrünung)

Das dritte Szenario wurde auf Basis des Worst Case-Szenarios entwickelt und stellt eine optimierte Begrünung des Bauleitverfahrens „Neuer Quartiersplatz (N87)“ hinsichtlich des Mikroklimas dar. Die Art und die Verortung der Vegetation wurden mit Hilfe von Mikroklimasimulationen erörtert. Es wurde darauf geachtet, nicht ein maximales, sondern ein optimiert realistisches Szenario zu erstellen.

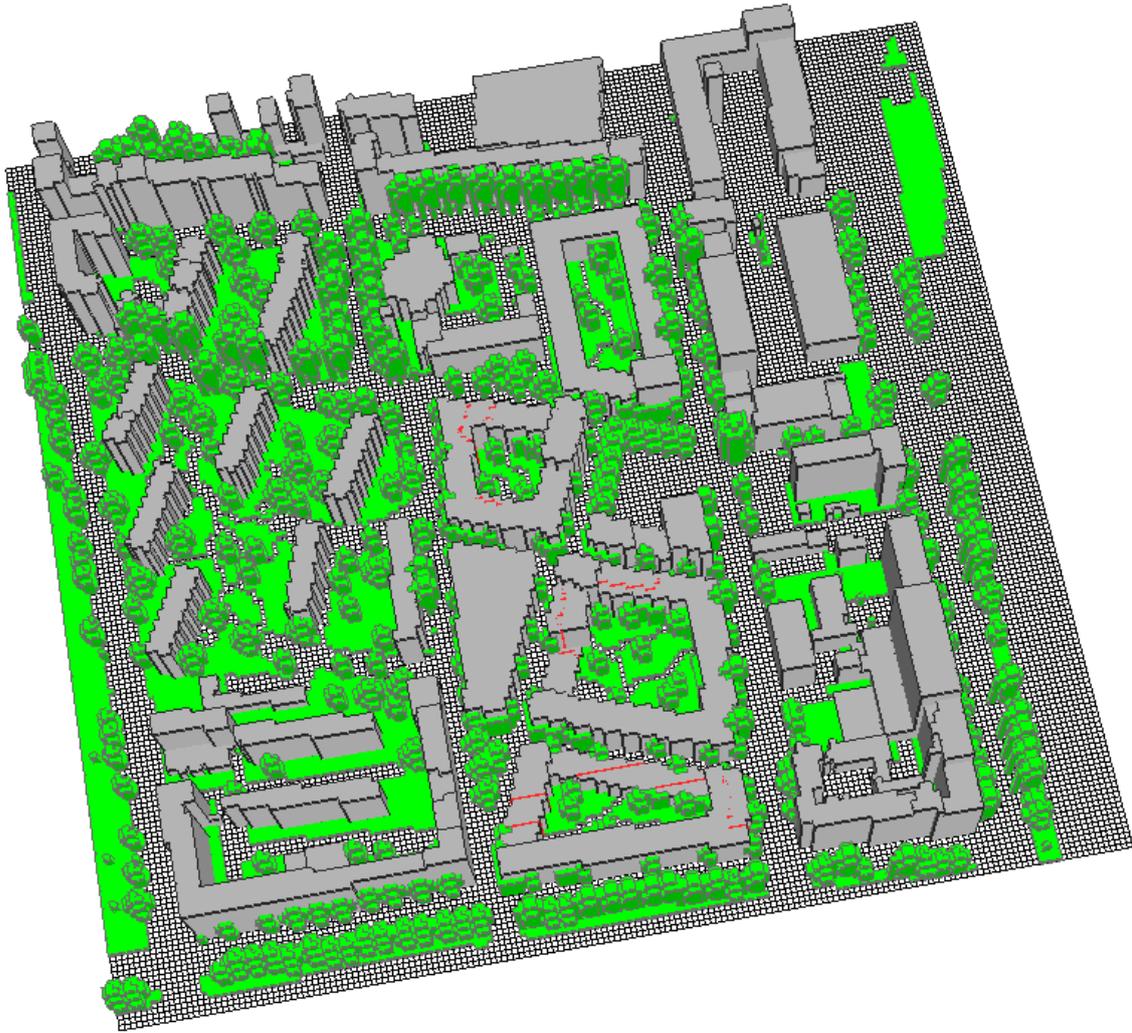


Abbildung VII: 3D-Darstellung des Modellgebiets Optimized Case (geplante Bebauung mit optimierter Begrünung)

Hierzu wurden nach Süden exponierten Fassaden bis in eine Höhe von maximal 10 Metern begrünt (vgl. Abbildung VII und VIII). In den Innenhöfen sowie auf den Freiflächen wurden großkronige, in den engeren Straßen kleinkronige Bäume digitalisiert. Bei der Begrünung des Quartiersplatzes wurde auf eine große Nutzbarkeit und auf einen freien Zugang zur Wallaustraße geachtet. Die Digitalisierung von Bäumen mit einem Kronendurchmesser von 7 Metern auf dem Quartiersplatz soll einen in der Flucht der angrenzenden Verkehrswege liegenden abgeschatteten Pfad um den Quartiersplatz schaffen und zugleich die Luftströmung möglichst wenig behindern.

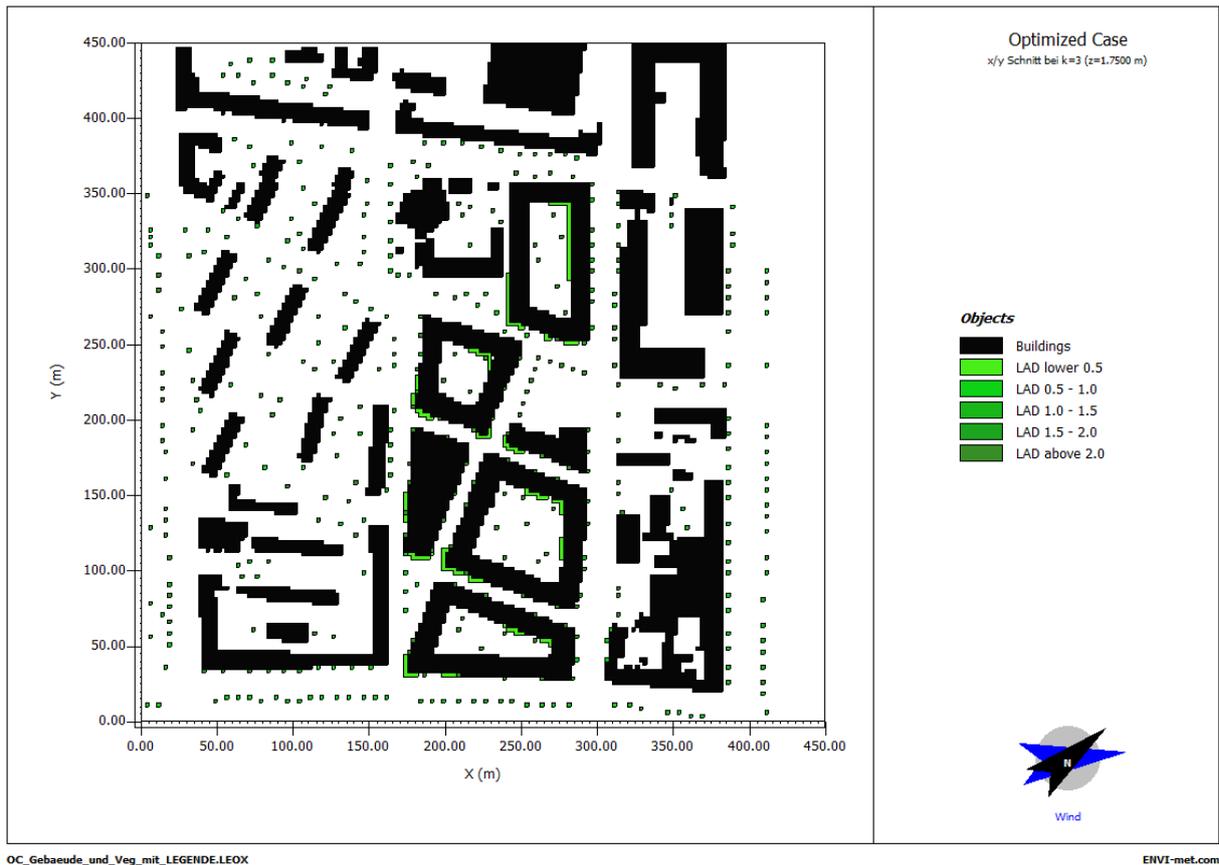
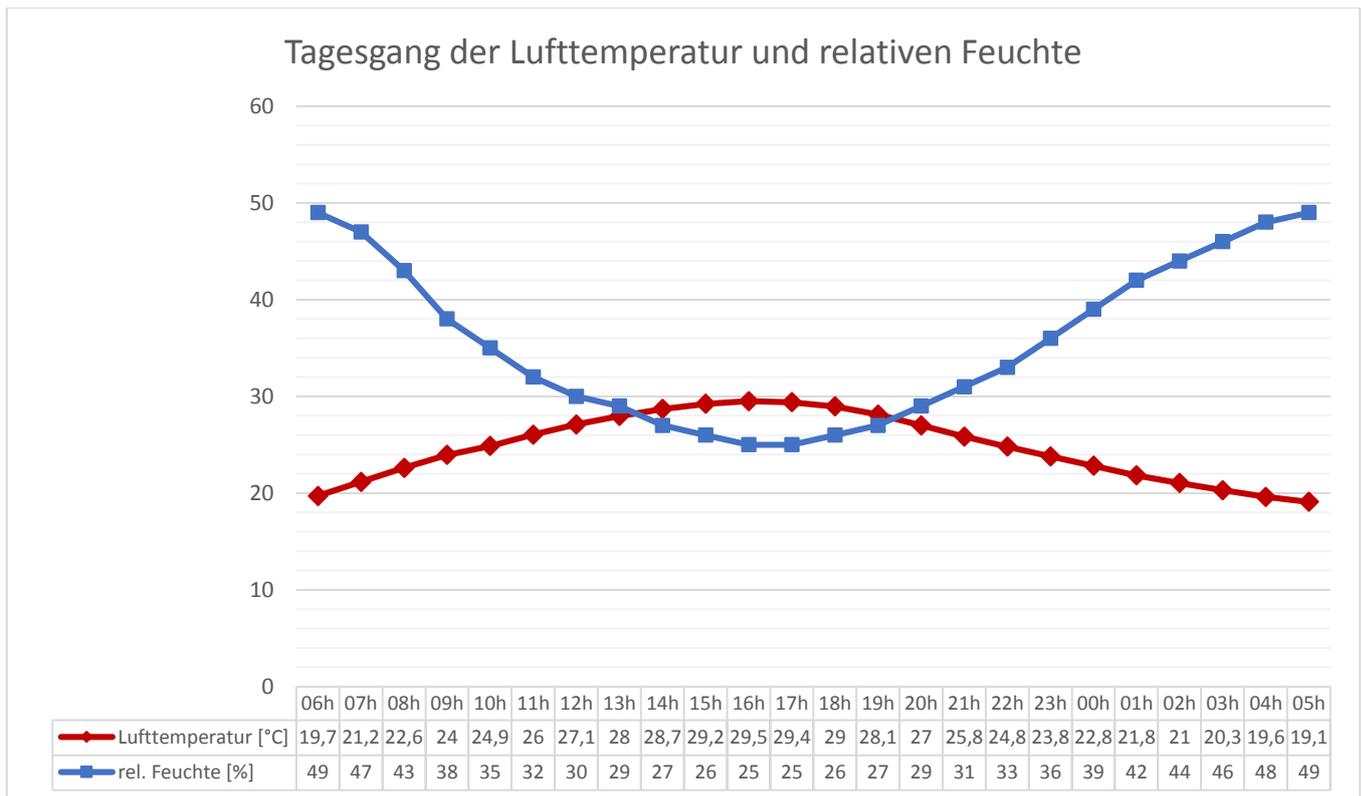


Abbildung VIII: 2D-Schnitt des Modellgebiets Optimized Case in einer Höhe von 1,75m

2.3 Meteorologische Rahmenbedingungen:

Die Randbedingungen in Form eines Tagesganges in das Modell einzugeben wird als „Forcing“ bezeichnet. Dieses Verfahren ermöglicht es in ENVI-met einen Tagesgang der relativen Feuchte und der Lufttemperatur aus beispielsweise Messwerten von Klimastationen vorzugeben. Als meteorologischer Antrieb für die Modelle wurde ein warmer Sommertag gewählt, die Tagesgänge der relativen Feuchte und der Lufttemperatur sowie weitere Initialparameter sind der nachfolgenden Abbildung bzw. Tabelle zu entnehmen.



Parameter

Simulationsdatum
 Simulationsstart
 Simulationsdauer
 Windgeschwindigkeit
 Windrichtung
 Initiale Bodenfeuchte (Relativ zur Feldkapazität)

Wert

20.07.2013
 6 Uhr
 26 Stunden
 0,8 m/s¹
 225° (SW)
 40%

¹ aus LfUG RLP (1989) - Landesklimaaufnahme 1982-1984

3 Modellergebnisse

Für die Darstellungen der Modellergebnisse wurden Abbildungen horizontaler Schnittebenen in einer Höhe von 1,75m über der Geländeoberfläche erstellt. Diese Höhe entspricht in etwa der durchschnittlichen Kopfhöhe eines Fußgängers.

Als Referenzuhrzeiten wurden **14:00** und **22:00 Uhr** gewählt. Diese repräsentieren typische Situationen im Laufe eines Sommertages im Modellgebiet. Durch die Auswahl dieser beiden Uhrzeiten ergeben sich zwei unterschiedliche Situationen.

Die 14:00 Uhr-Situation stellt eine Kombination von hohem Sonnenstand und damit hoher solarer Einstrahlung und hohen Lufttemperaturen dar. Die Oberflächen sind stark erwärmt, die Lufttemperatur aber noch nicht auf dem Maximalstand.

Die spätabendliche Situation wird im 22:00 Uhr-Termin dargestellt. Zu dieser Uhrzeit findet keine solare Einstrahlung mehr statt, die Oberflächen sind jedoch noch aufgeheizt und strahlen langwellig ab, die thermische Belastung ist im Zuge dessen ungleichmäßig im Modellgebiet verteilt.

Mikroklimaanalyse:

Im Folgenden werden die Effekte der meteorologischen Parameter Windgeschwindigkeit und Richtung, Lufttemperatur und Mittlere Strahlungstemperatur in den einzelnen Modellgebietsszenarien zu den oben genannten Kennzeiten beschrieben.

Da die Windsituation über den Simulationszeitraum nahezu konstant ist, wird stellvertretend für beide Uhrzeiten lediglich die Situation um 14 Uhr ausgewertet.

Im Anschluss wird ein Vergleich je Parameter zwischen dem Worst Case und dem Optimized Case – da diese aufgrund der gleichen Baustruktur direkt miteinander zu vergleichen sind – gezogen.

- Status Quo (aktueller Bestand):

Hinsichtlich der Luftbewegung zeigen die Trajektorien im aktuellen Baubestand, dass die im Modell gewählte SW-Anströmung im mittleren Bildbereich zu einer mäandrierenden Strömung um die Gebäude führt (vgl. Abbildung 1). Dies führt zu einem unruhigen Windklima, in dem sich Bereiche schwacher und starker Windgeschwindigkeiten abwechseln (vgl. Abbildung 2).

Im oberen Bildbereich der Abbildung 2 zeigt sich eine starke Windgeschwindigkeitsreduktion, hervorgerufen durch orthogonal zur Windrichtung liegende Gebäude. Dies betrifft insbesondere den Bildbereich von x=300 Meter / y=275 Meter. Insgesamt führt dies, zusammen mit der Bebauung im Zentrum des Bildes, zu einer schlechten Belüftung des leeseitigen Gebiets.

Die Lufttemperaturverteilung in der Tagessituation zeigt eine leichte Abkühlung derselben über das Gebiet hinweg. Über versiegelten Flächen ist die Lufttemperatur höher, abgeschattete Bereiche sowie Vegetation tragen zur Reduktion der Lufttemperatur bei. Der Bereich der geplanten Bebauung profitiert von der leeseitig vorhandenen Vegetation (vgl. Abbildung 8).

In der Nachtsituation zeigen sich die lufttemperaturreduzierenden Effekte der Vegetation deutlich. Bereiche hoher Versiegelung und enger Bebauung weisen eine erhöhte Lufttemperatur auf. Im Bereich von $x=250$ Meter / $y=100$ Meter zeigen sich die oben genannten Effekte aufgrund der offenen Bebauung sowie der Vegetation deutlich (vgl. Abbildung 20).

- **Worst Case (geplante Bebauung mit geringem Grünanteil):**

Im Bereich $x=300$ Meter / $y=250$ Meter wurde die Bebauung aufgebrochen wodurch nun ein freier Luftstrom möglich ist. Dies führt zu einer besseren Durchlüftung der Wallaustraße sowie des neuen Quartiersplatzes. Im Allgemeinen werden die luvseitigen Windschneisen gut weitergeführt, lediglich die Bebauung im Bildbereich $x=180$ Meter / $y=125$ Meter führt zu einer Stausituation (vgl. Abbildung 3).

Die Windleitbahnen sind gut zu erkennen. Eine Bahn höherer Windgeschwindigkeiten verläuft über den neuen Quartiersplatz N87. Der dadurch entstehende Kühleffekt wird durch eine potentielle Begrünung evtl. abgemildert, bei höheren Windgeschwindigkeiten können dagegen unerwünschte Effekte wie starke Zugigkeit vermindert werden (vgl. Abbildung 4).

Zusätzlich zu der Durchlüftung führen die Effekte der starken Abschattung bedingt durch die hohe Geschossanzahl der geplanten Bebauung zu relativ reduzierten Lufttemperaturen (vgl. Abbildung 9).

Um 22Uhr zeigt sich mit den Effekten der aufgeheizten Oberflächen eine Umkehr der Tagessituation. Der Quartiersplatz tritt mit einer Lufttemperatur von über 26°C als besonders warmer Bereich zu Tage (vgl. Abbildung 21).

- **Optimized Case (geplante Bebauung mit optimierter Begrünung):**

Die Windsituation verhält sich recht ähnlich zu dem Szenario Worst Case, jedoch ist eine leichte Bündelung der Trajektorien oberhalb der auf dem neuen Quartiersplatz „gepflanzten“ oberen Baumreihe zu erkennen (vgl. Abbildung 5). Die Baumpflanzung und die Fassadenbegrünung führen zu einer Verringerung der Windgeschwindigkeit an den entsprechenden Stellen (vgl. Abbildung 6).

Die Lufttemperaturverteilung im Modellgebiet in der Tagessituation entspricht im Wesentlichen der im Worst Case-Szenario. Im Bereich des Quartiersplatzes zeigt sich eine leichte Erhöhung der Lufttemperatur im Vergleich zum Worst Case. Dieser Effekt wird beim Vergleich der Szenarien besprochen (vgl. Abbildung 10).

Die positiven Effekte sowohl der Fassadenbegrünung als auch der Baumpflanzungen sind in dem signifikanten Rückgang der Mittleren Strahlungstemperatur (MRT: Mean Radiation Temperature) zu erkennen (vgl. Abbildung 15).

In der Nachtsituation zeigt sich der lufttemperaturkühlende Effekt der Vegetation um die neugepflanzten Bäume (vgl. Abbildung 22).

- **Vergleich der Szenarien:**

Wie aus Abbildung 7 (Differenzenwindfeld zwischen dem Worst Case- und Optimized Case-Szenario) ersichtlich wird, findet innerhalb der hinzugefügten Vegetation des Optimized Case eine Reduktion der Windgeschwindigkeit von circa 0,1 m/s statt. Dies betrifft insbesondere den Quartiersplatz sowie den luvseitigen Platz links oberhalb desselben.

In den engeren Straßen im unteren Bildbereich lässt sich hingegen durch die Verengung durch die Vegetation eine leichte Erhöhung der Windgeschwindigkeiten im Optimized Case attestieren (vgl. Abbildung 7).

Vergleicht man die Lufttemperaturen um 14h im Optimized und Worst Case (vgl. Abbildung 11), so ist eine etwas geringere Temperatur im Worst Case gegenüber dem Optimized Case im neuen Begrünungsbereich, die aus der reduzierten Windgeschwindigkeit durch die eingebrachte Vegetation resultiert, ersichtlich.

Die Stomatawiderstände der Bäume sind sehr hoch, woraus eine geringe Transpirationsleistung der Bäume folgt, was wiederum einen verringerten latenten Wärmestrom nach sich zieht. Die aus der Verdunstung des Wassers folgende Lufttemperaturreduktion wird durch den aus der verringerten Windgeschwindigkeit bedingten Wärmestau überkompensiert.

Diese Temperaturerhöhung durch die Effekte der Windgeschwindigkeitsreduktion und dem damit einhergehenden Stau von warmer Luft übersteigt die Abkühlungseffekte der Transpiration der Pflanzen.

Der Lufttemperaturüberschuss auf dem Quartiersplatz ist jedoch mit nur 0,6 Kelvin um 14 Uhr relativ gering, schwächt sich im Laufe des Nachmittags weiter ab und kehrt sich schließlich mit den sinkenden Stomatawiderständen bis zum frühen Abend hin um (siehe Differenzenbild 18 Uhr – Abbildung 12). Zum 22 Uhr-Termin sind die Abkühlungseffekte durch die Begrünung deutlich zu erkennen, sie wirken sich in Windrichtung auch auf den Altbestand aus (vgl. Abbildung 23).

Starke Unterschiede der Strahlungstemperatur zeigen sich wie erwartet im Schatten/Halbschatten und in der Sonne. Die Homogenität dieser Flächen spiegelt den dominanten Einfluss der direkten Strahlung deutlich wider (vgl. Abbildungen 14 und 15). In der Nachtsituation zeigt sich eine leicht erhöhte Strahlungstemperatur im Optimized Case gegenüber dem Worst Case unter den eingebrachten Bäumen. Die Unterschiede betragen jedoch lediglich circa 1 Kelvin (vgl. Abbildungen 25 und 26).

Bioklimatologische Analyse (PET : physiologische Äquivalenttemperatur):

Bei der PET handelt es sich um einen bioklimatischen Index bzw. ein Maß des thermischen Komforts, welcher den thermischen Komfort sowohl in Innenräumen als auch im Freien durch eine Äquivalenztemperatur in einem Innenraum, die zu den aktuellen Haut- und Kerntemperaturen des Menschen führen würde, beschreibt. Somit wird das aktuelle Umgebungsklima in ein vergleichbares Raumklima transferiert, in dem die gleiche thermophysiologische Belastung auftritt.

Die PET ermöglicht somit den Vergleich von durch verschiedene meteorologische Parameter geprägte Situationen anhand einer einzigen Kennzahl. Durch die Abhängigkeit der PET von mehreren Parametern (Lufttemperatur, relative Feuchte, Windgeschwindigkeit und Strahlungstemperatur) kann das thermische Wohlbefinden einer Person besser als nur durch die Lufttemperatur dargestellt werden.

In den Auswertungen der Physiologischen Äquivalenttemperatur um 14 Uhr zeichnen sich die oben genannten Sonnen- und Schattenunterschiede gut ab. Dies liegt im Einfluss der MRT (Mean Radiation Temperature) auf die PET begründet. Im Differenzenbild der Unterschiede der PET zwischen dem Worst Case und dem Optimized Case (Abbildung 19) wurde die Schrittweite der Farbskala auf 0,25 Kelvin festgelegt. Dies führt zu einer besseren Differenzierung der PET-Unterschiede außerhalb der Kernschatten. Innerhalb der Kernschatten ist die PET im Optimized Case sehr konstant um 19 Kelvin im Vergleich zum Worst Case reduziert. Diese großen Differenzen der PET in Abbildung 19 ergeben sich durch die neueingebrachten Bäume im Optimized Case. Der durch die Bäume entstehende Schatten führt zu einer massiven Reduktion der MRT (Mean Radiation Temperature) und damit der PET. Da sich die hohen Differenzen (-19 Kelvin) auf die Schattenflächen der neueingebrachten Bäume begrenzen, wurde um die feineren Unterschiede der beiden Szenarien hinsichtlich der PET aufzuzeigen eine Skala von -2,25 K bis +2,25 K gewählt. Dies ermöglicht, dass auch feinere Unterschiede der beiden Szenarien in der PET sichtbar werden, die nicht hauptsächlich aus den Unterschieden von Besonnung bzw. Beschattung resultieren.

Abbildung 19b zeigt dasselbe Differenzenbild der PET zwischen dem Optimized und Worst Case, hier ist allerdings eine Skala von -22,5 K bis +22,5 K gewählt worden. Damit umfasst die Skala zwar alle vorkommenden Werte, die feineren Unterschiede der PET sind durch die großen Skalenschritte allerdings nicht mehr sichtbar.

Eng bebaute Zonen weisen aufgrund der verminderten Belüftung sowie der langwelligen Strahlung der Fassaden eine hohe PET auf. Offene Plätze werden hauptsächlich durch kurzwellige solare Strahlung negativ beeinflusst (hohe PET). Die höheren Windgeschwindigkeiten in offenen Plätzen dämpfen diesen Effekt allerdings.

Der oben genannte Effekt der Windreduktion durch die erhöhte Rauigkeit aufgrund der Bäume und der damit erhöhten Lufttemperatur zur Tagessituation zeigt sich in der PET nicht. Die Optimierung durch die Reduktion der solaren Einstrahlung und damit der MRT wirkt sich deutlich verbessernd auf das thermische Befinden aus (vgl. Abbildung 19).

Insbesondere in den Innenhöfen der N87-Neubauten konnte durch die teilweise Begrünung der Fassaden und die Einbringung von Bäumen die PET deutlich reduziert

werden. Auf dem neuen Quartiersplatz ist eine signifikante Reduzierung der PET im Bereich der neu „gepflanzten“ Bäume zu sehen (vgl. Abbildung 19).

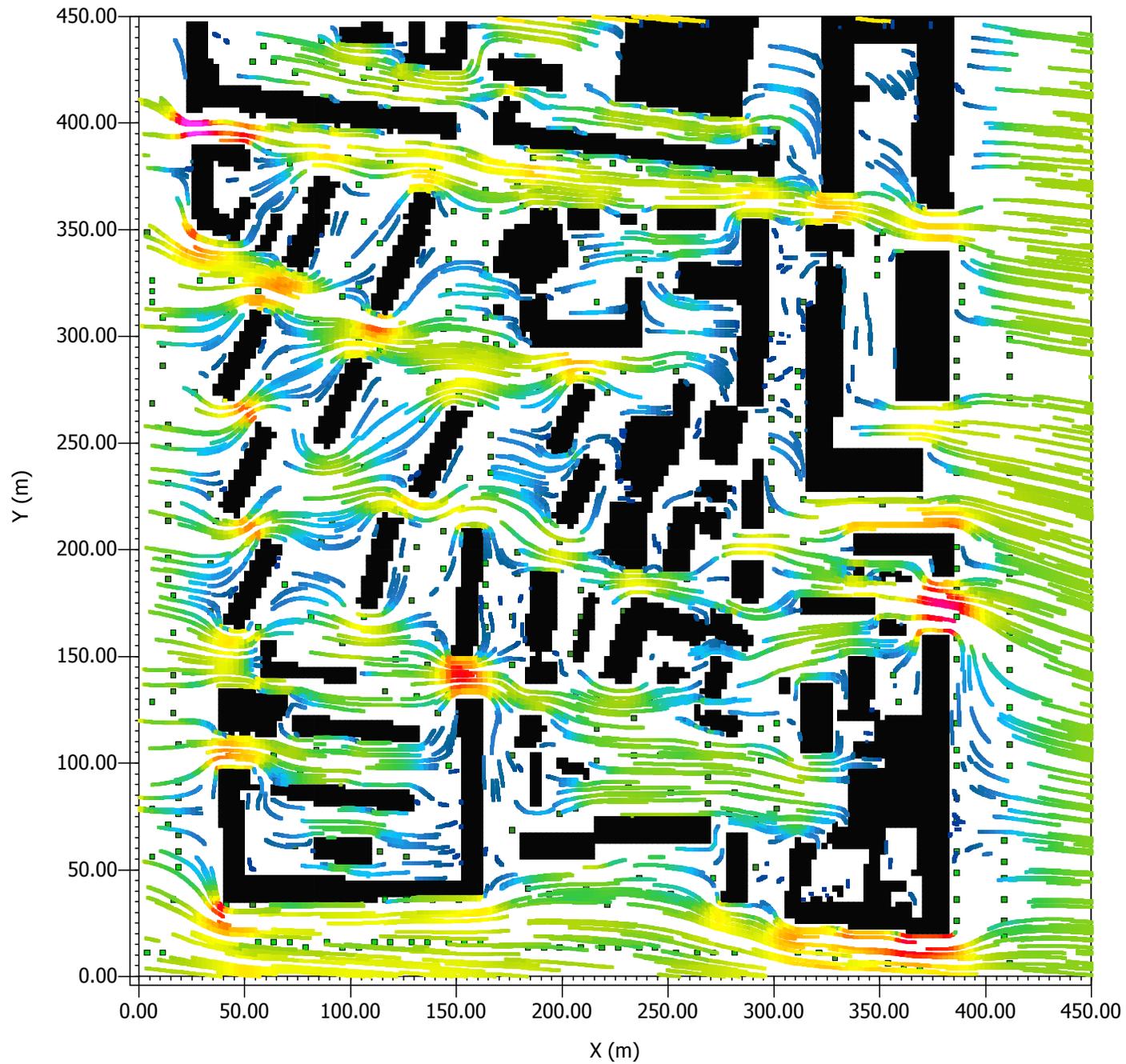
Der Vergleich der PET zwischen dem Worst Case und Optimized Case um 22 Uhr zeigt nur sehr geringe Differenzen. Unter der neu eingebrachten Vegetation zeigt sich vornehmlich die langwellige Abstrahlung derselben, was zu einer etwas erhöhten PET führt. Abseits der neuen Begrünung liegt die PET des Optimized Case leicht unter der des Worst Case (Abbildung 30).

Fazit:

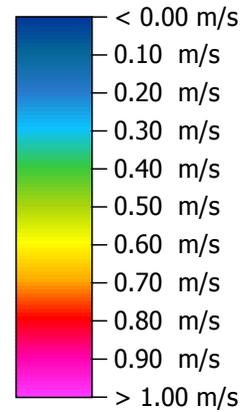
- Die Abschattung in den engeren Gassen der neuen Bebauung führt zu einer Lufttemperaturreduktion gegenüber dem Status Quo, dies gilt vor allem für die Tagesrandzeiten.
- Die geplante neue Bebauung führt aufgrund der Abschattungseffekte der hohen Gebäude zu keiner signifikanten Erhöhung der Lufttemperatur.
- Das neu geplante Gebiet profitiert von der kühlenden Wirkung des unversiegelten Bereiches luvseitig des Bauvorhabens.
- In den Innenhöfen und im Bereich des neuen Quartiersplatzes ist es möglich, mit entsprechenden Begrünungsmaßnahmen positiv auf das Mikroklima einzuwirken.
- Gerade im Bereich des neuen Quartiersplatzes und der neuen Innenhöfe lässt sich damit u.a. eine signifikante Reduzierung der PET und damit der thermischen Belastung gegenüber dem Worst Case erreichen. Dies gilt insbesondere für die Tagessituation. In der Nachtsituation sind die Effekte der Reduktion der Lufttemperatur gegenüber der leicht erhöhten PET als wichtiger zu bewerten.
- Von einer Begrünung mit großkronigen Bäumen auf dem Quartiersplatz im dargelegten Layout ist abzuraten. Die stärkere Windgeschwindigkeitsreduktion durch die größeren Bäume würde zu einer größeren Lufttemperaturerhöhung am Tag führen.
- Die Begrünung des Optimized Case führt während der solaren Einstrahlung zur Reduktion der PET, in der Nacht wird hingegen die Lufttemperatur gesenkt.

Abbildung 1: Status Quo -
Windfeld Trajektorien 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Wind Speed



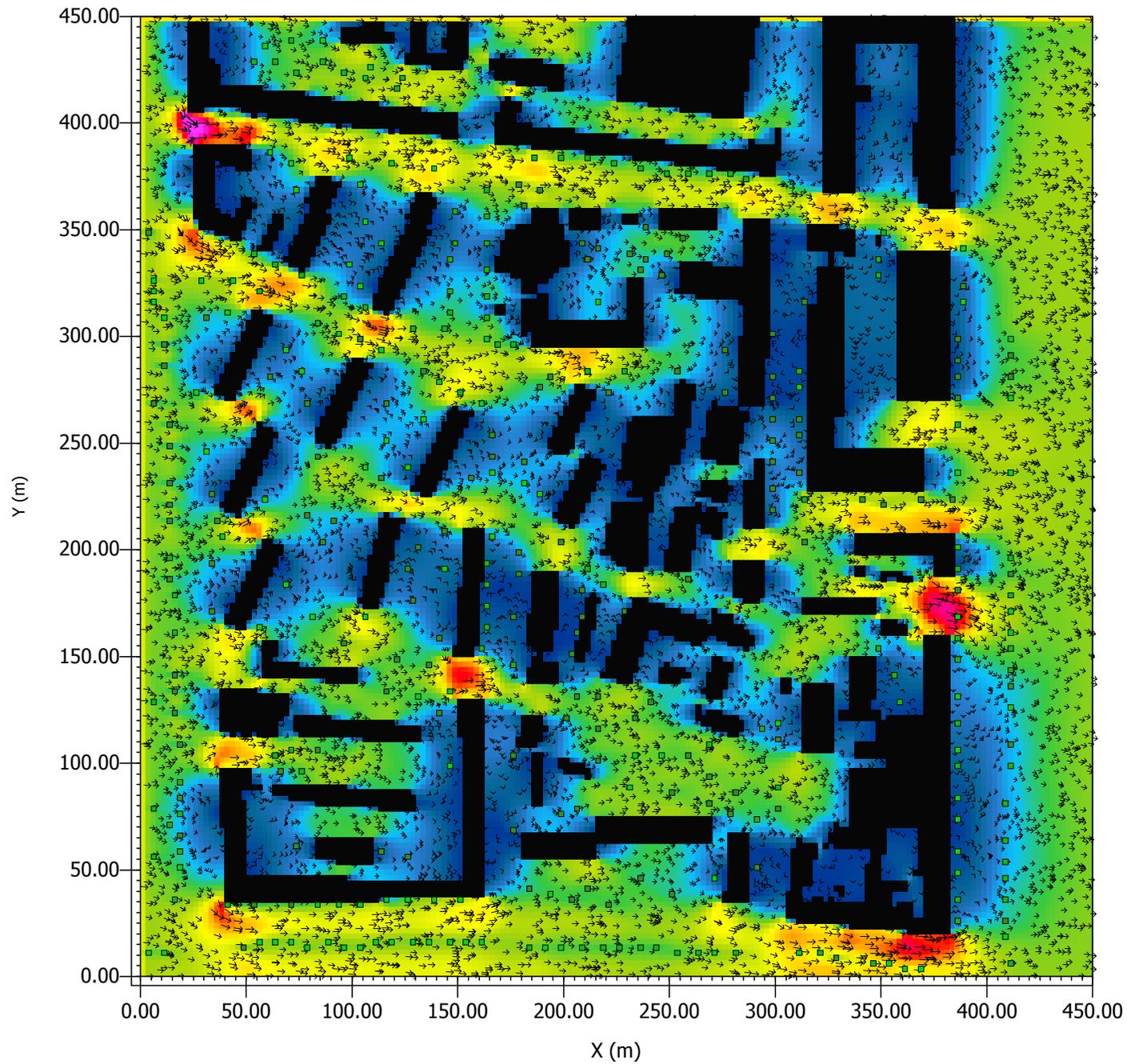
Min: 0.00 m/s
Max: 1.05 m/s



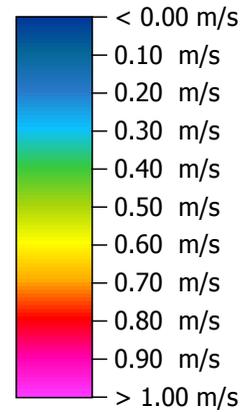
Wind

Abbildung 2: Status Quo -
Windfeld Vektoren 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Wind Speed



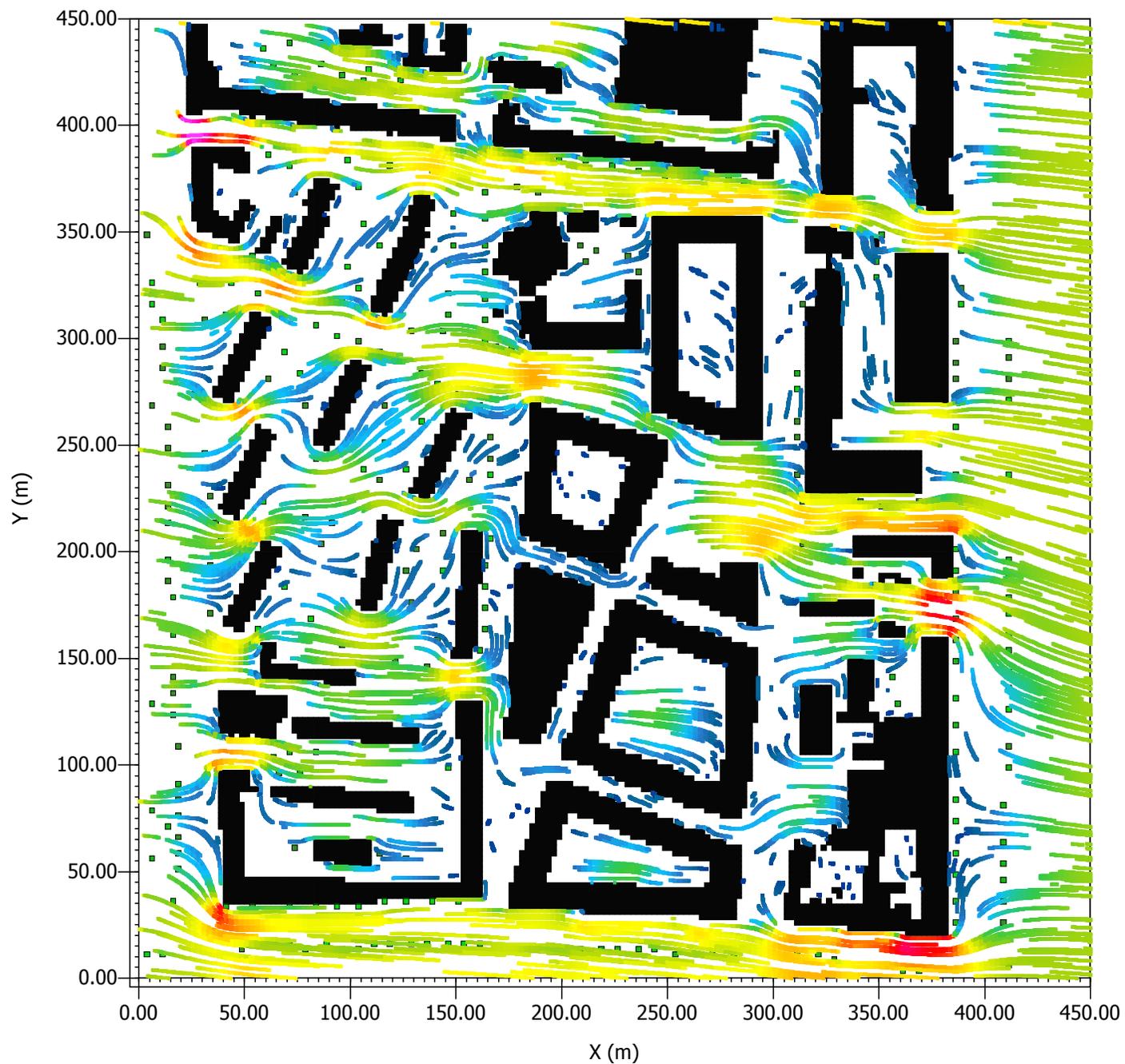
Min: 0.00 m/s
Max: 1.05 m/s



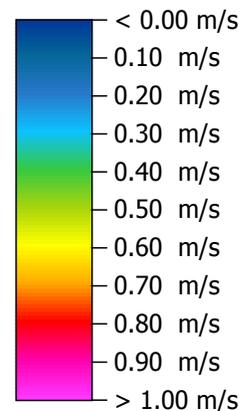
Wind

Abbildung 3: Worst Case -
Windfeld Trajektorien 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Wind Speed



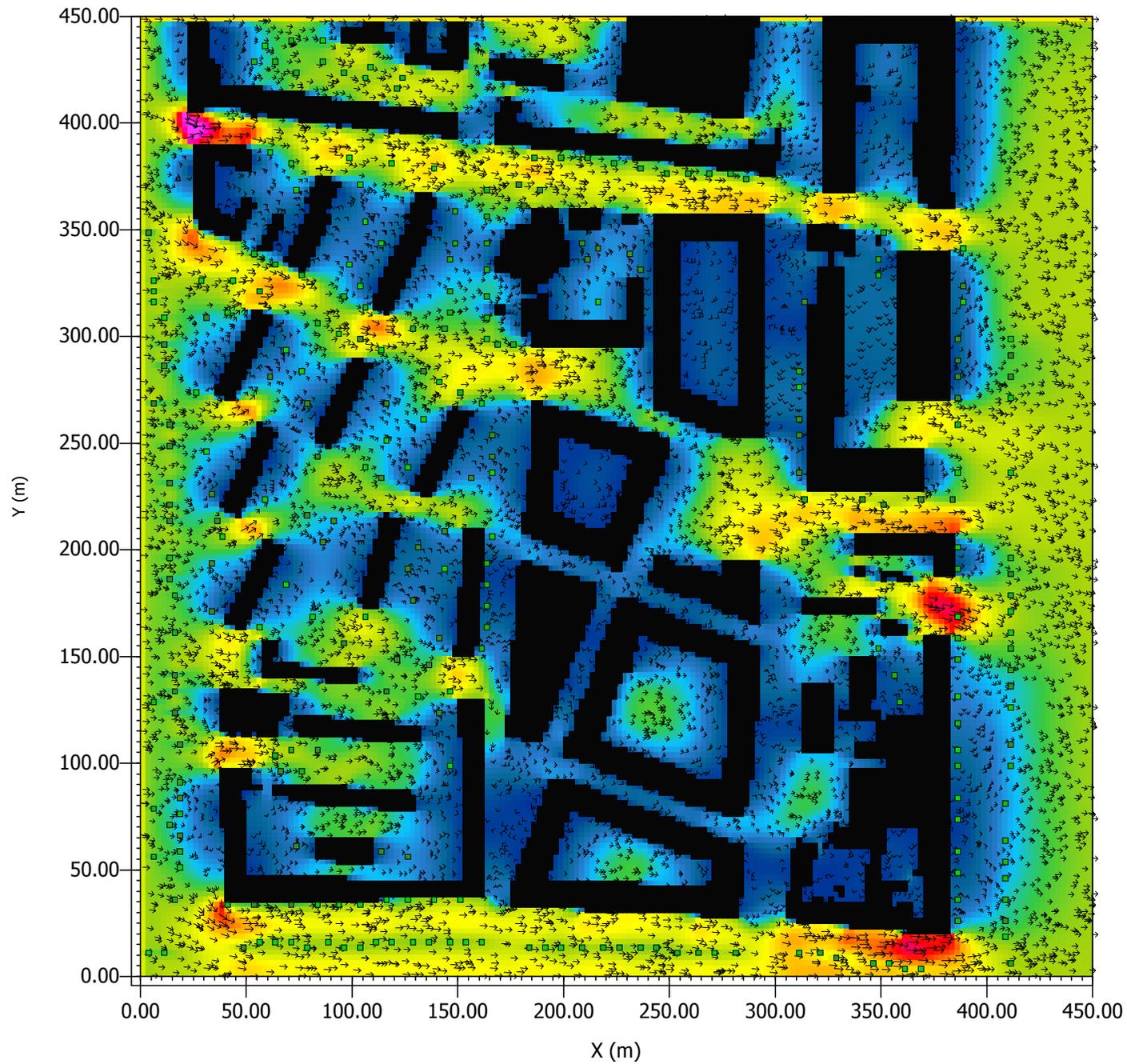
Min: 0.00 m/s
Max: 1.04 m/s



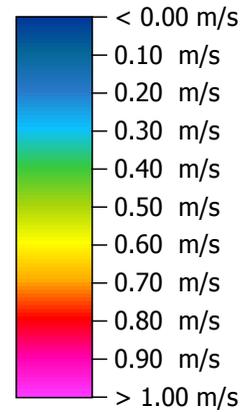
Wind

Abbildung 4: Worst Case -
Windfeld Vektoren 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Wind Speed



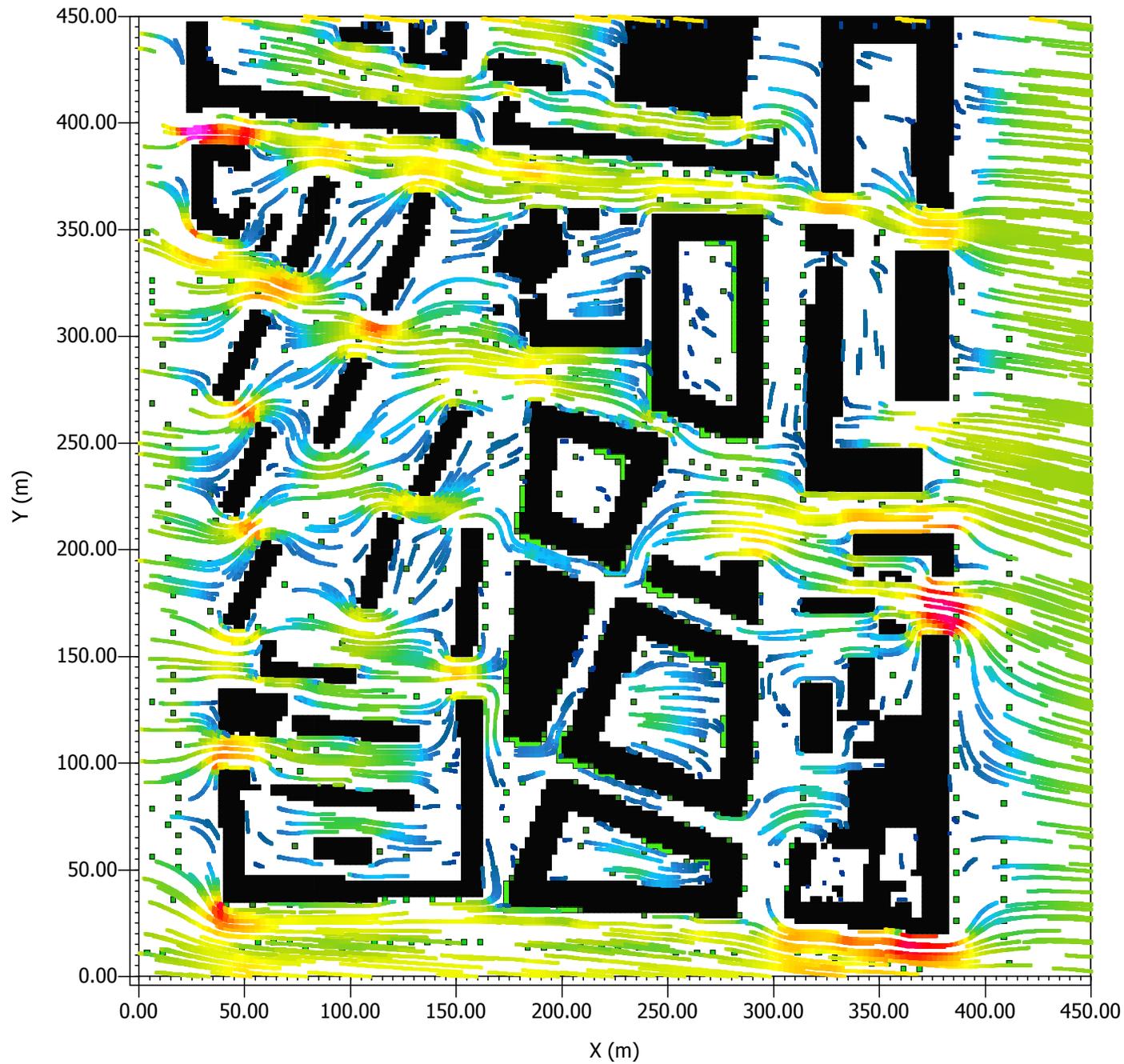
Min: 0.00 m/s
Max: 1.04 m/s



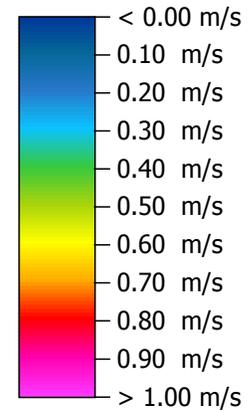
Wind

Abbildung 5: Optimized Case -
Windfeld Trajektorien 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Wind Speed



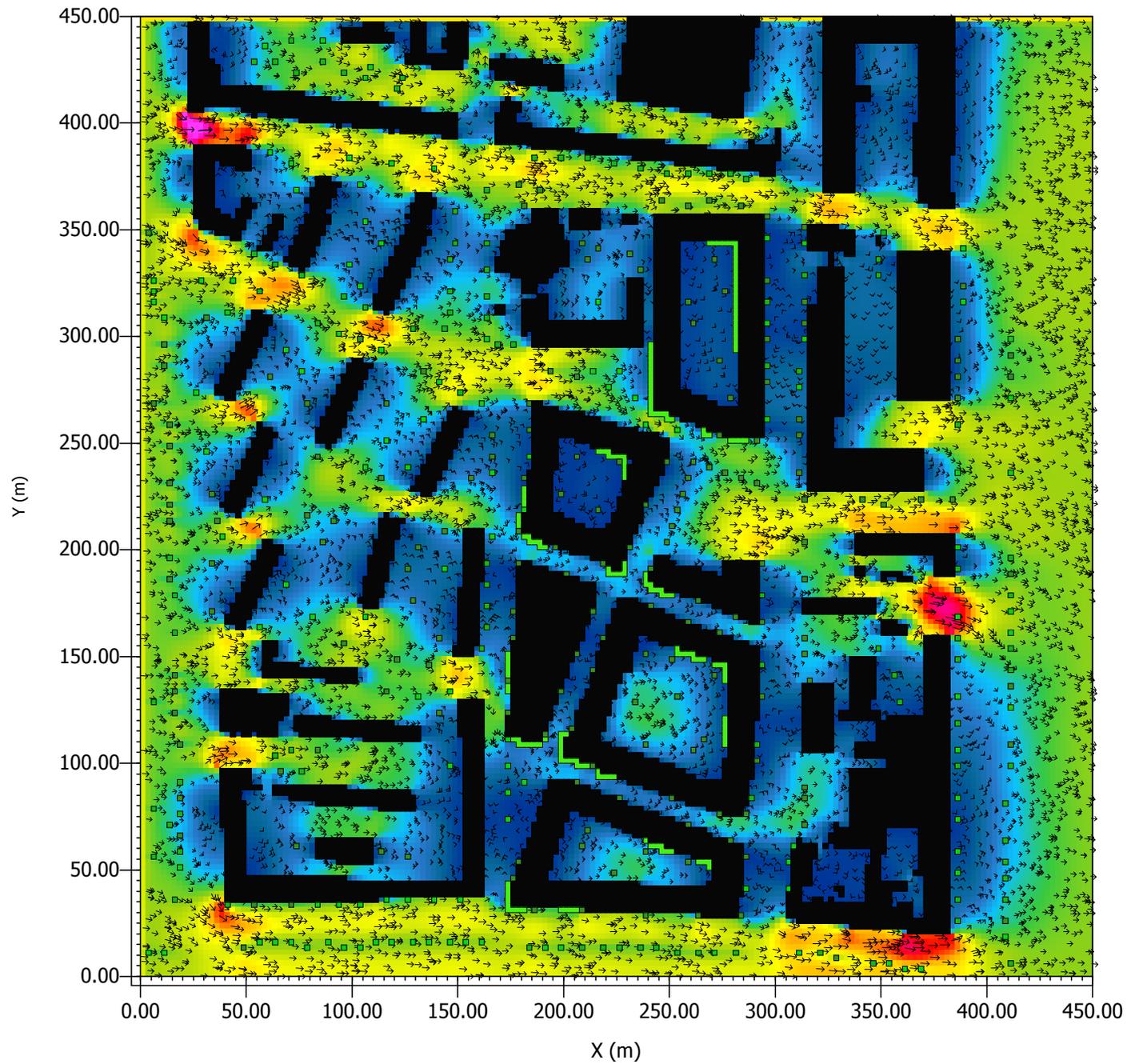
Min: 0.00 m/s
Max: 1.05 m/s



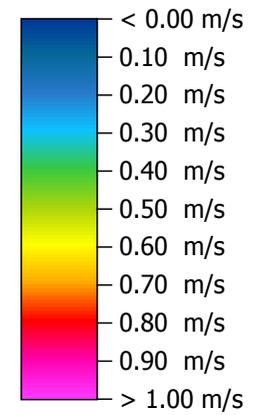
Wind

Abbildung 6: Optimized Case -
Windfeld Vektoren 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Wind Speed



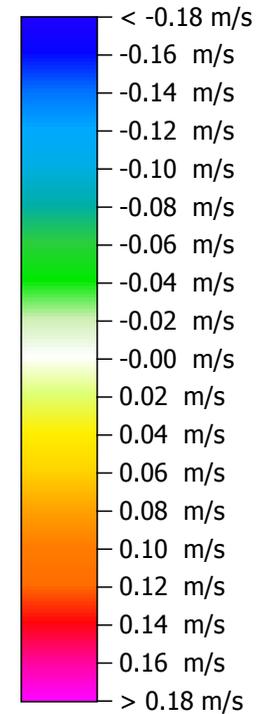
Min: 0.00 m/s
Max: 1.05 m/s



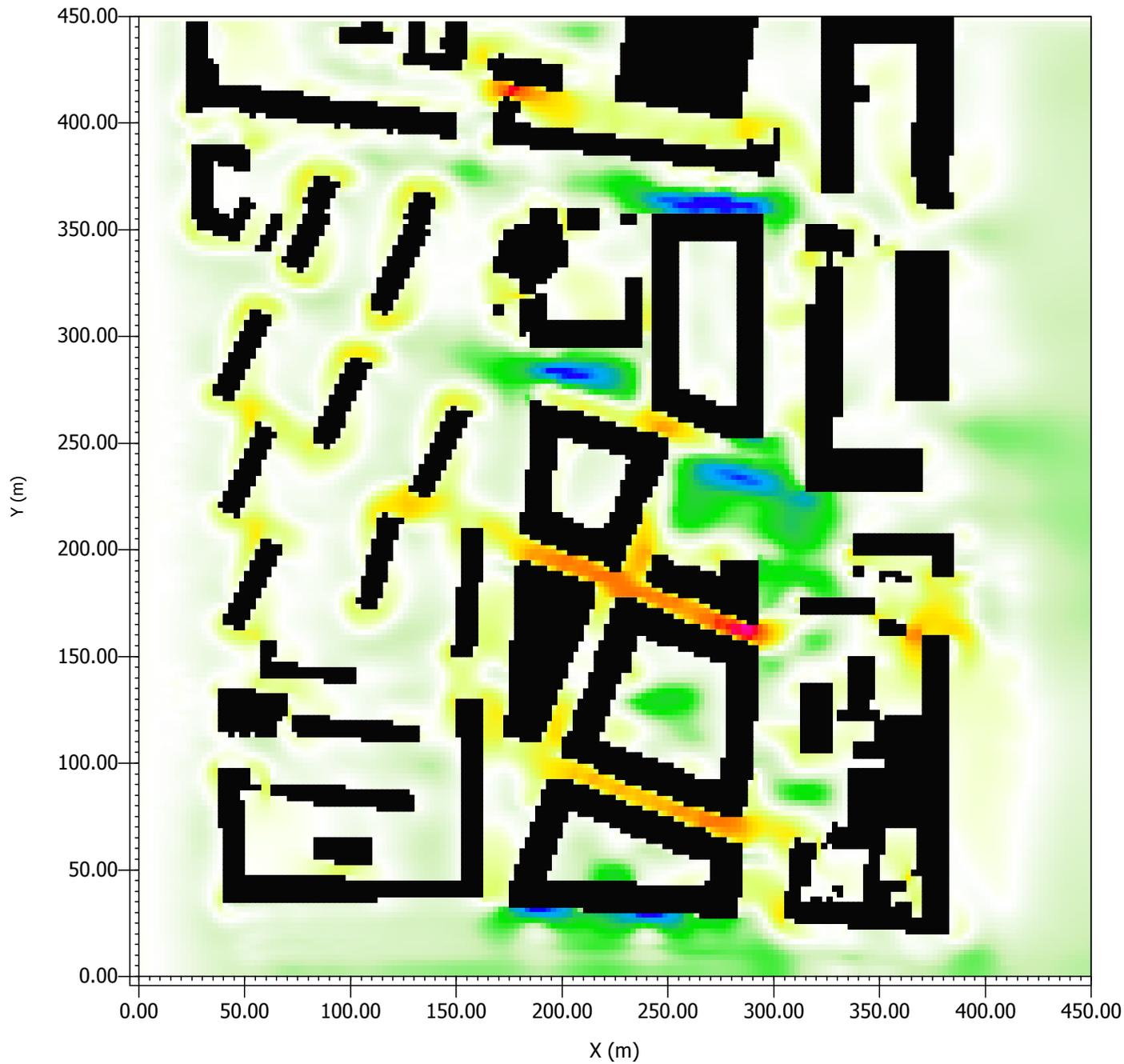
Abbildung 7: N87
Differenzenwindfeld -
Optimized Case abzüglich
Worst Case 14:00h 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)

absolute Difference Wind Speed



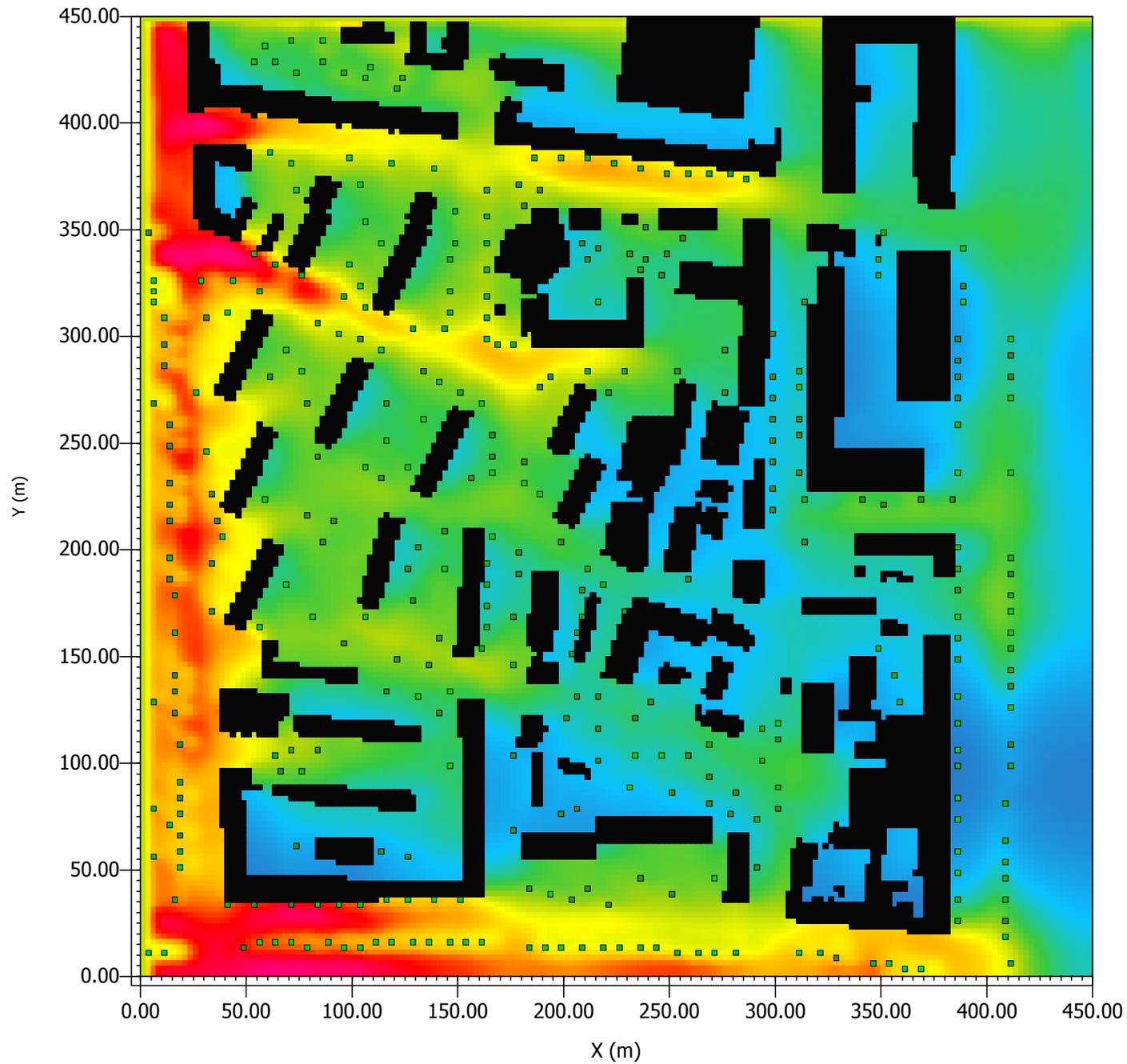
Min: -0.21 m/s
Max: 0.16 m/s



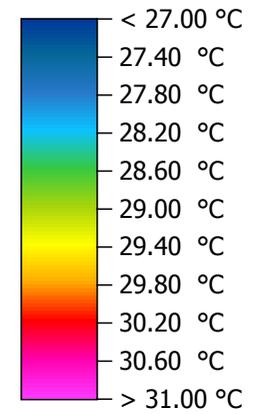
Wind

Abbildung 8: Status Quo -
Lufttemperatur 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Potential Temperature



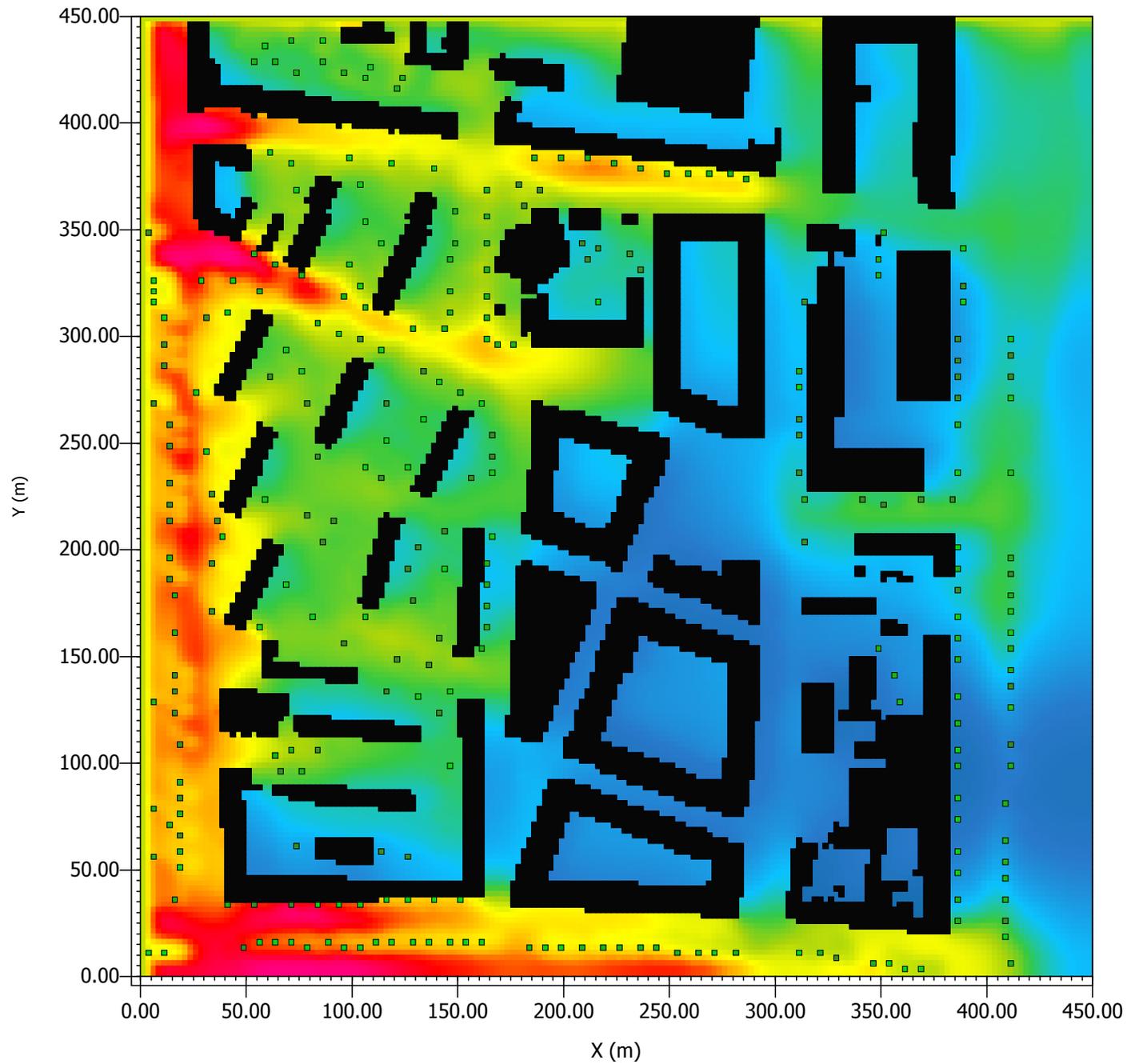
Min: 27.80 °C
Max: 30.50 °C



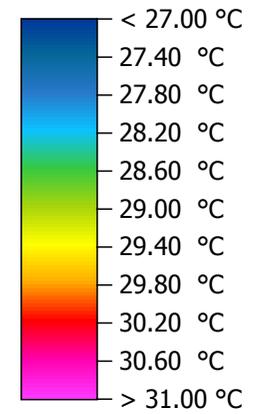
Wind

Abbildung 9: Worst Case -
Lufttemperatur 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Potential Temperature



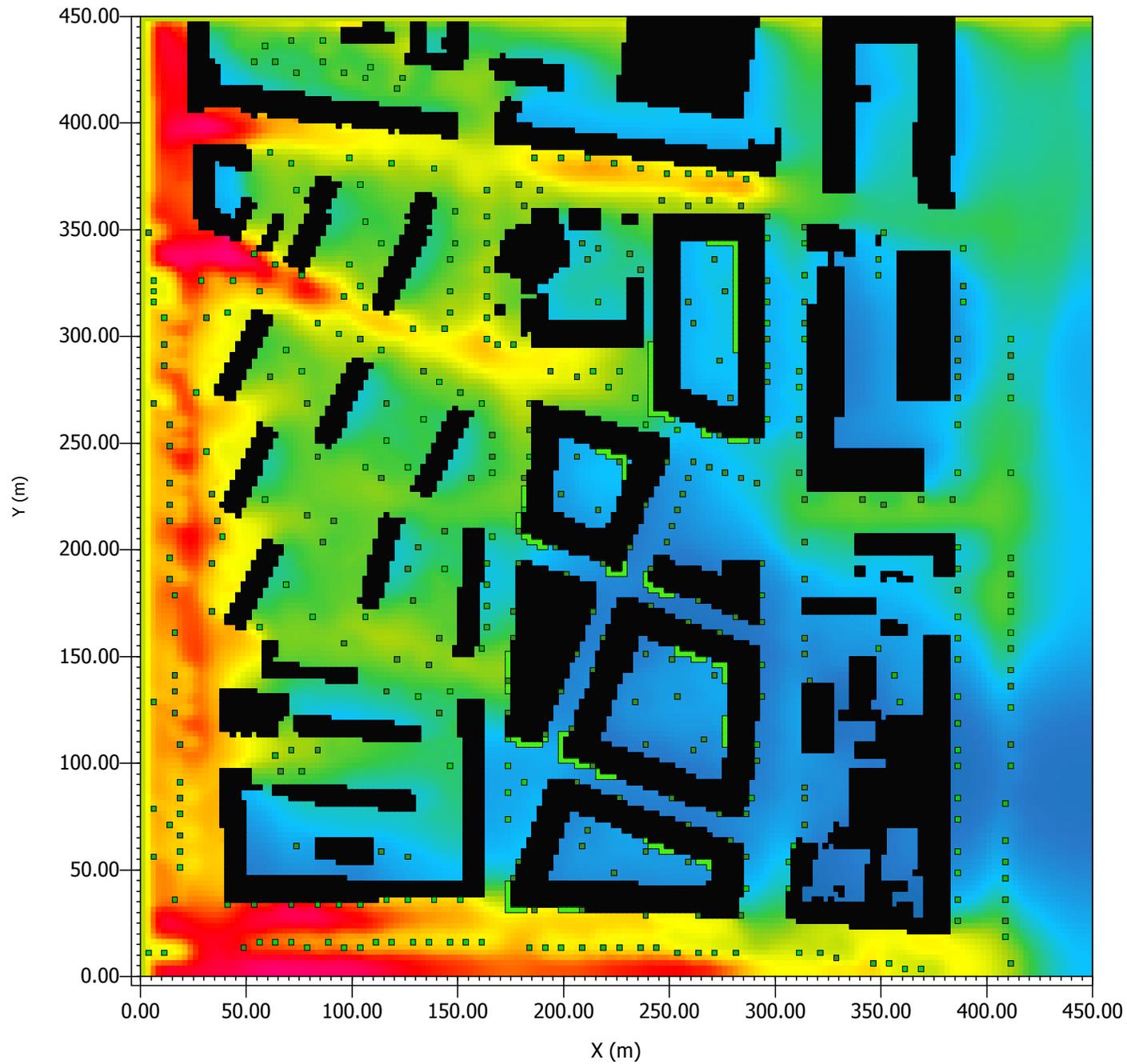
Min: 27.58 °C
Max: 30.51 °C



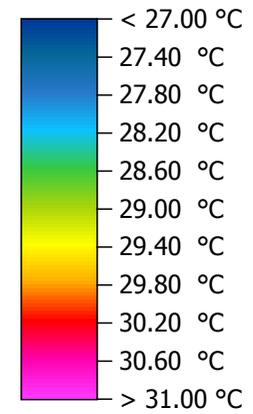
Wind

Abbildung 10: Optimized Case -
Lufttemperatur 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Potential Temperature



Min: 27.60 °C
Max: 30.49 °C



Wind

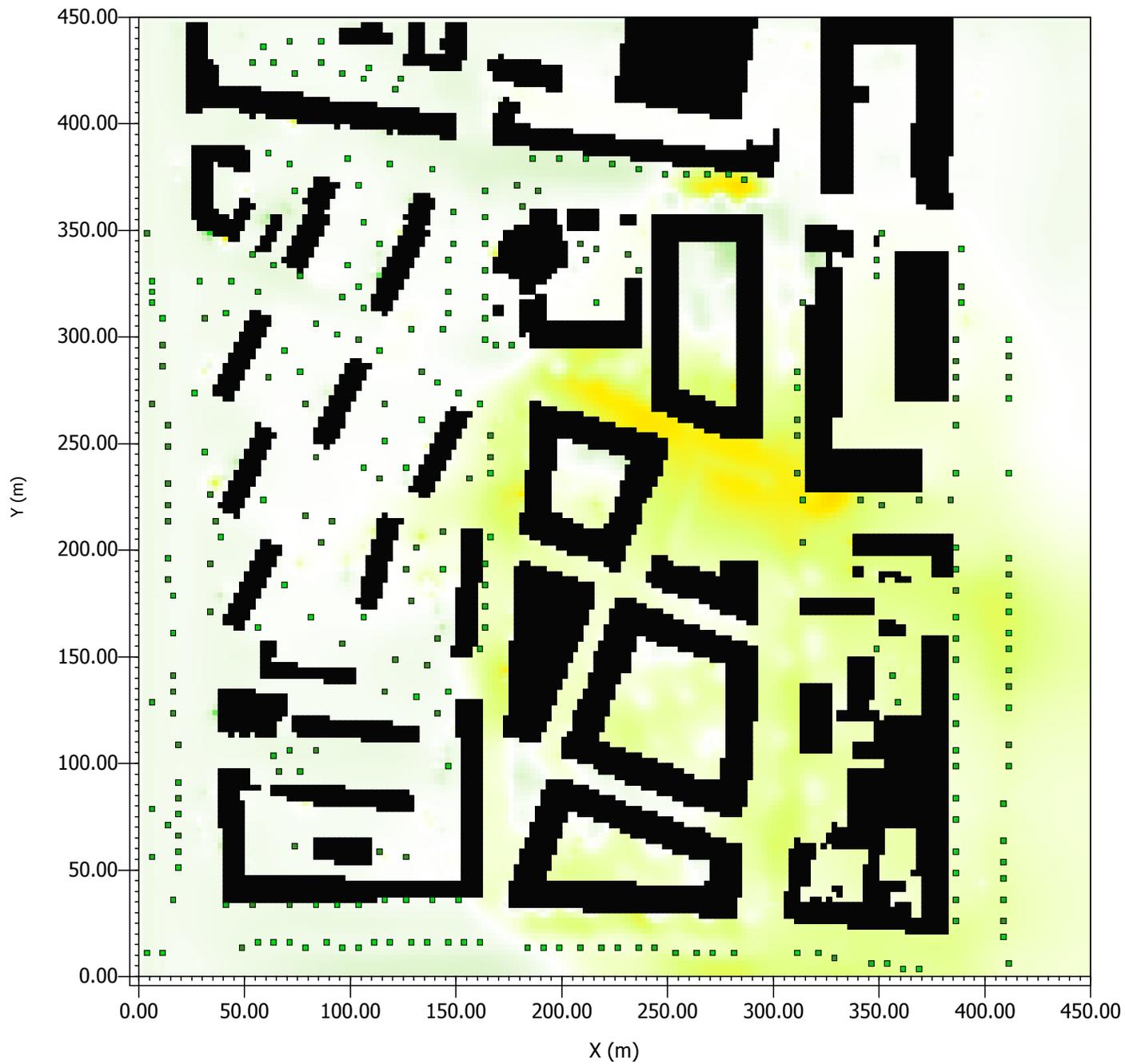
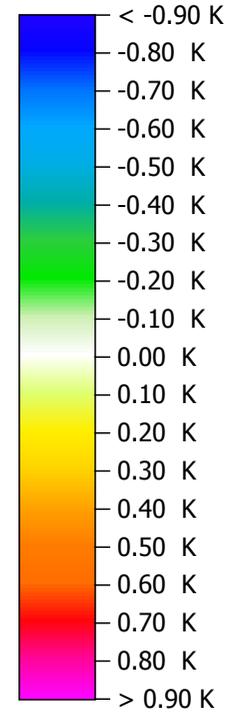


Abbildung 11: Differenzenbild
Lufttemperatur - Optimized
Case abzüglich Worst Case
14:00h 20.07.2013

x/v Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)
**absolute Difference Potential
Temperature**



Min: -0.25 K
Max: 0.26 K



Wind

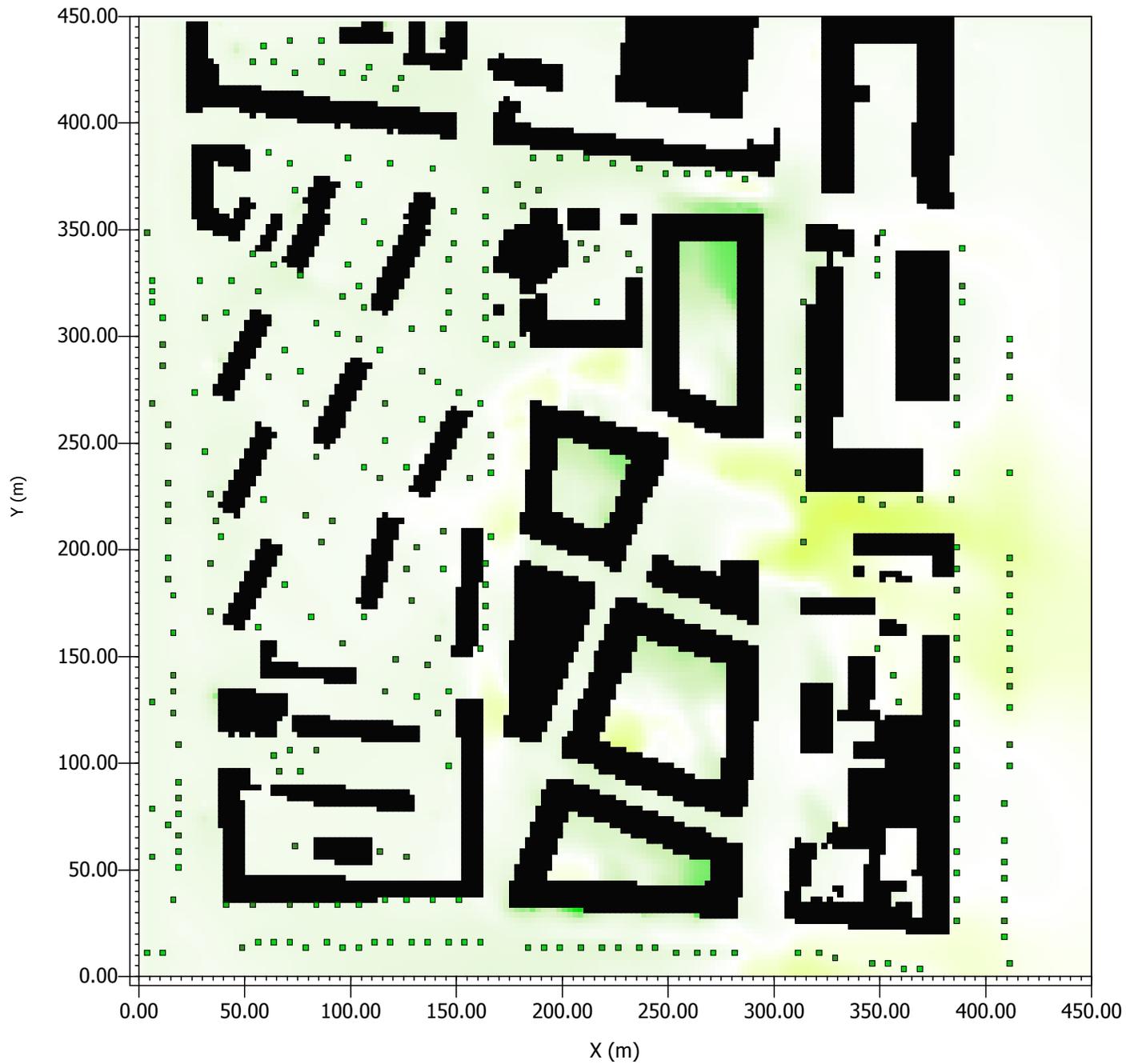
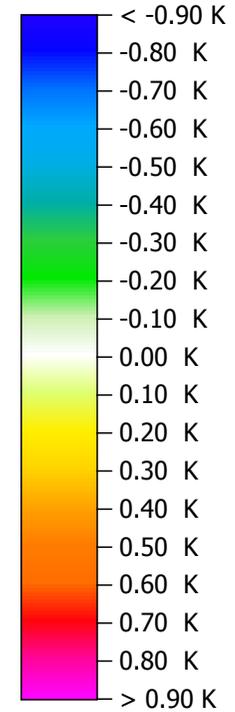


Abbildung 12: Differenzenbild
Lufttemperatur - Optimized
Case abzüglich Worst Case
18:00h 20.07.2013

x/v Schnitt bei $k=3$ ($z=1.7500\text{ m}$)
**absolute Difference Potential
Temperature**

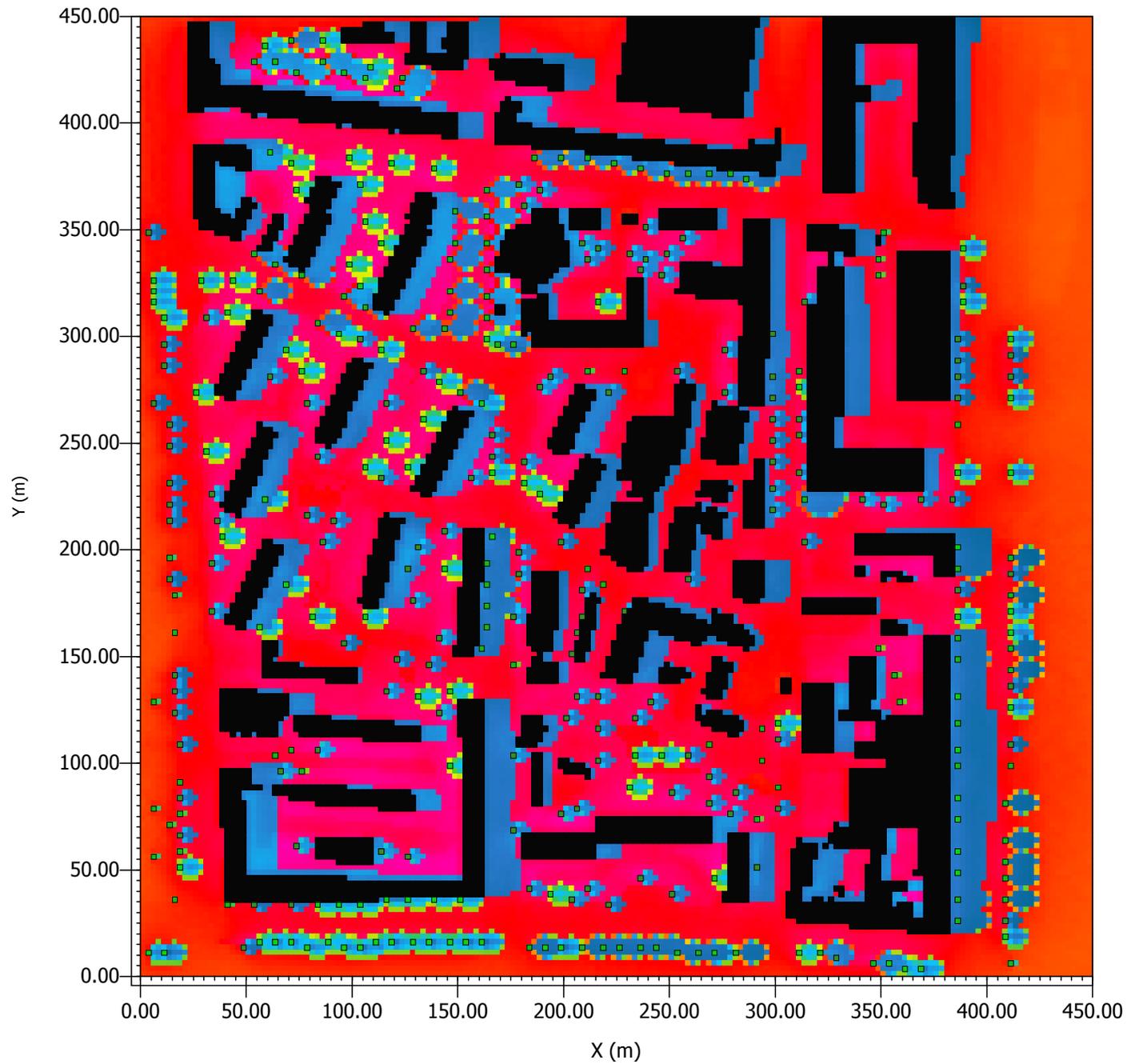


Min: -0.22 K
Max: 0.12 K

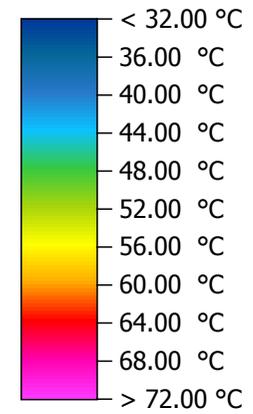


Wind

Abbildung 13: Status Quo -
Mittlere Strahlungstemperatur
14:00h 20.07.2013
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Mean Radiant Temp.

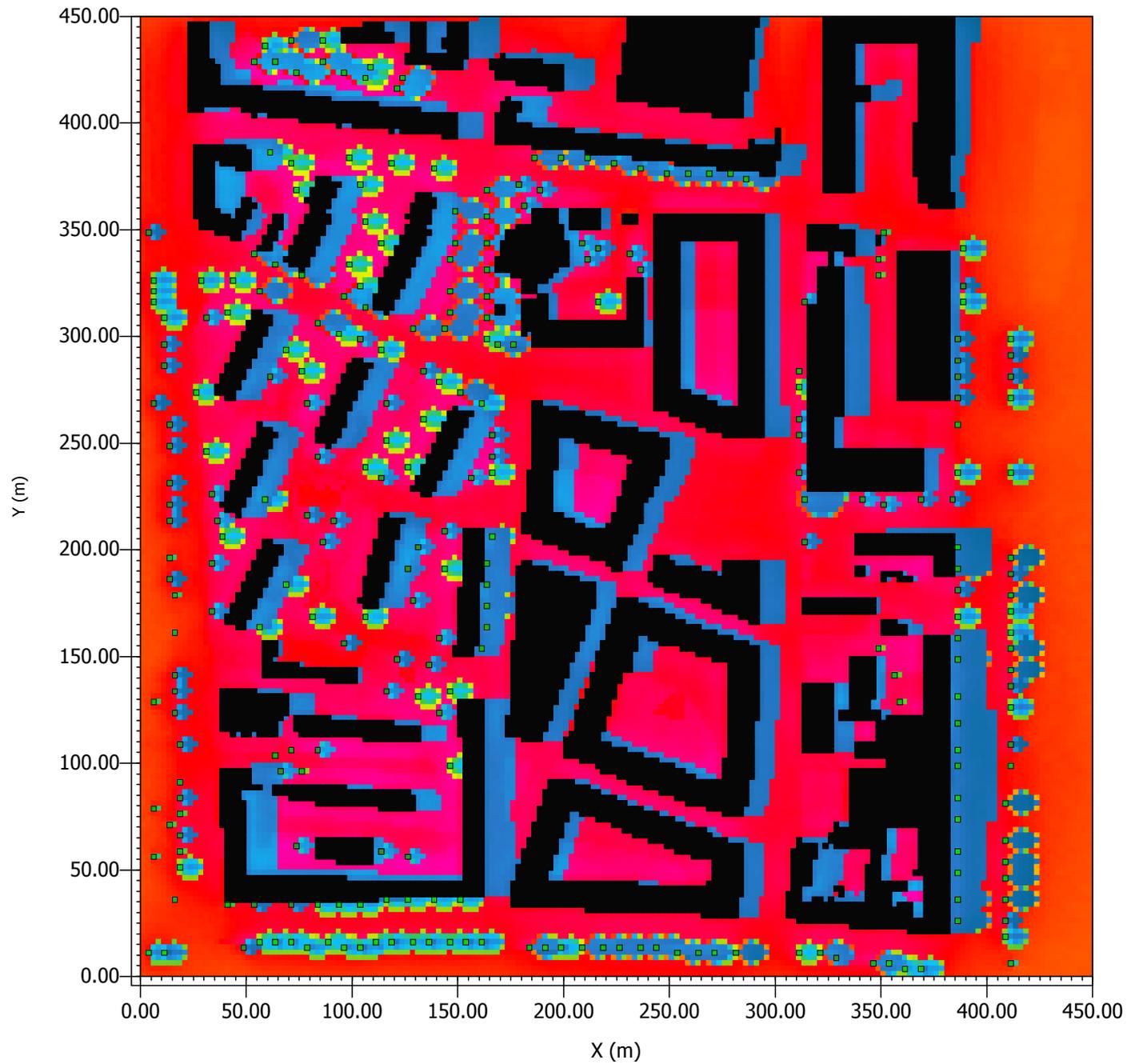


Min: 36.04 °C
Max: 68.31 °C

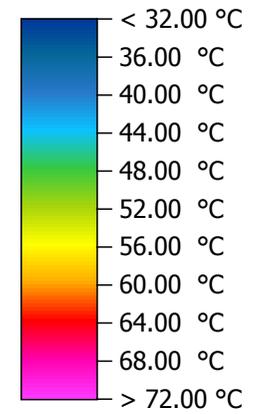


Wind

Abbildung 14: Worst Case -
Mittlere Strahlungstemperatur
14:00h 20.07.2013
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Mean Radiant Temp.



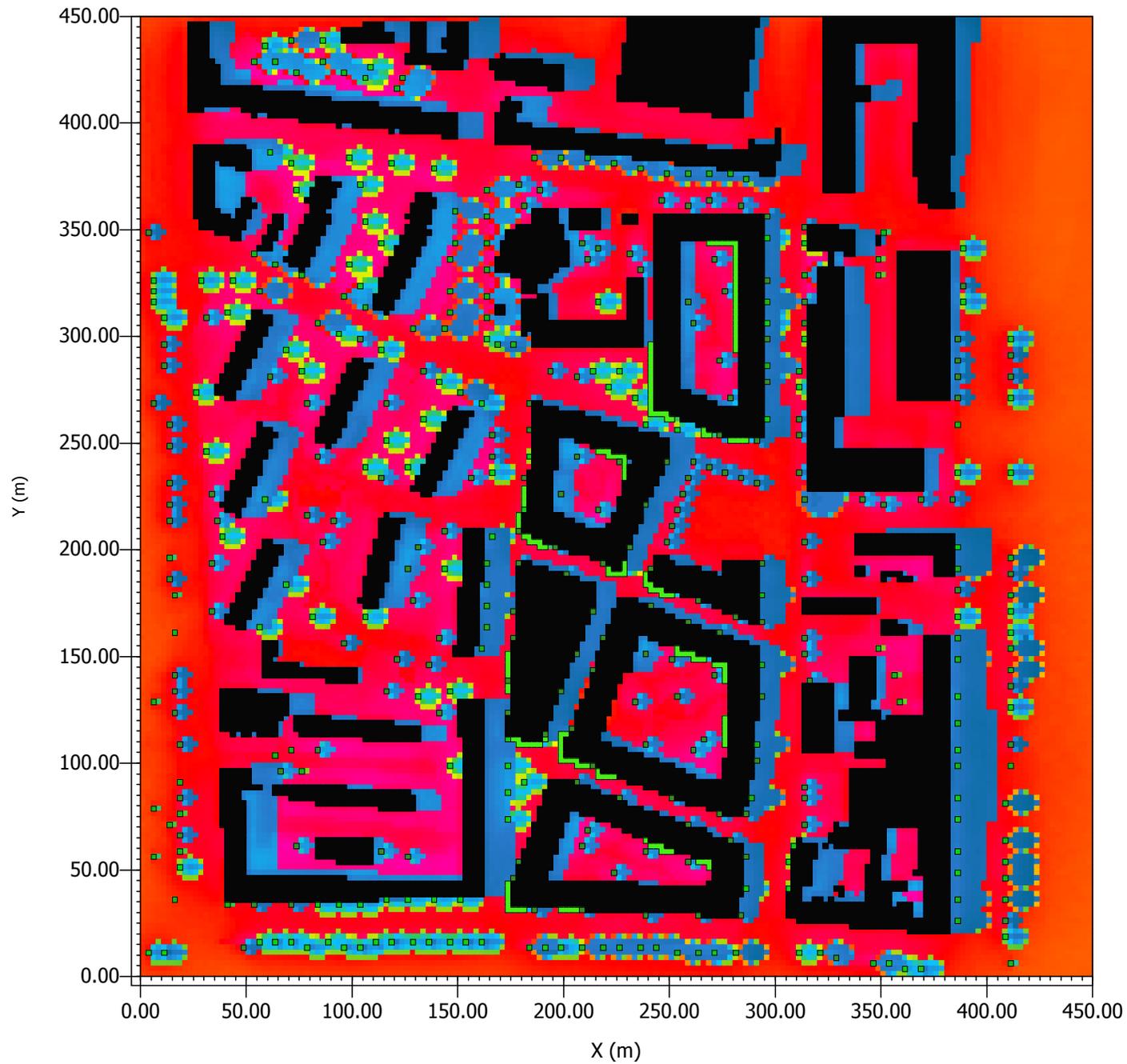
Min: 35.99 °C
Max: 68.32 °C



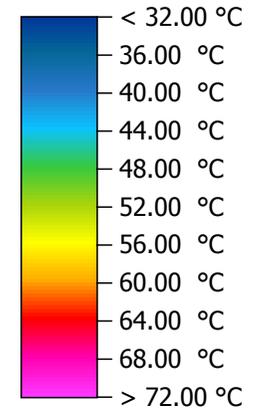
Wind

Abbildung 15: Optimized Case -
Mittlere
Strahlungstemperatur 14:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Mean Radiant Temp.



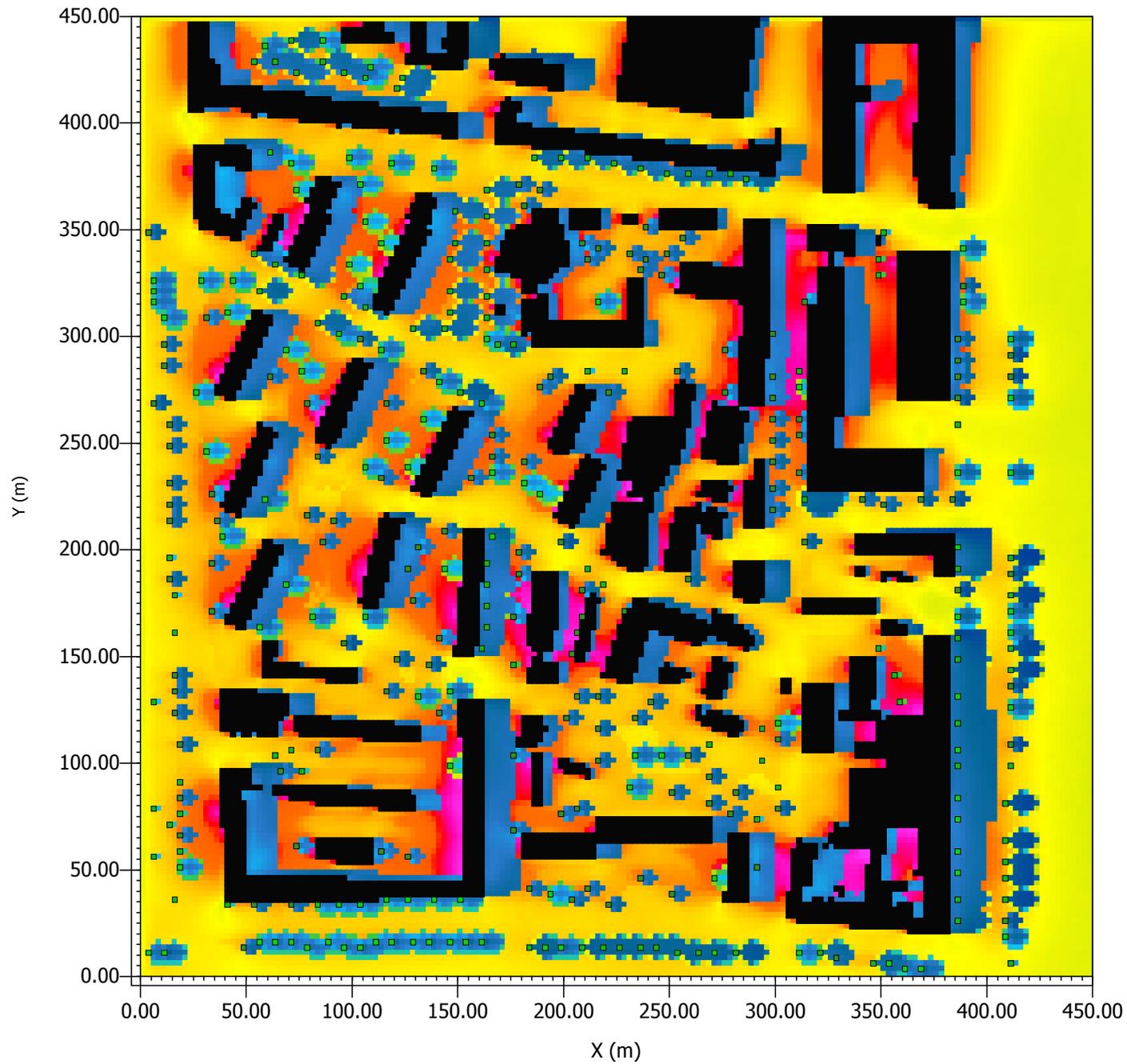
Min: 35.76 °C
Max: 68.16 °C



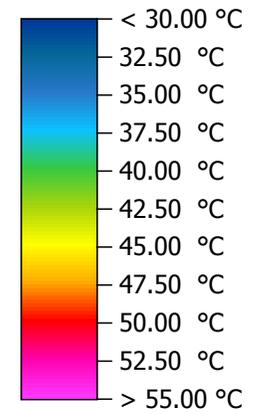
Wind

Abbildung 16: Status Quo -
PET 14:00h 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



PET



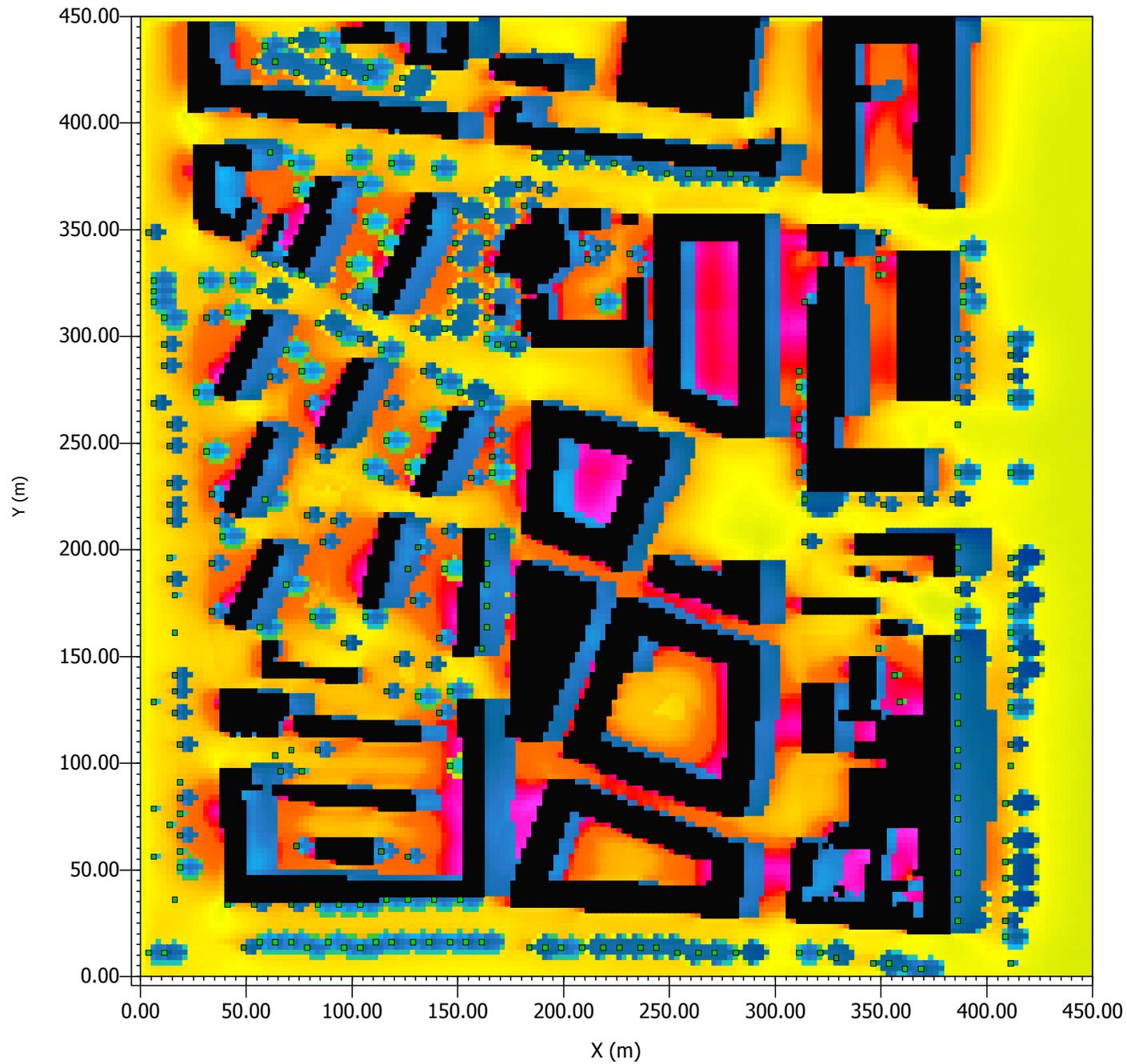
Min: 30.50 °C
Max: 55.40 °C



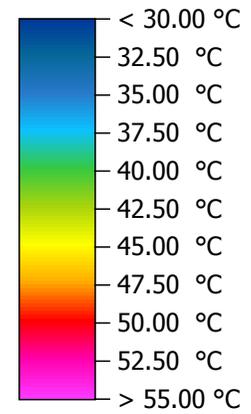
Wind

Abbildung 17: Worst Case -
PET 14:00h 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



PET



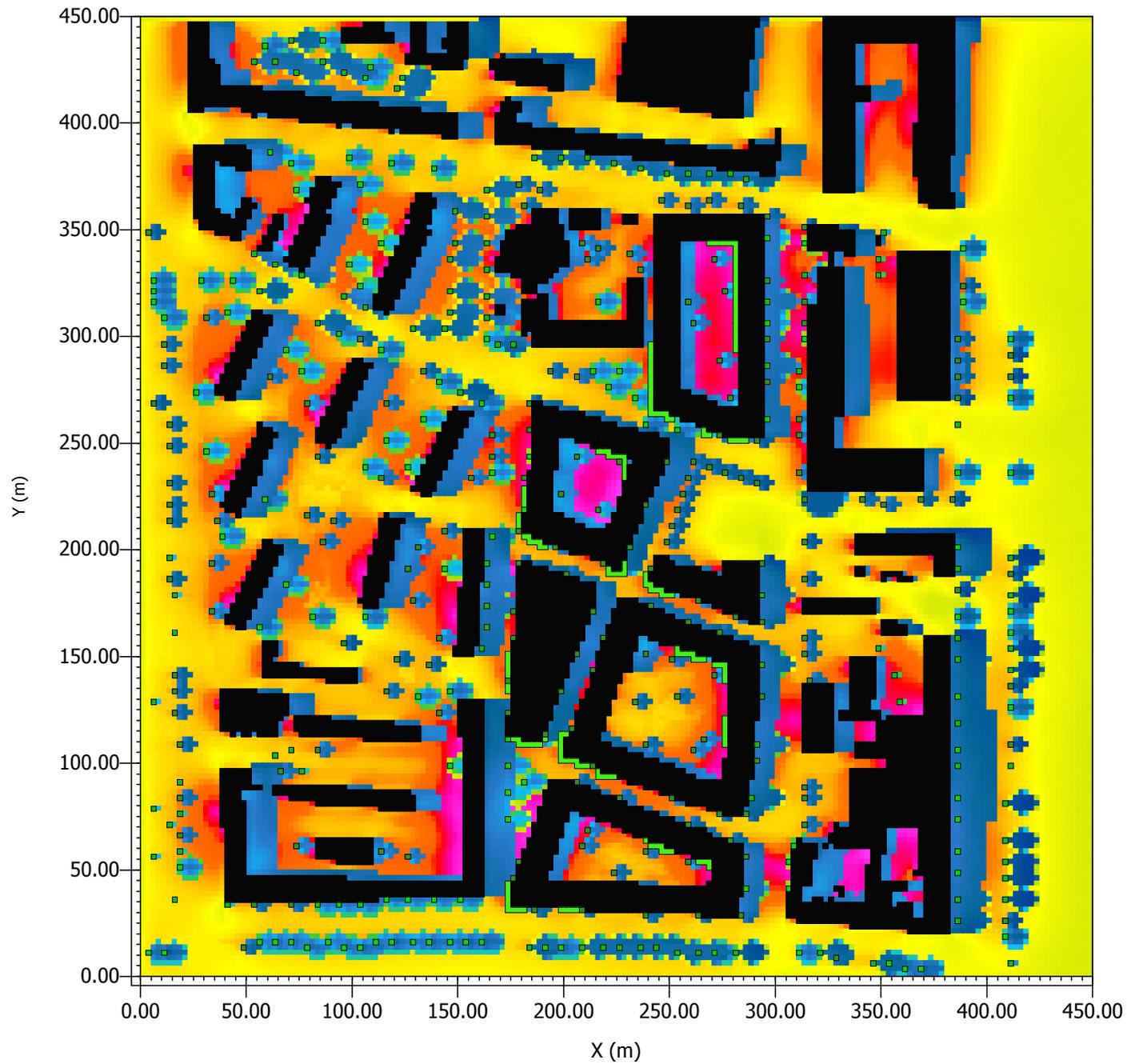
Min: 30.36 °C
Max: 55.20 °C



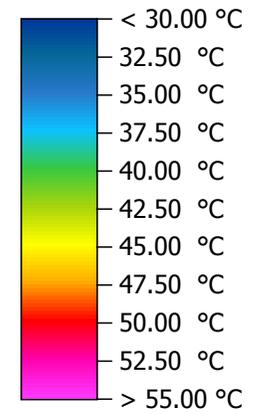
Wind

Abbildung 18: Optimized Case -
PET 14:00h 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



PET



Min: 30.35 °C
Max: 55.60 °C



Wind

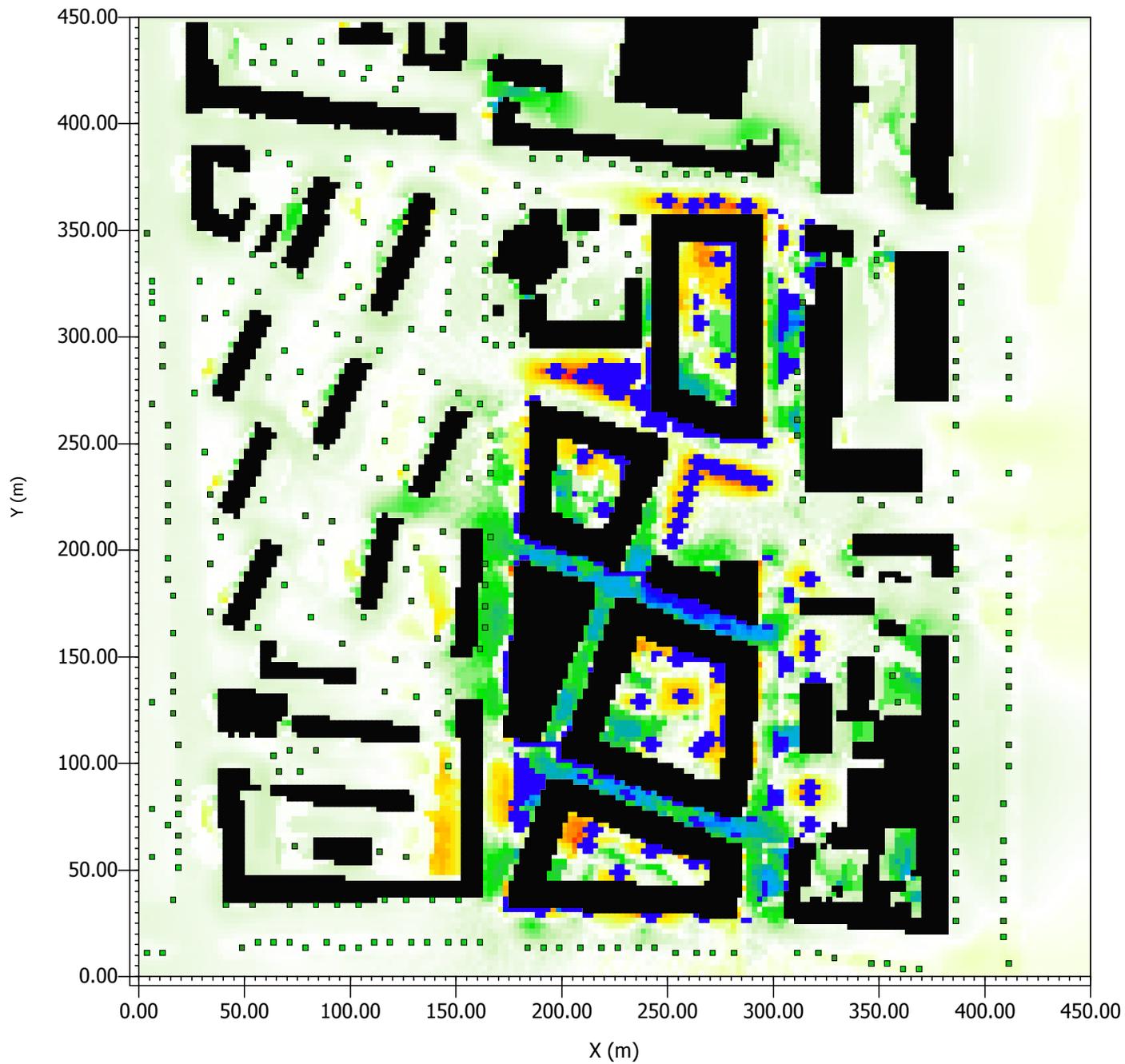
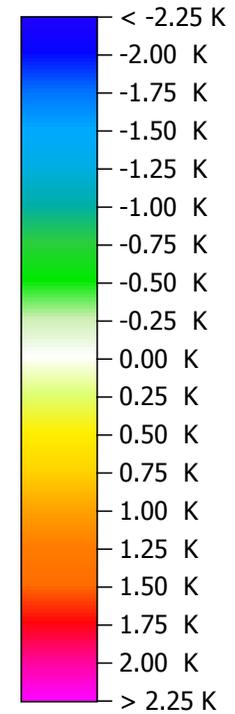


Abbildung 19: Differenzenbild
 PET - Optimized Case
 abzüglich Worst Case 14:00h
 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)

absolute Difference PET



Min: -19.22 K
 Max: 1.83 K

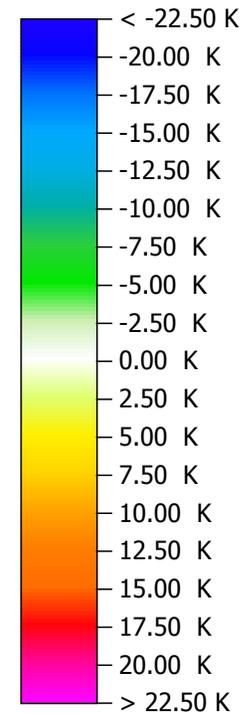


Wind

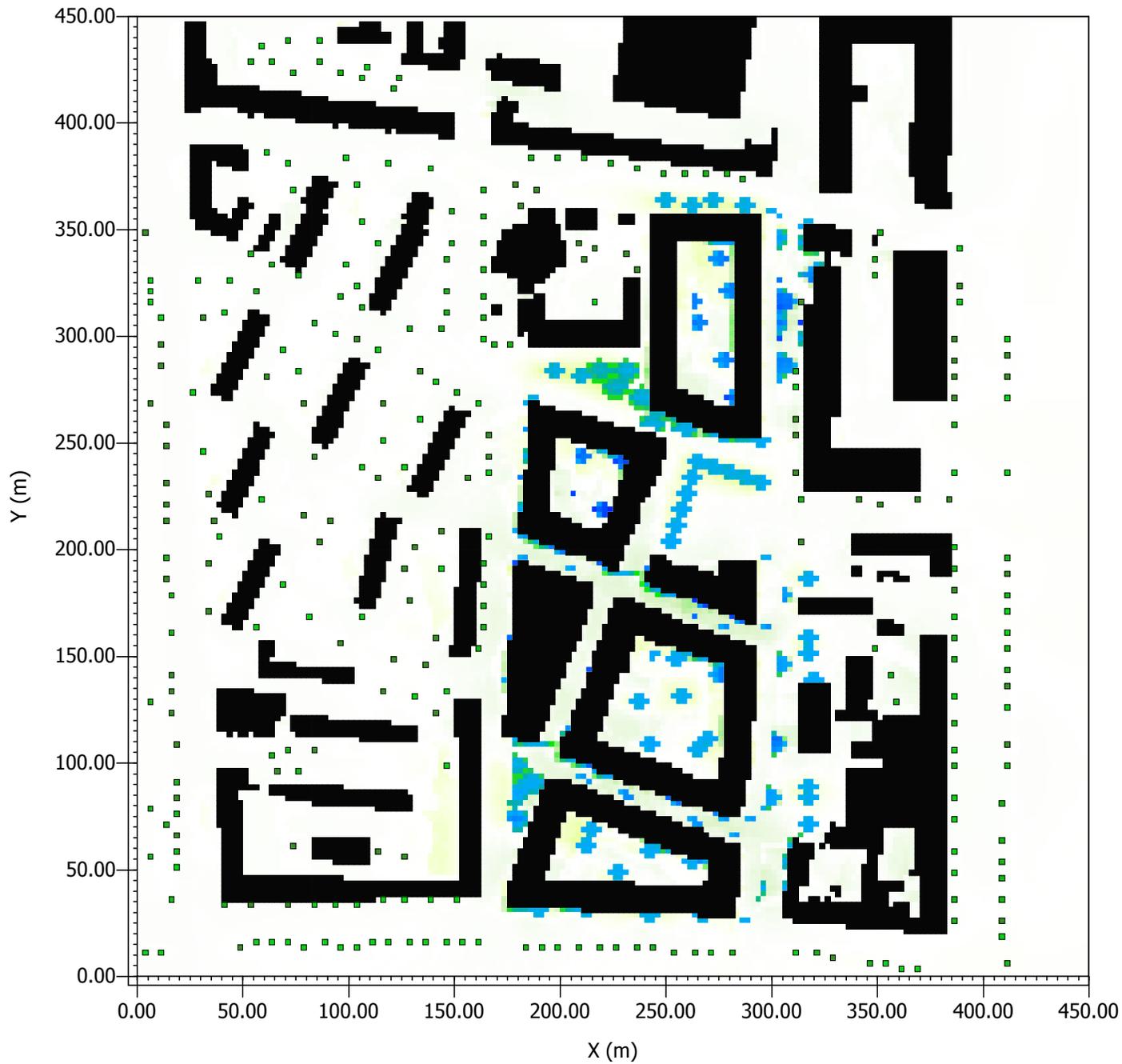
Abbildung 19b:
Differenzenbild PET -
Optimized Case abzüglich
Worst Case 14:00h 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)

absolute Difference PET



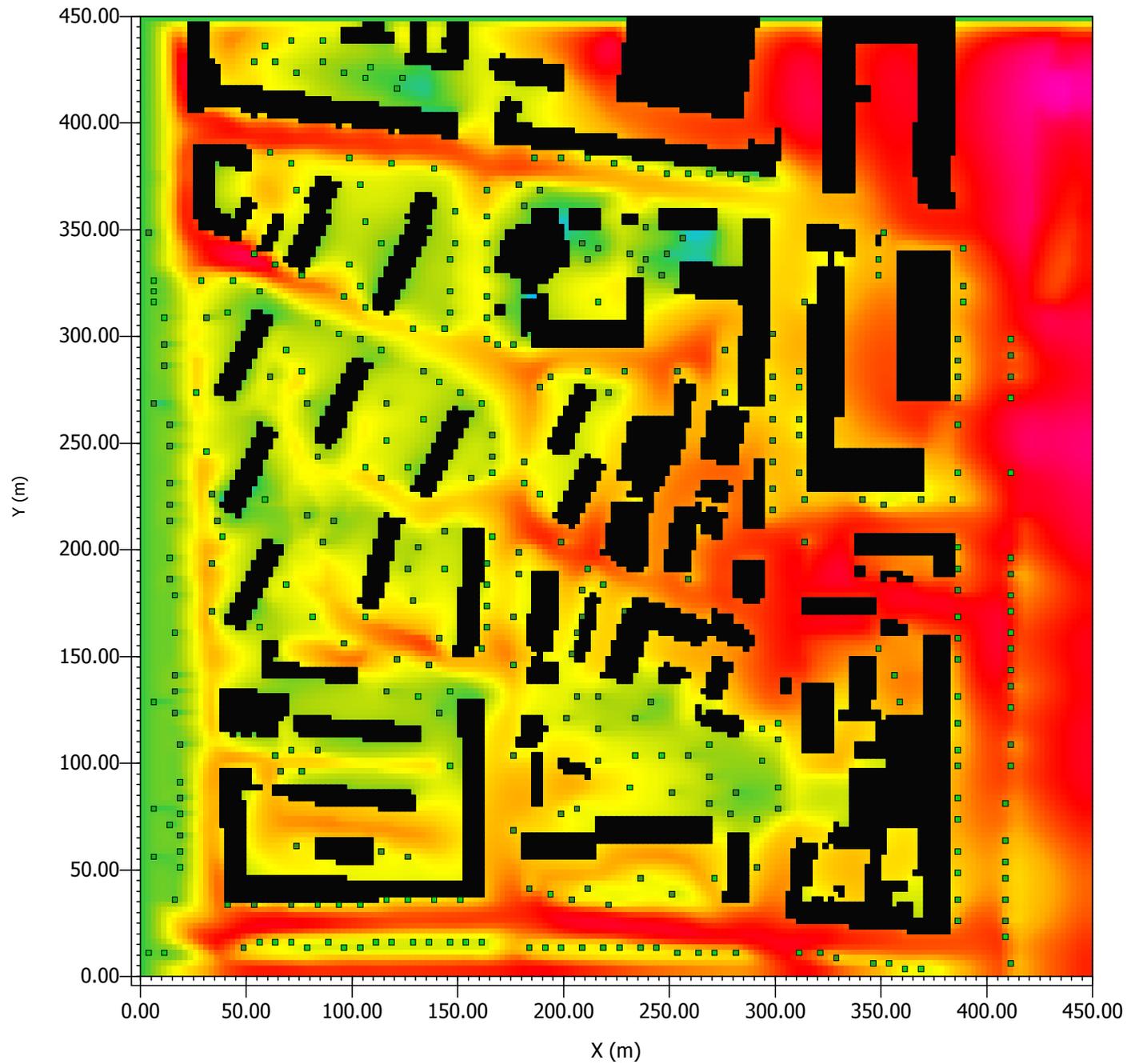
Min: -19.22 K
Max: 1.83 K



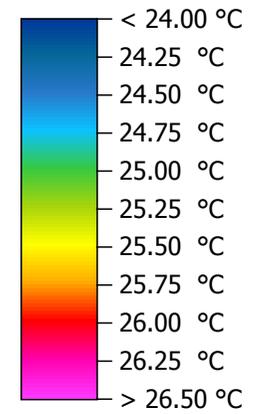
Wind

Abbildung 20: Status Quo -
Lufttemperatur 22:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Potential Temperature



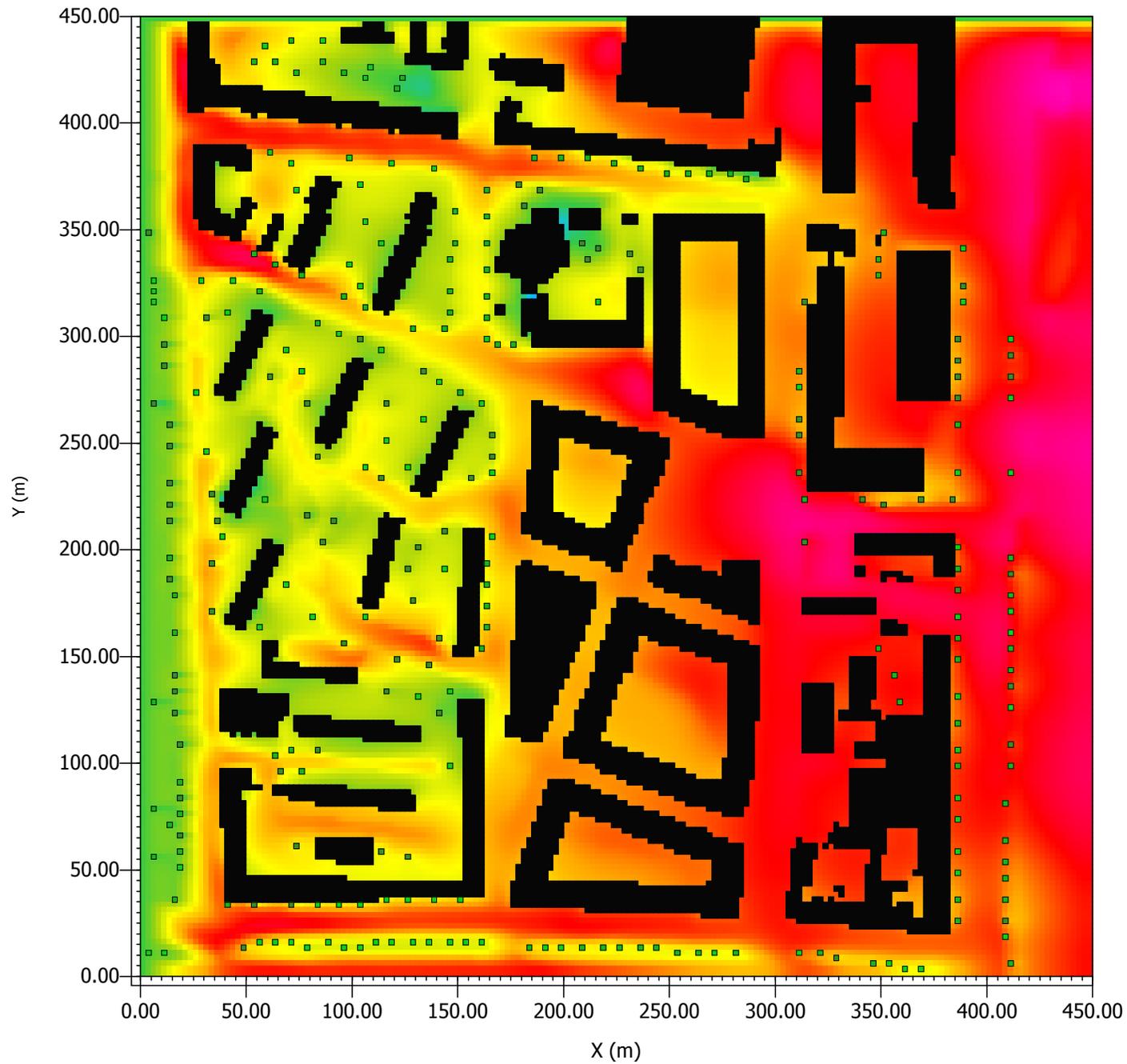
Min: 24.74 °C
Max: 26.27 °C



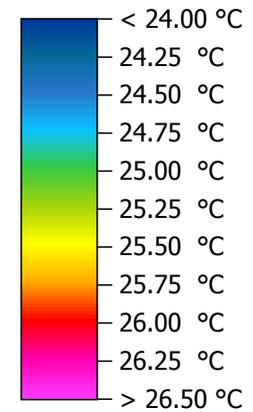
Wind

Abbildung 21: Worst Case -
Lufttemperatur 22:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Potential Temperature

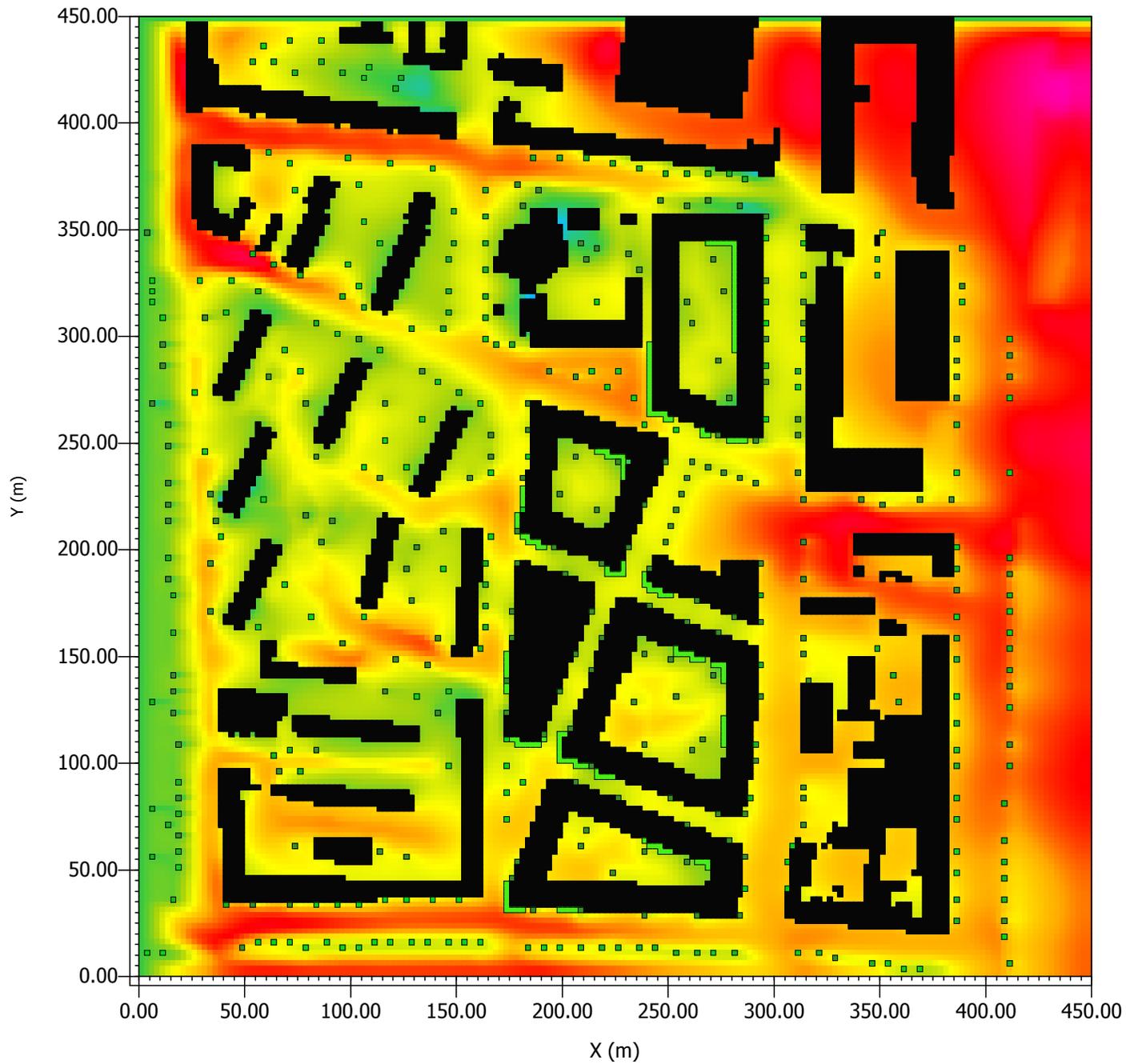


Min: 24.72 °C
Max: 26.28 °C

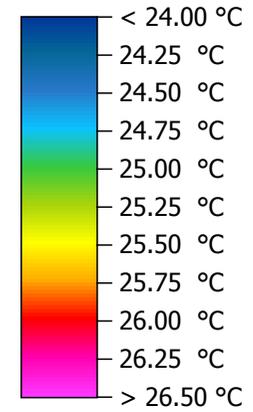


Wind

Abbildung 22: Optimized Case -
Lufttemperatur 22:00h
20.07.2013
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Potential Temperature



Min: 24.70 °C
Max: 26.25 °C



Wind

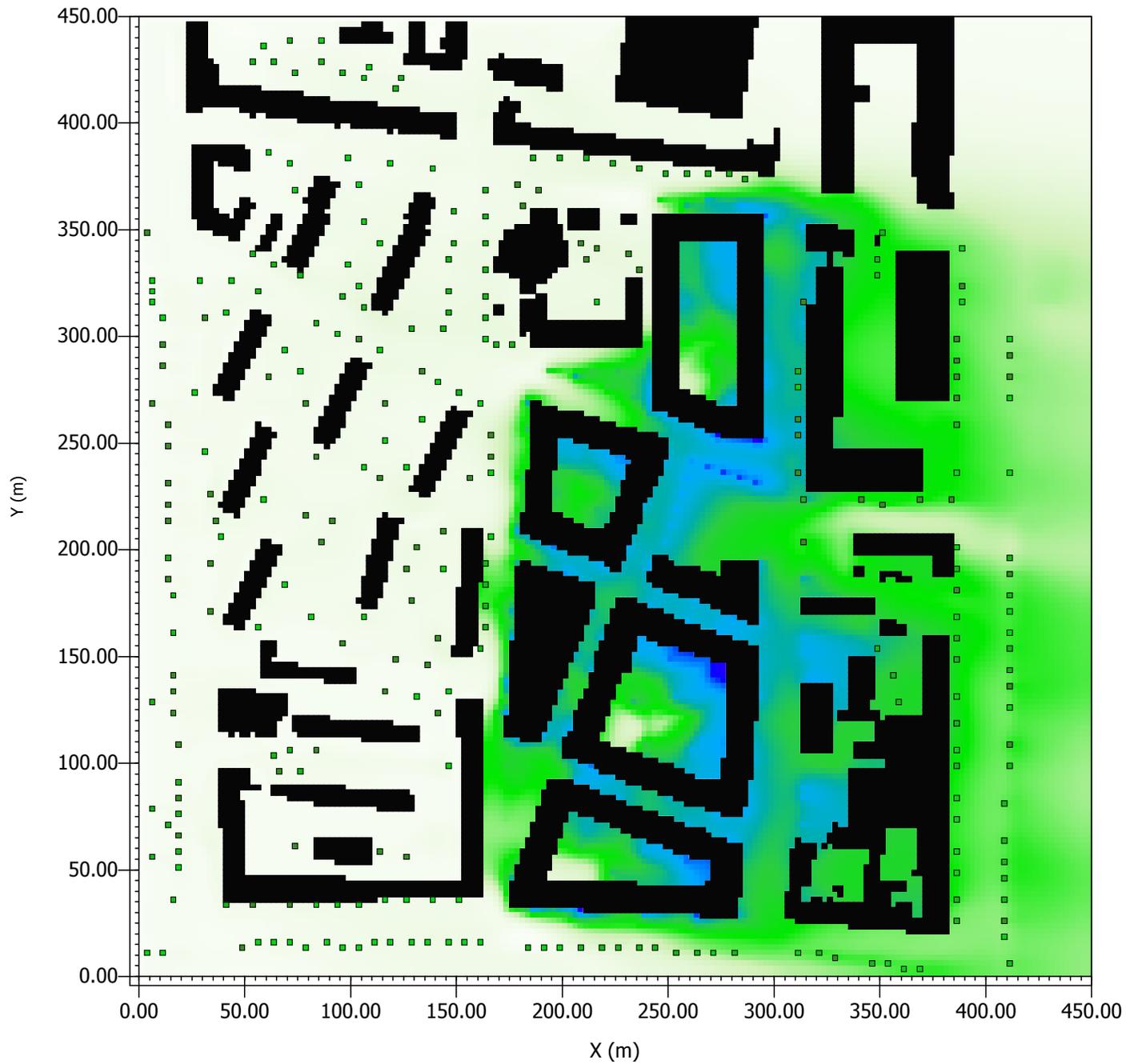
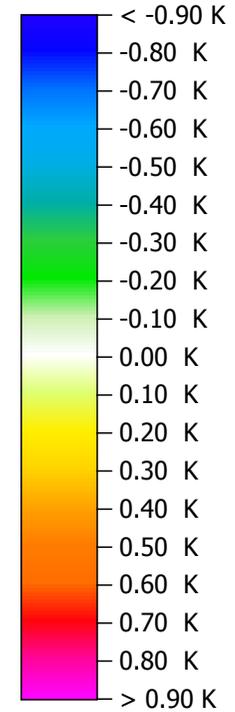


Abbildung 23: Differenzenbild
Lufttemperatur - Optimized
Case abzüglich Worst Case
22:00h 20.07.2013

x/v Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)
**absolute Difference Potential
Temperature**

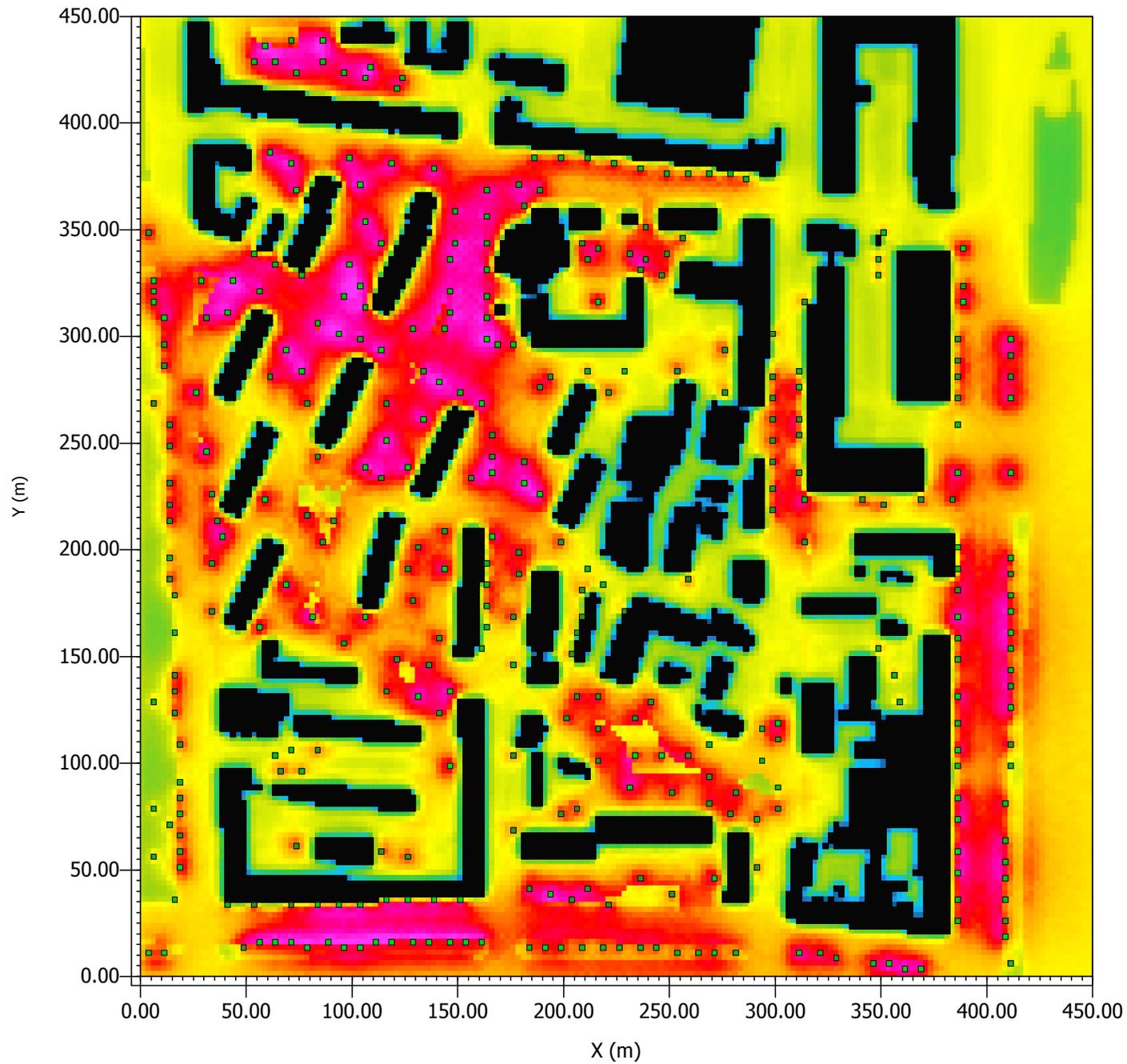


Min: -0.96 K
Max: -0.01 K

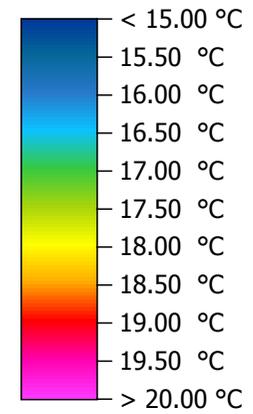


Wind

Abbildung 24: Status Quo -
Mittlere Strahlungstemperatur
22:00h 20.07.2013
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Mean Radiant Temp.

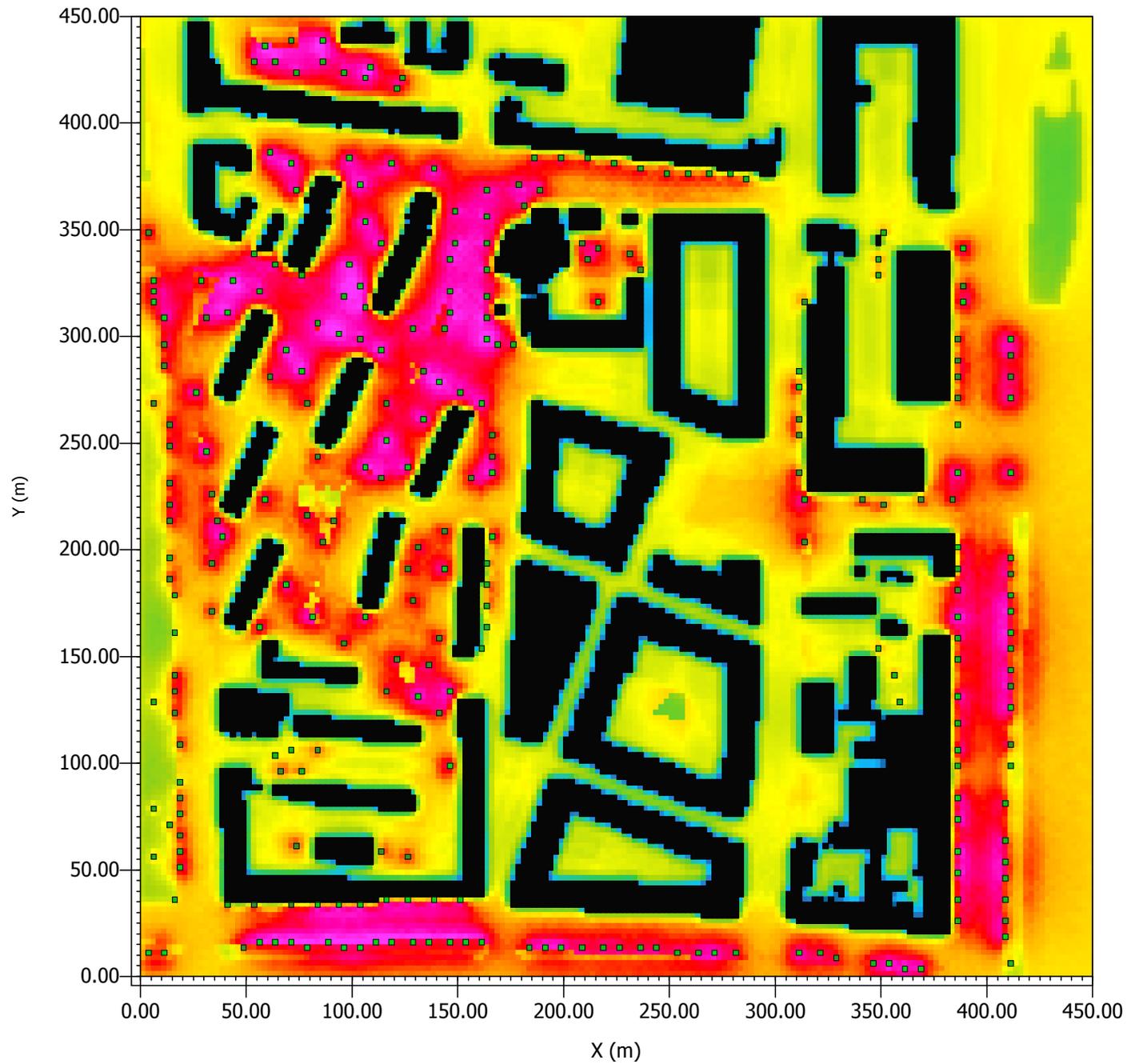


Min: 15.29 °C
Max: 20.13 °C

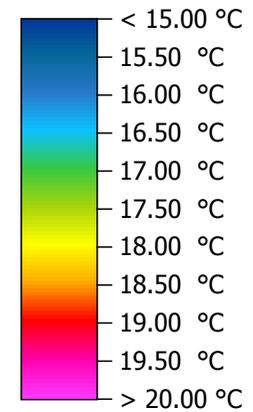


Wind

Abbildung 25: Worst Case -
Mittlere Strahlungstemperatur
22:00h 20.07.2013
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Mean Radiant Temp.



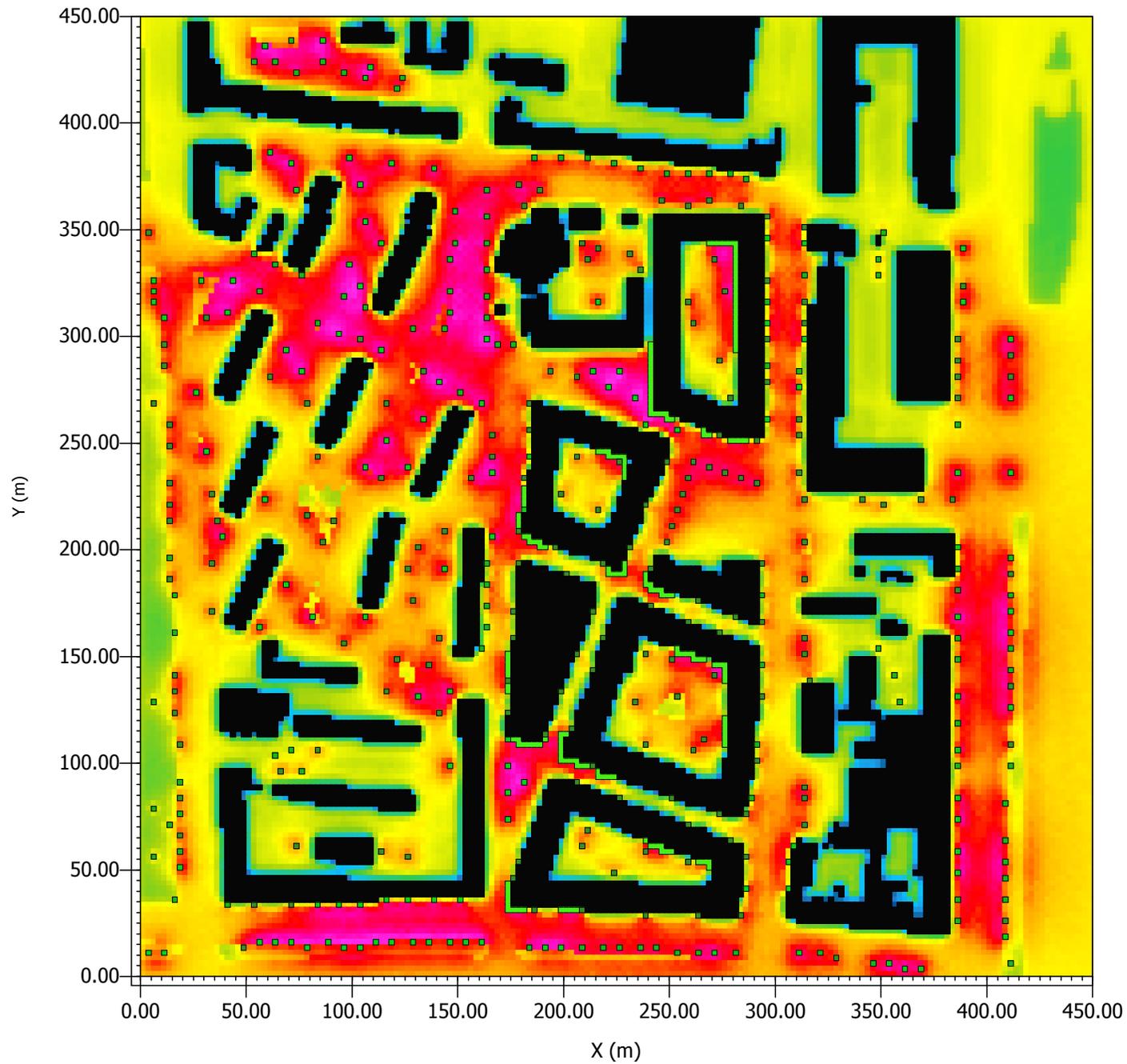
Min: 15.42 °C
Max: 20.20 °C



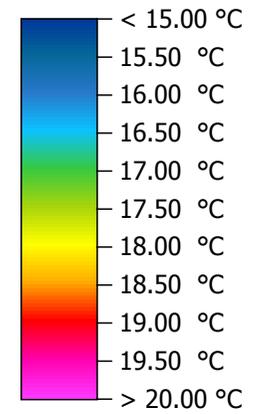
Wind

Abbildung 26: Optimized Case -
Mittlere
Strahlungstemperatur 22:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



Mean Radiant Temp.



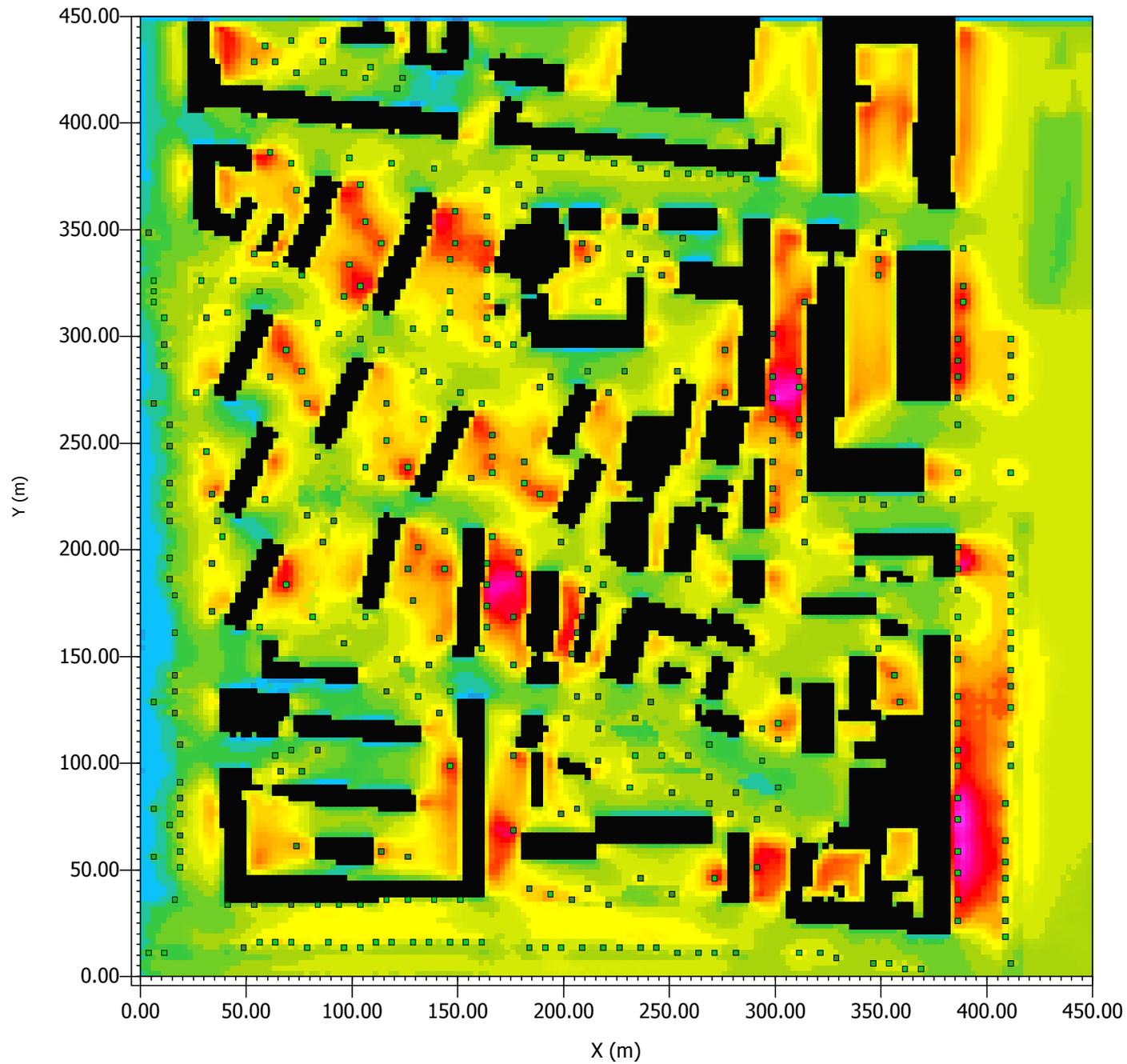
Min: 15.26 °C
Max: 19.96 °C



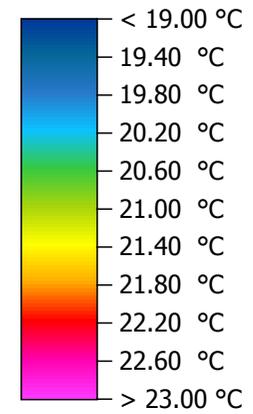
Wind

Abbildung 27: Status Quo -
PET 22:00h 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



PET



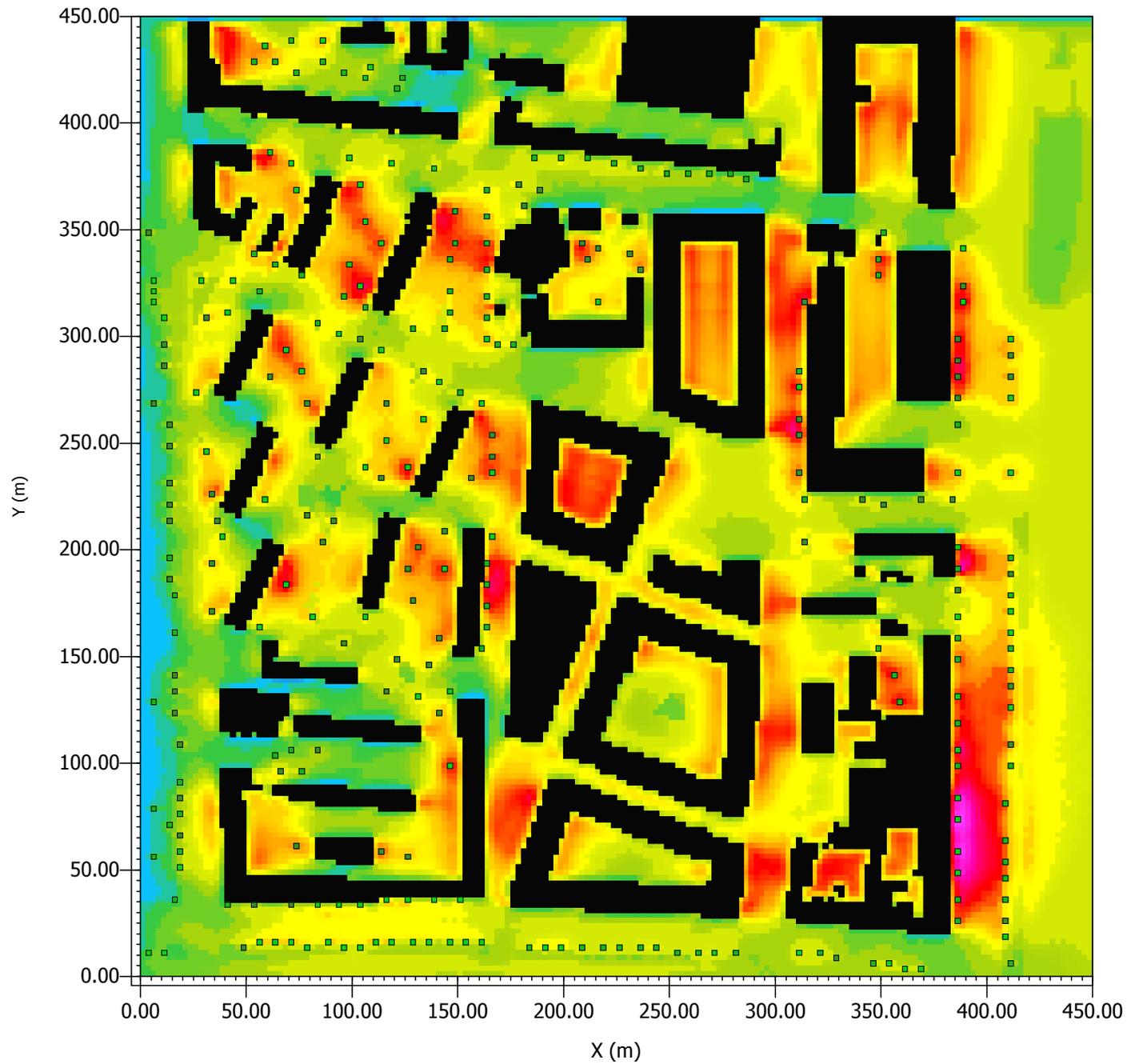
Min: 19.81 °C
Max: 23.04 °C



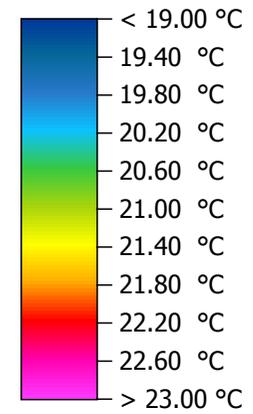
Wind

Abbildung 28: Worst Case -
PET 22:00h 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



PET



Min: 19.85 °C

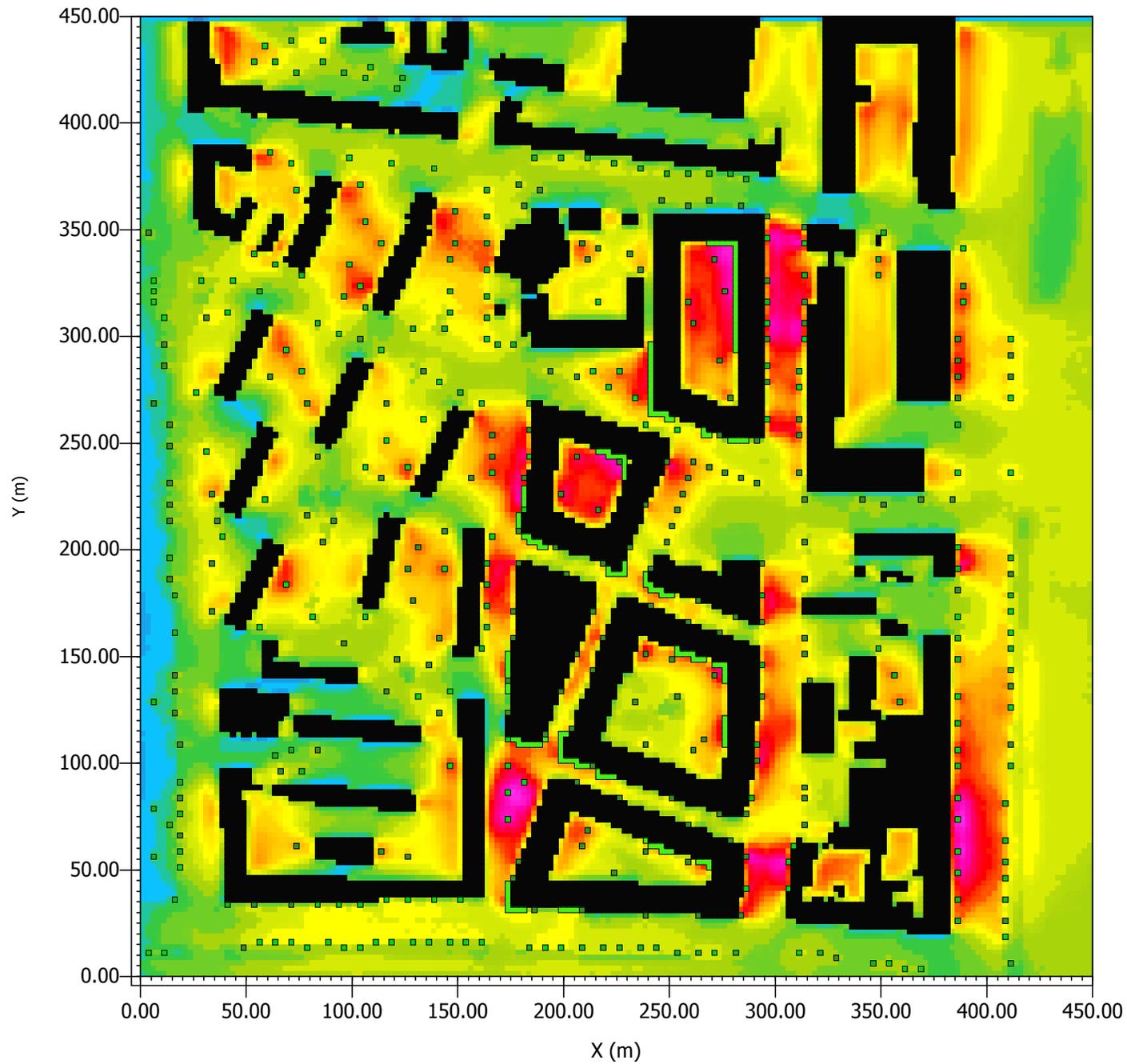
Max: 23.16 °C



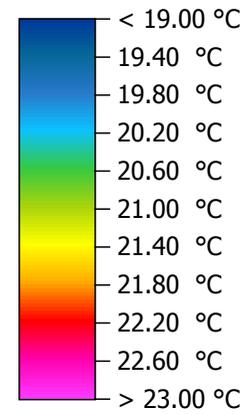
Wind

Abbildung 29: Optimized Case -
PET 22:00h 20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)



PET



Min: 19.80 °C
Max: 22.94 °C

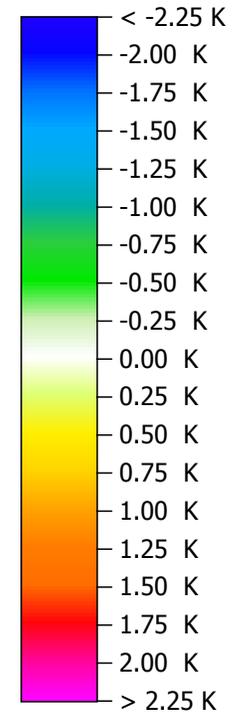


Wind

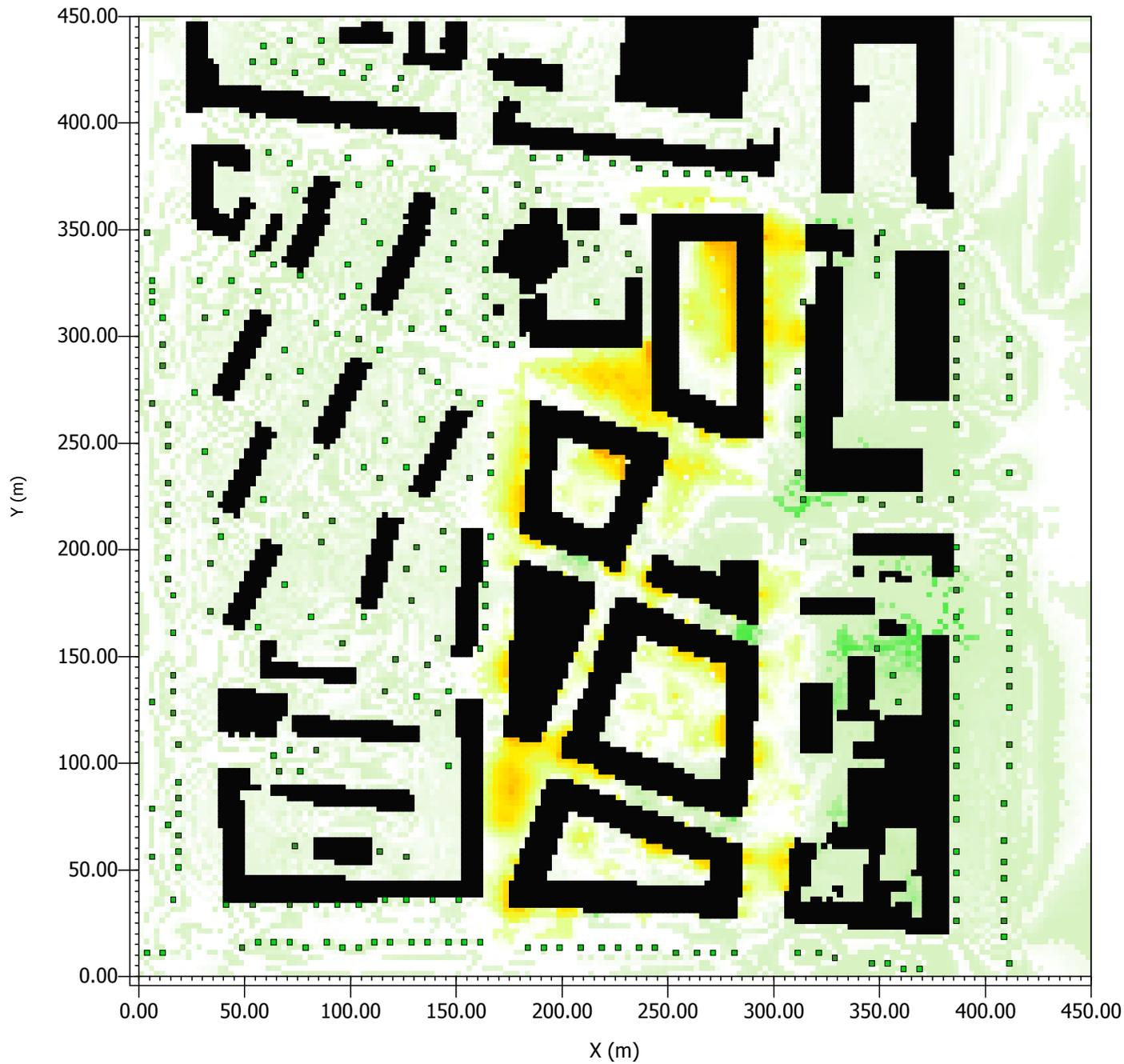
Abbildung 30: Differenzenbild
PET - Optimized Case
abzüglich Worst Case 22:00h
20.07.2013

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.7500 m)

absolute Difference PET



Min: -0.41 K
Max: 1.00 K



Wind