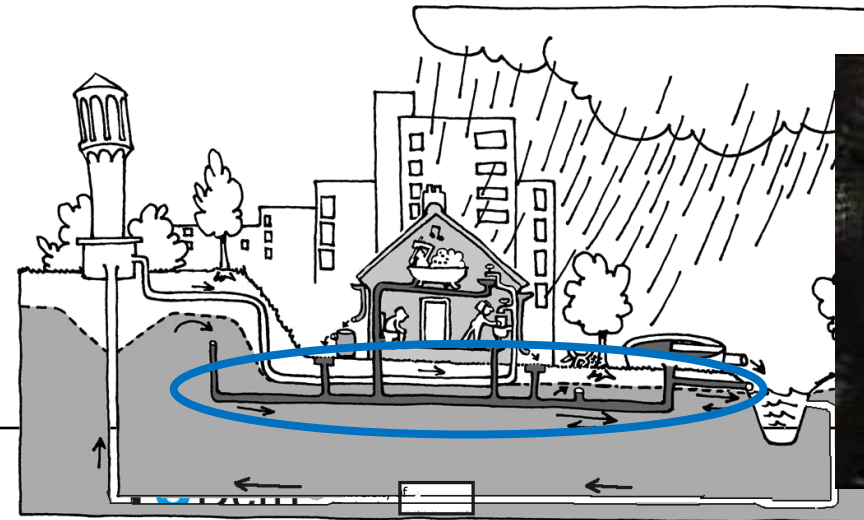


CIE4491

Lecture. How to quantify stormwater flow – urban rainfall data and resolution

Marie-claire ten Veldhuis

18-9-2013



Source: news.bbc.co.uk

Coping with heavy rainfall

- 1st challenge: rainfall data



Coping with heavy rainfall

What exactly happened?

- How much rainfall caused this flooding?
- How often does this occur?
- Was sewer capacity insufficient or blockage/pump failure/other?





We need
representative, local
rainfall data for analysis

How do we measure rainfall in cities?



± 10 km



*Nearest rain gauge: Rotterdam Airport
NB: for 10 min time step*



Why not in cities?

Typical set-up rain gauge

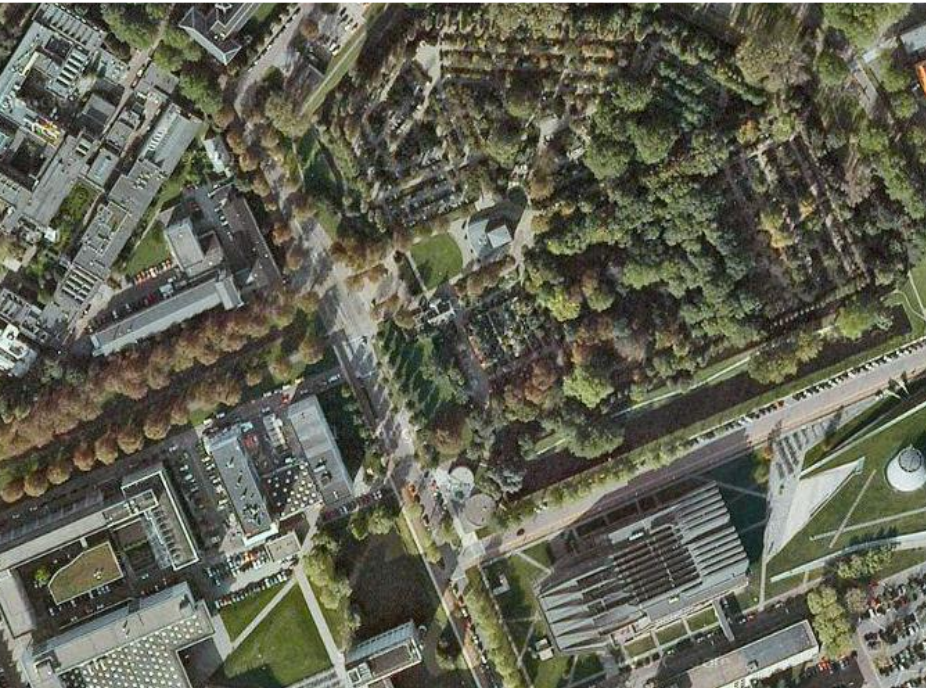
Distance to nearest
obstacle:
2-4x height obstacle
above rain gauge

No wind influence

(KNMI, 2000)

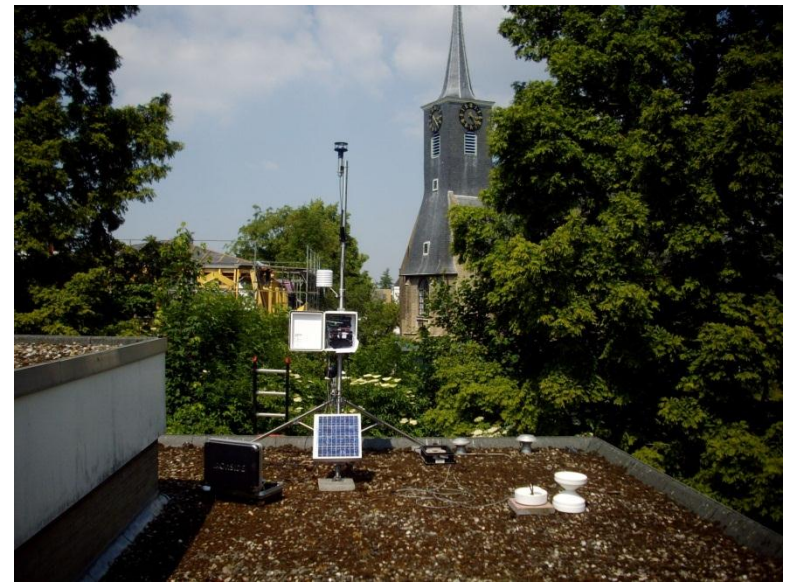


Courtesy: kees floor.nl





Gemeentewerf (Hoogvliet, werf Gadering)

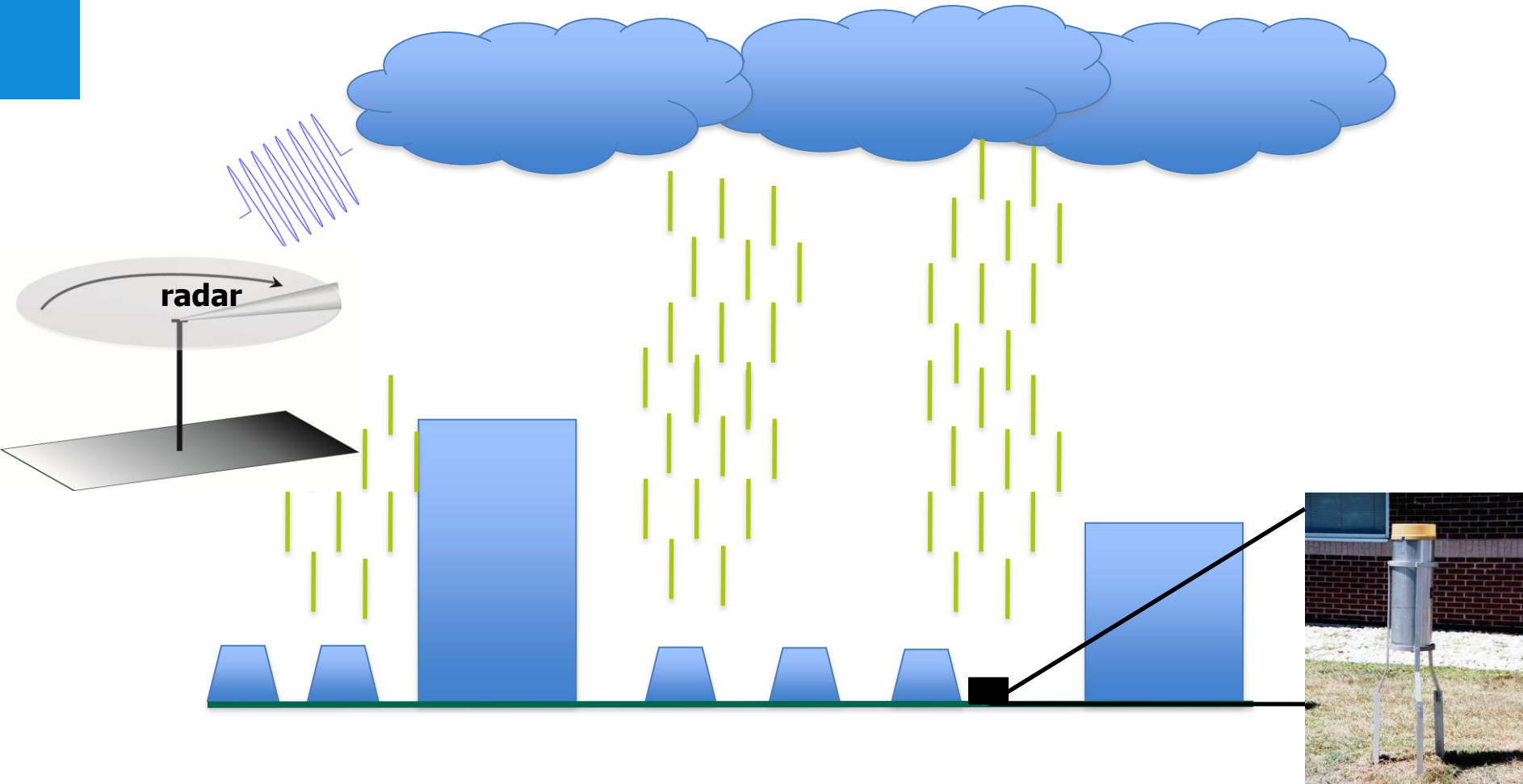


Basisschool (Lansingerland, BS de Poort)



Rioolgemaal (Bolnes, gemaal)

Hoe meten we neerslag ...



Rainfall radar

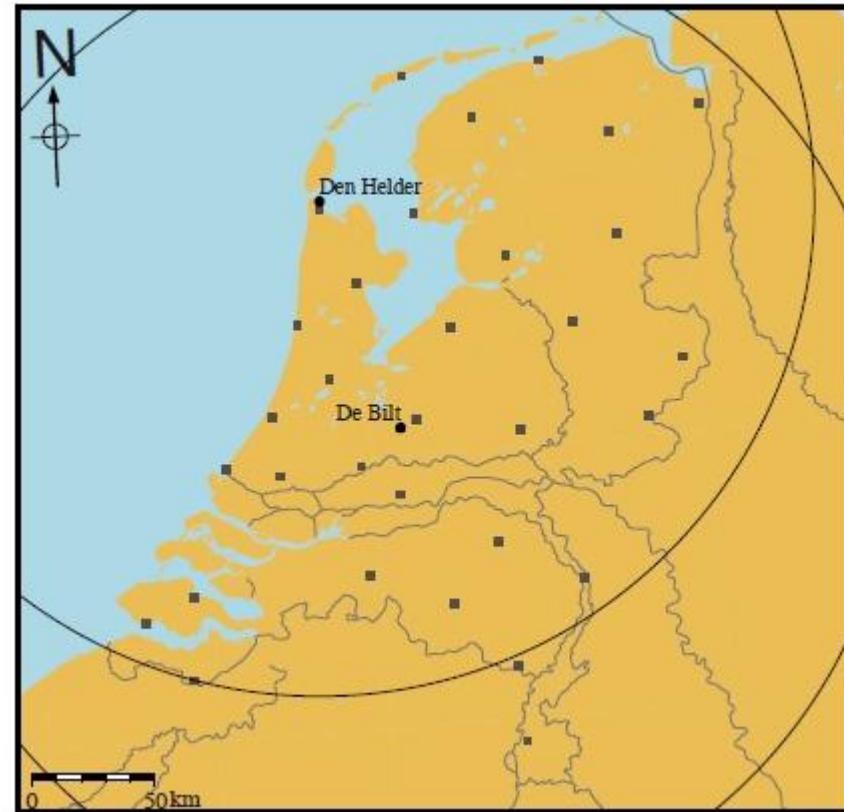
Radar: spatial rainfall monitoring

KNMI radars:

- 2 locations: de Bilt, Den Helder
- C-Band 4-8 GHz
- Spatial density (pixel size): $\approx 1 \text{ km}^2$



*KNMI weather radar in De Bilt
(Courtesy KNMI)*



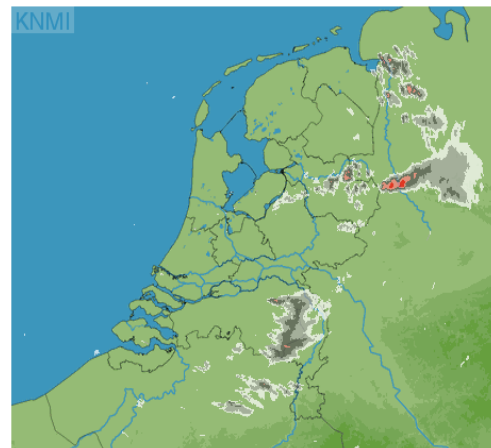
*Locations of weather radars in De Bilt and Den Helder and their 200-km range (circles)
(Courtesy KNMI)*

Home > neerslagradar

Weer

Neerslagradar

Animatie van het afgelopen uur



Waarschuwingen

> Overzicht

Verwachtingen

> Overzicht

Actueel

> Overzicht

Nader Verklaard

- > Radar in de meteo
- > Neerslag
- > Bliksem
- > Satellieten
- > Waarnemingen, meteo
- > weerstations
- > Weeralarm

Nader Verklaard

> achtergrond

Firefox - Buienradar.nl - Weer - Actuele neerslag, ... +

buienradar.nl ☆ X Google

Buienradar

Buienradar Actueel weer Verwachting Zon & wolken Foto's Video's Mijn Radar Winter Gadgets Zoeken Zoek

15:40 15:20 15:00
15:35 15:15 14:55
15:30 15:10 14:50
15:25 15:05 [meer](#)

Verwachting
2 uur vooruit (NL)
3 uur vooruit (NL)
24 uur vooruit (NL)
3 dagen vooruit (EU)

15:45 16:25 17:05
15:50 16:30 17:10
15:55 16:35 17:15
16:00 16:40 17:20
16:05 16:45 17:25
16:10 16:50 17:30
16:15 16:55 17:35
16:20 17:00 [meer](#)

Buienradar Lab
Radaruitbreiding

Mijn radar
Transferring data from ad.nl



Firefox - Het weer - Actueel weer van alle weersta... +

www.hetweeraactueel.nl/neerslagradar ☆ X Google

Inloggen / registreren

Het weer actueel

Weer Nederland actueel België actueel Weerkaartjes Weeramateur Overig Forum

Privé Berichten geen nieuwe

Vind ik leuk Verzenden 10 personen vinden dit leuk. Registreren om te zien wat je vrienden leuk vinden.

HWA Neerslagradar

Deze radarbeelden zijn tot stand gekomen door een samenwerking tussen Hetweeraactueel.nl, Hydrologic en Witteveen+Bos. De radarbeelden van de Nederlandse, Belgische en Duitse radars zijn samengevoegd, waardoor er een nauwkeuriger beeld is. De neerslagbeelden worden binnenkort gekalibreerd met de metingen van de deelnemende weerstations van Hetweeraactueel. Dit levert de best beschikbare neerslaginformatie voor Nederland en België.

31-01-2013 14:40 (Meting)

Neerslag [mm/uur]

0

Transferring data from googleads.g.doubleclick.net...

28 9.7 .mobi

Het laatste pollennieuws

Weerbericht
Opklaringen, enkele bui. Morgen vooral in de zuidelijke helft regen.
[Nu - 3 - 5 - 14 dagen](#)

Satelliet Nederland
14:00 (13:00 UTC)



Transferring data from googleads.g.doubleclick.net...

Transferring data from googleads.g.doubleclick.net...

neerslagradar - Animatie afgeplo...

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Agenda Publicaties Research Datacentrum Veelgestelde vragen

Home > neerslagradar

Weer

Neerslagradar

Animatie van het afgelopen uur

Waarschuwingen > Overzicht

Verwachtingen > Overzicht

Buienradar.nl - Weer - Actuele neerslag...

Buienradar

Buienradar Actueel weer Verwachting Zon & wolken Foto's Video's Mijn Radar Winter Gadgets Zoeken Zoek

15:00

Buienradar

Nederland afgelopen uur

1 uur bliksem
loop 2, 3, 24 uur wolken & radar panoramaradar hagelkans ja

15:40 15:20 15:00
15:35 15:15 14:55
15:30 15:10 14:50
15:25 15:05 [meer](#)

Verwachting

2 uur vooruit (NL)
3 uur vooruit (NL)
24 uur vooruit (NL)
3 dagen vooruit (EU)
15:45 16:25 17:05
15:50 16:30 17:10
15:55 16:35 17:15

Het laatste pollennieuws

Weerbericht

Opklaringen, enkele bui. Morgen vooral in de zuidelijke helft regen. Nu - 3 - 5 - 14 dagen

Satelliet Nederland 14:00 (13:00 UTC)

Het weer - Actueel weer van alle weersta...

www.hetweeraactueel.nl/neerslagradar

Inloggen / registreren

Limited value for cities:

- 1kmx1km resolution too coarse
- Low accuracy for high rainfall intensities
- Measurement at high altitude

Deze radarbeelden zijn tot stand gekomen door een samenwerking tussen Hetweeraactueel.nl, Hydrologie en Witeveen Bus. De radarbeelden van de Nederlandse, Belgische en Duitse radars zijn samengevoegd, waardoor er een nauwkeuriger beeld is. De neerslagbeelden worden binnenkort gekalibreerd met de metingen van de deelnemende weerstations van Hetweeraactueel. Dit levert de best beschikbare neerslaginformatie voor Nederland en België.

31-01-2013 14:40 (Meting)

Neerslag [mm/uur]

0

Transferring data from googleads.g.doubleclick.net...

Satellite views blocked by cloud cover,
limited by coarse resolution

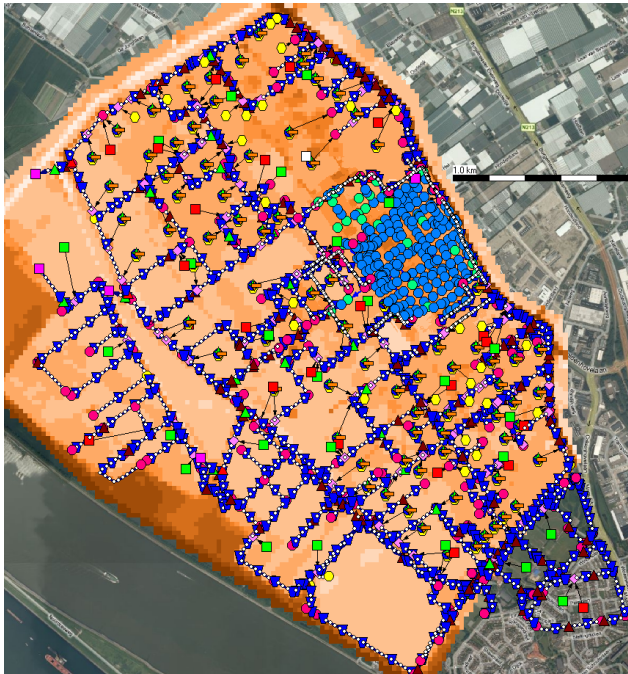
1-4 km resolution of storms
in the upper troposphere

Earth curvature effects prevent 72% of the
troposphere below 1 km from being observed

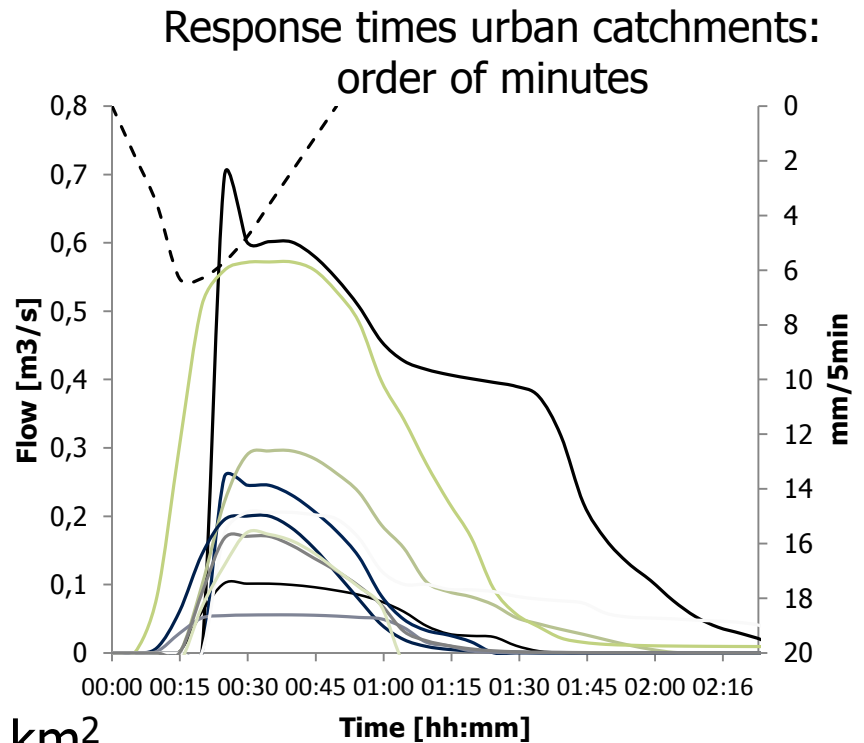
250 km average spacing between ground radars

Data resolution for urban hydrology

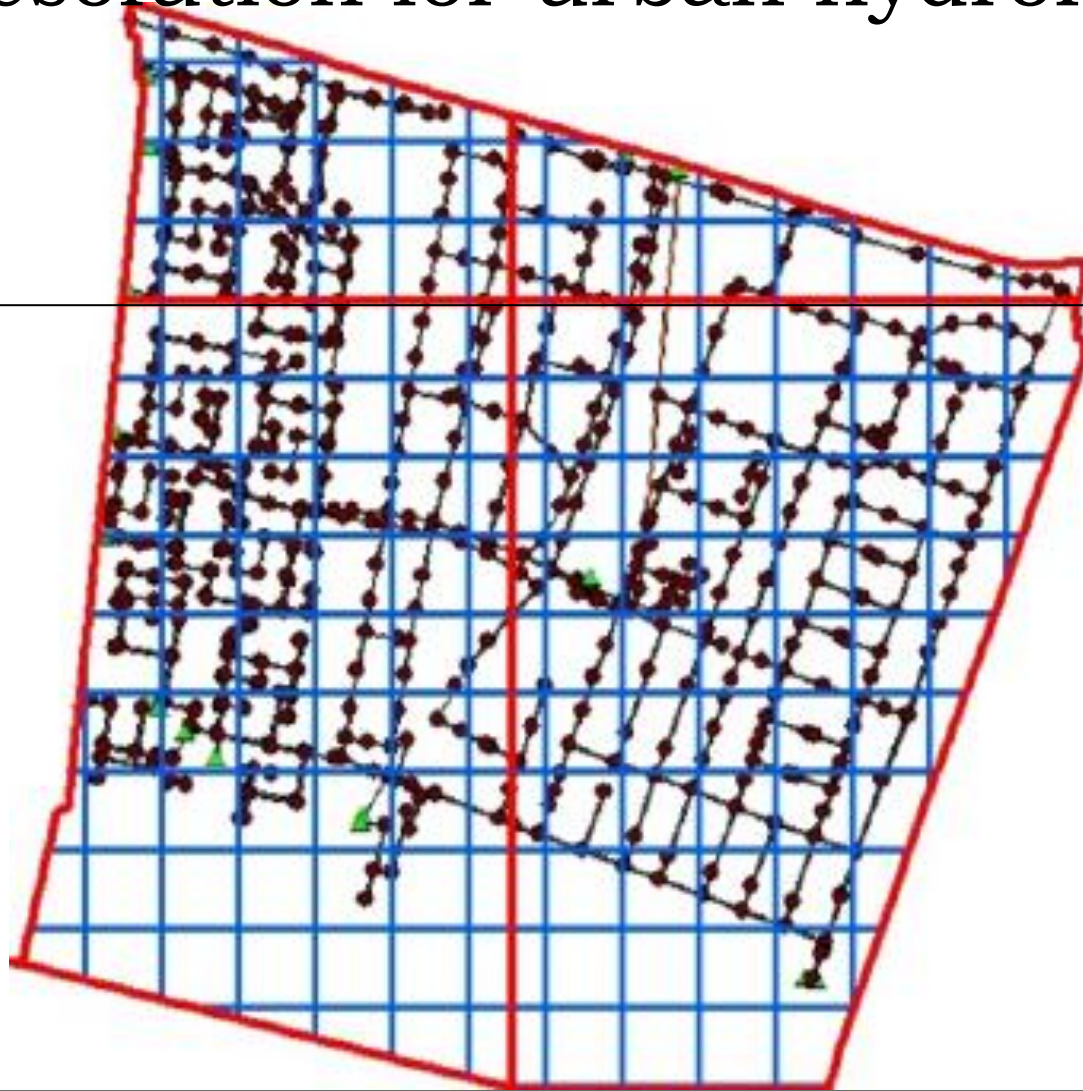
- High degree of imperviousness → fast runoff processes
- High spatial variability of urban functions
- Need for high resolution data: in time and in space



Drainage area Oranjepolder: 4.9 km²



Data resolution for urban hydrology



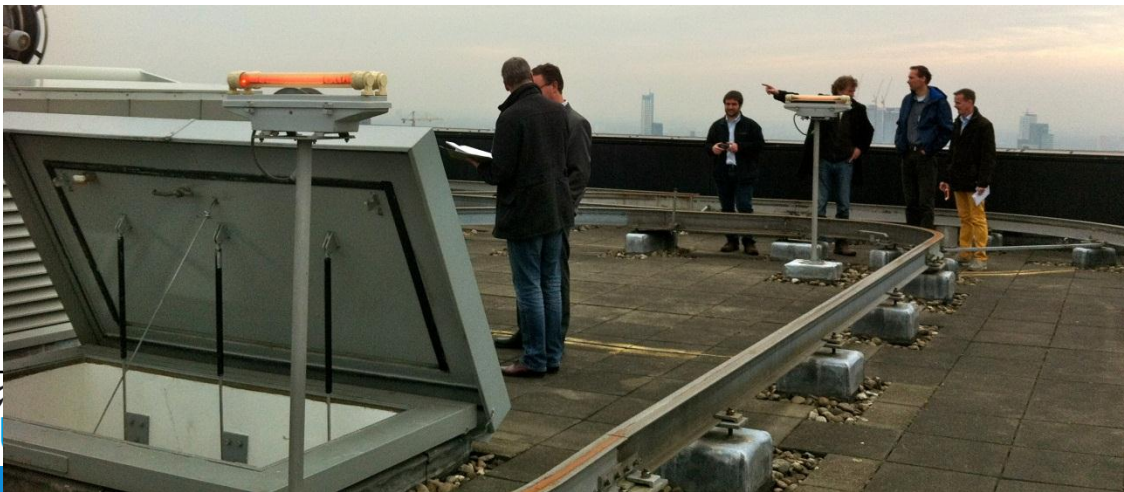
RAINGAIN :

high resolution rainfall data for urban flood prediction

EU-project: 4 countries (B, F, NL, UK), 13 partners
Case studies: Leuven, London, Paris, Rotterdam

Rotterdam:

- Dual polarimetry, Doppler X-band radar
- Network of rain gauges on the grond



This project has received
European Regional
Development Funding
through INTERREG IV B.



INTERREG IVB



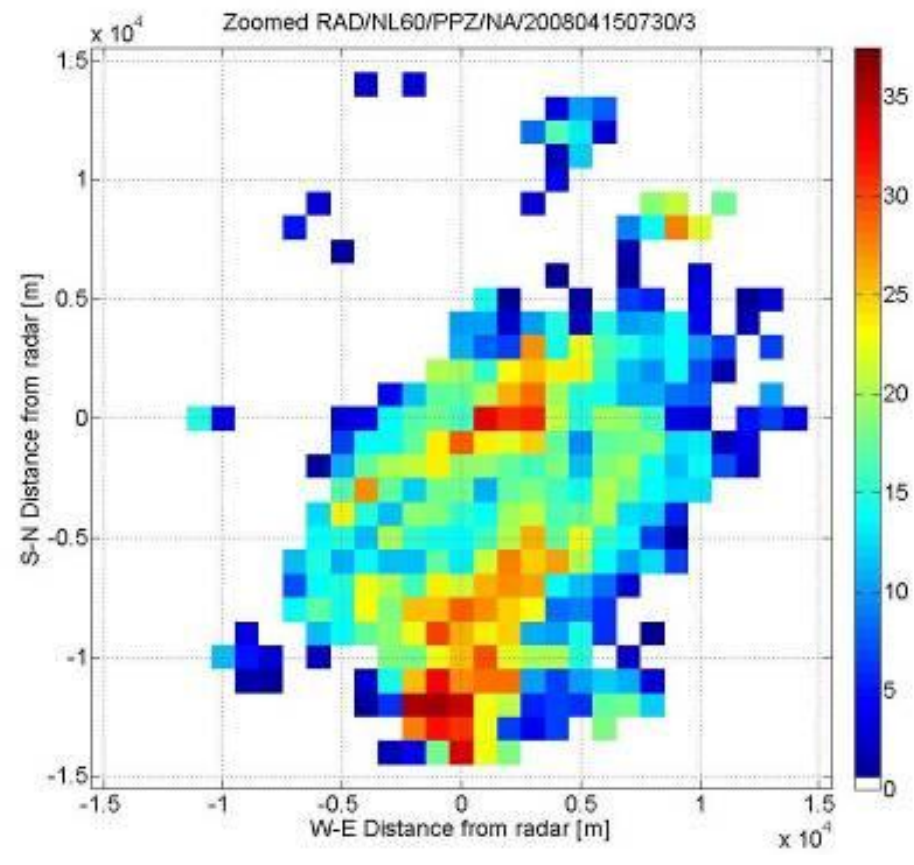
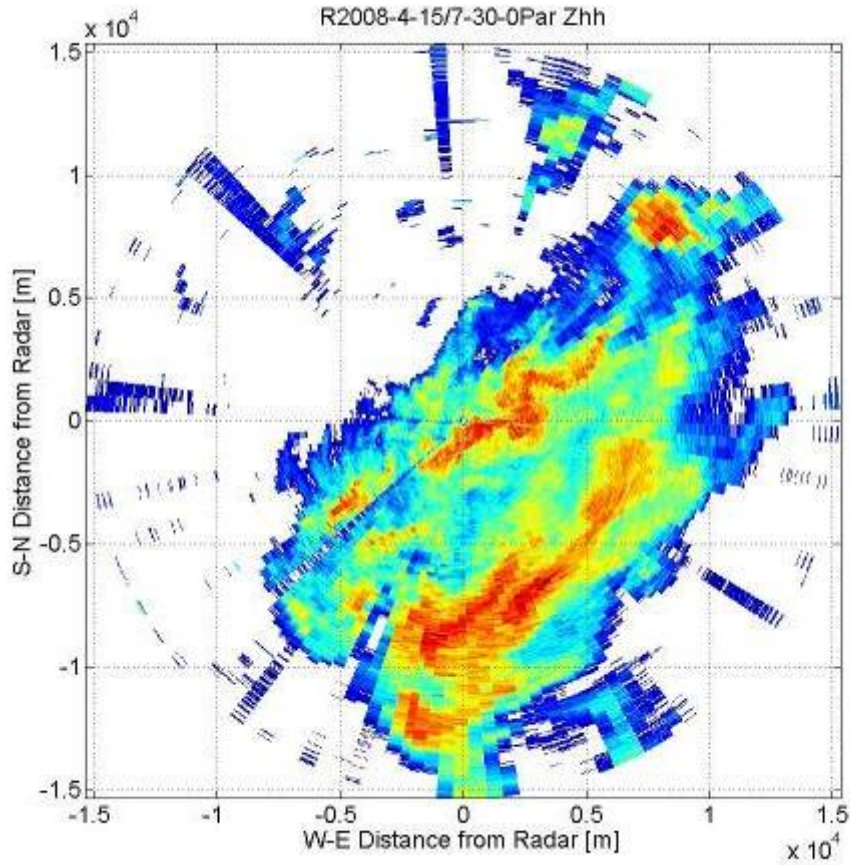
RAINGAIN IN DE STAD

De steden Rotterdam, Londen, Parijs en Leuven werken samen in het onderzoeksproject Rain-Gain om in kaart te brengen hoe regen precies valt in dichtbebouwde omgeving. „Het is opmerkelijk genoeg nog volledig onbekend hoeveel en waar regen valt in steden”, zegt projectleider Marie-Claire ten Veldhuis van de TU Delft. Om meer informatie te verzamelen schafte Rotterdam een regenradar aan

Telegraaf, 11 mei 2013

gegevens zorgen voor betere

Hoge resolution rainfall radar



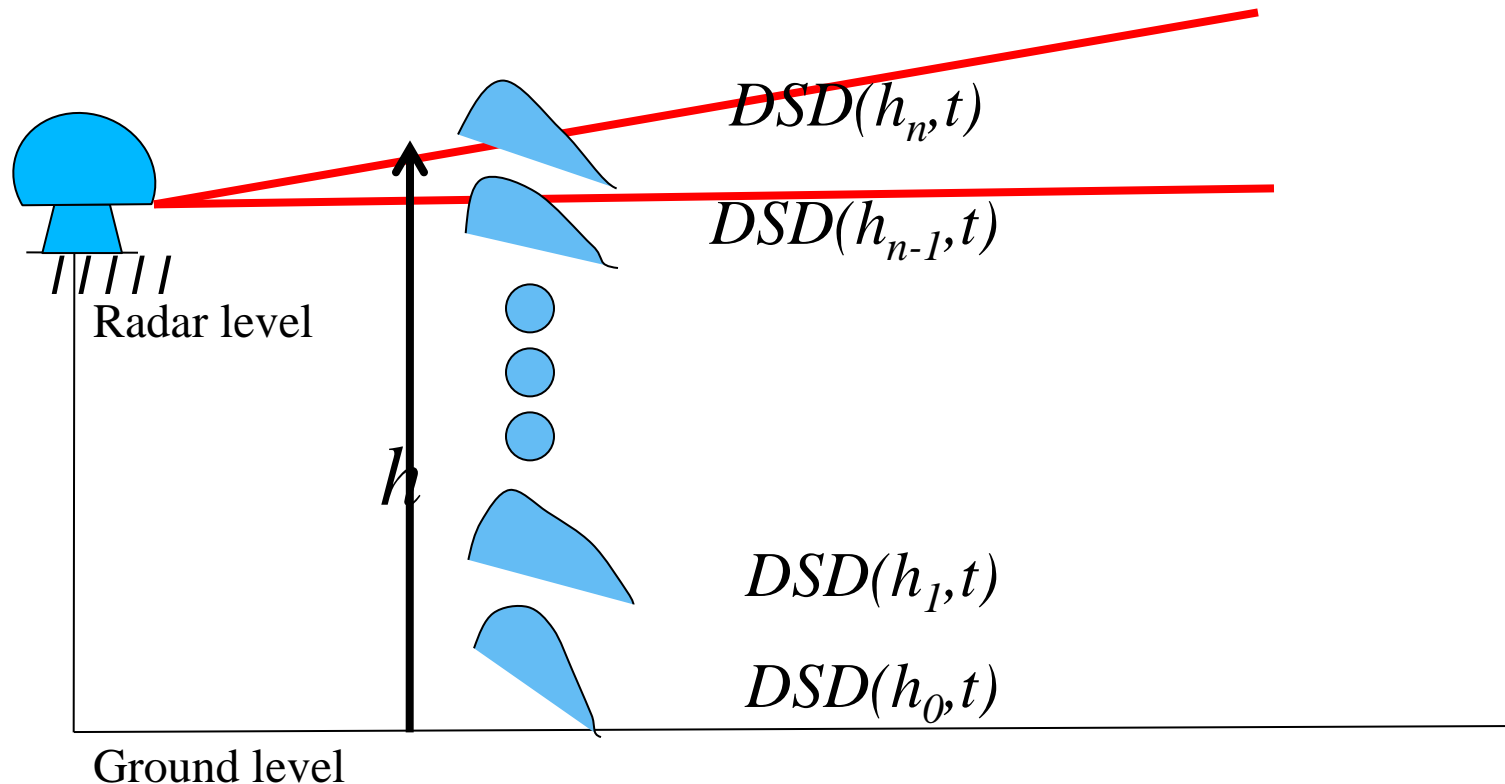
Example Cabauw: dual-polarimetric X-band radar

KNMI radar De Bilt (Courtesy KNMI)

DR= 30 m

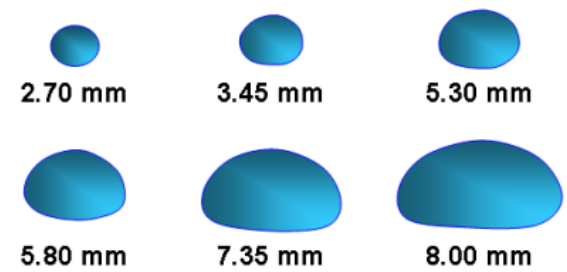
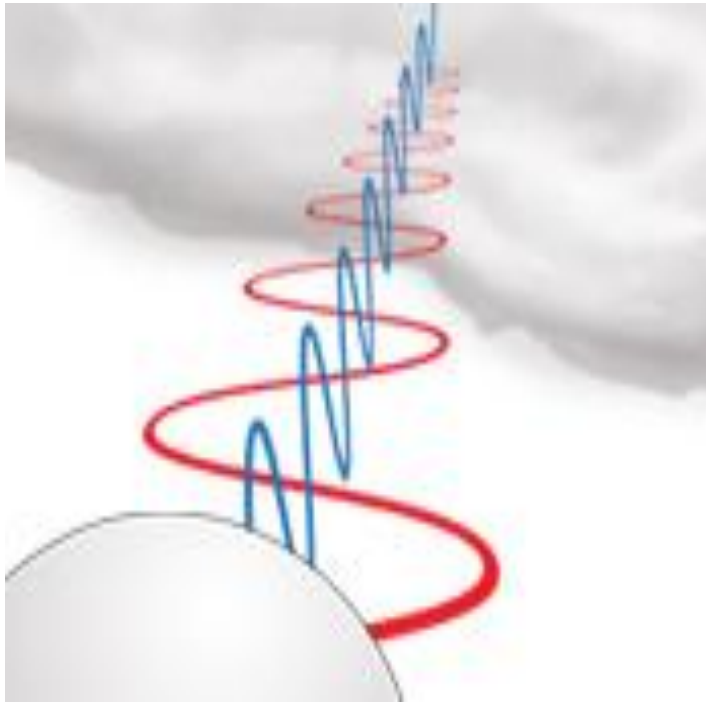
DR= 1 km

Radar Reflection → Precipitation volume: “Drop Size Distribution”



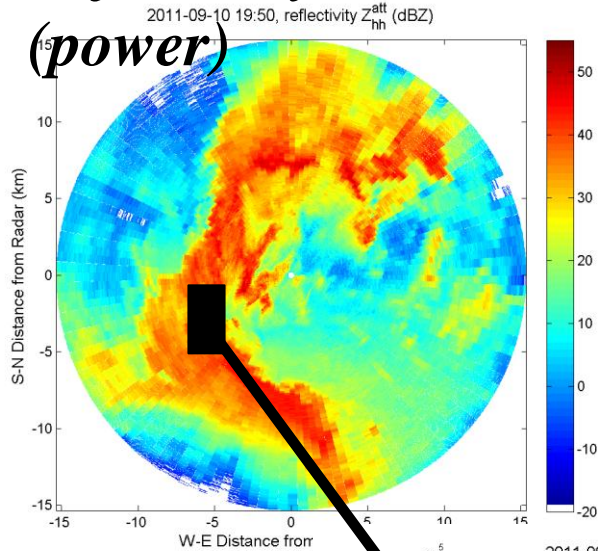
Radar: Dual Polarimetry

Polarimetric radar signal

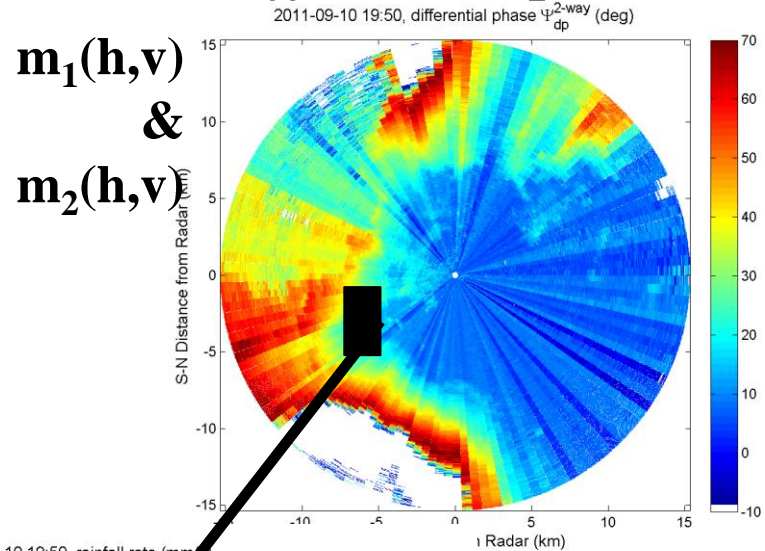


Combine: more accurate results

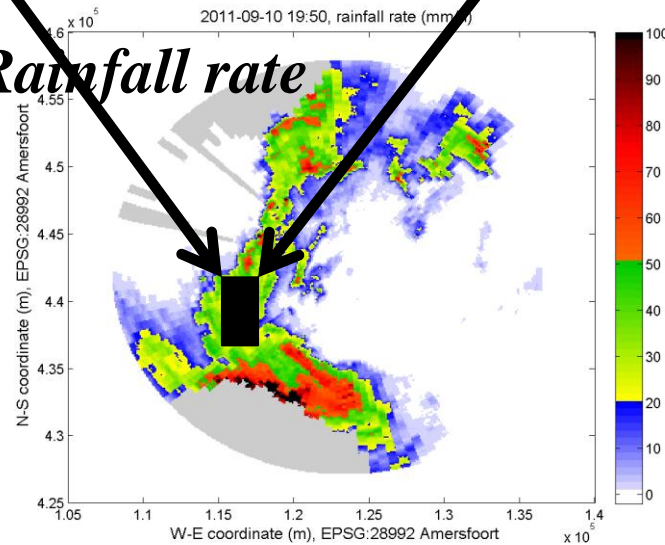
a) Reflectivity



b) Differential phase



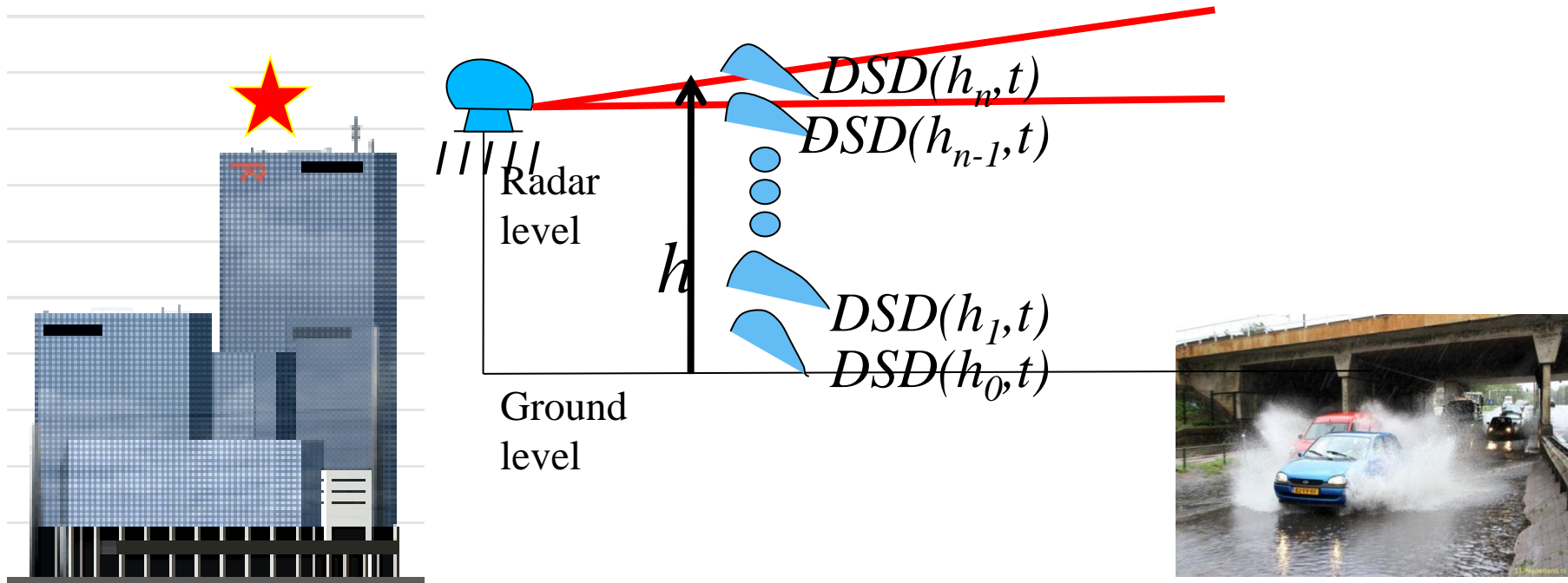
c) Rainfall rate



Radar height: 150 m

“ground truthing”: rain gauges

- What happens between 150 m height and the ground?
- How to compare: rain gauge 0.2 m^2 vs radar pixel $30\text{m} \times 30\text{m}$

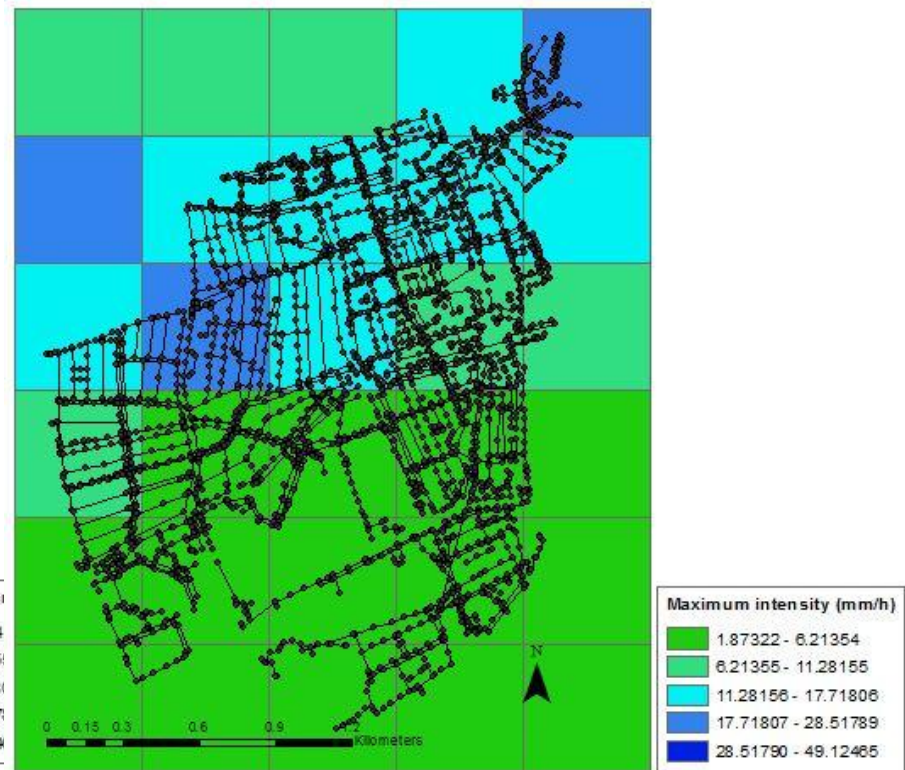
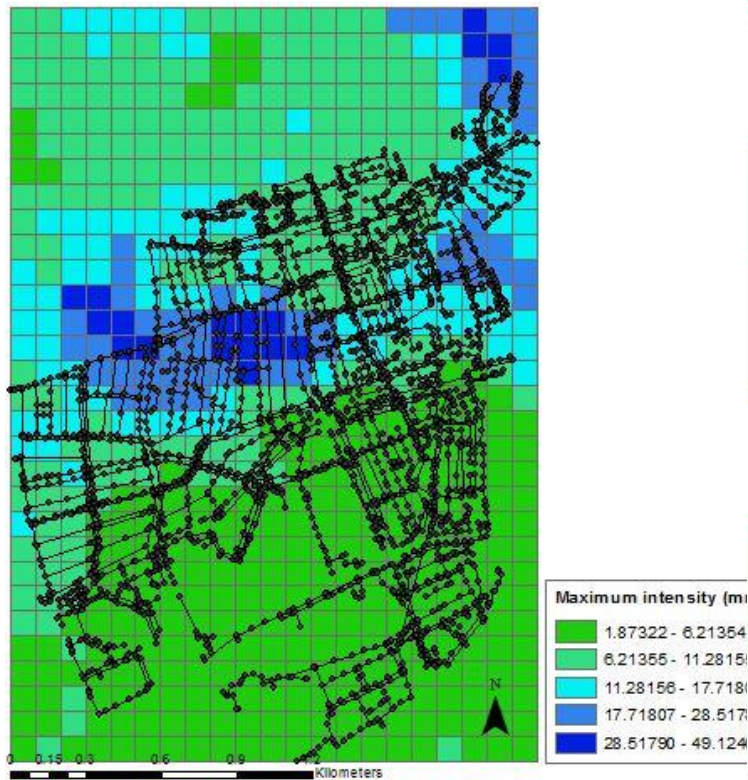


Spatial resolution comparison

Rainfall- maximum intensity map

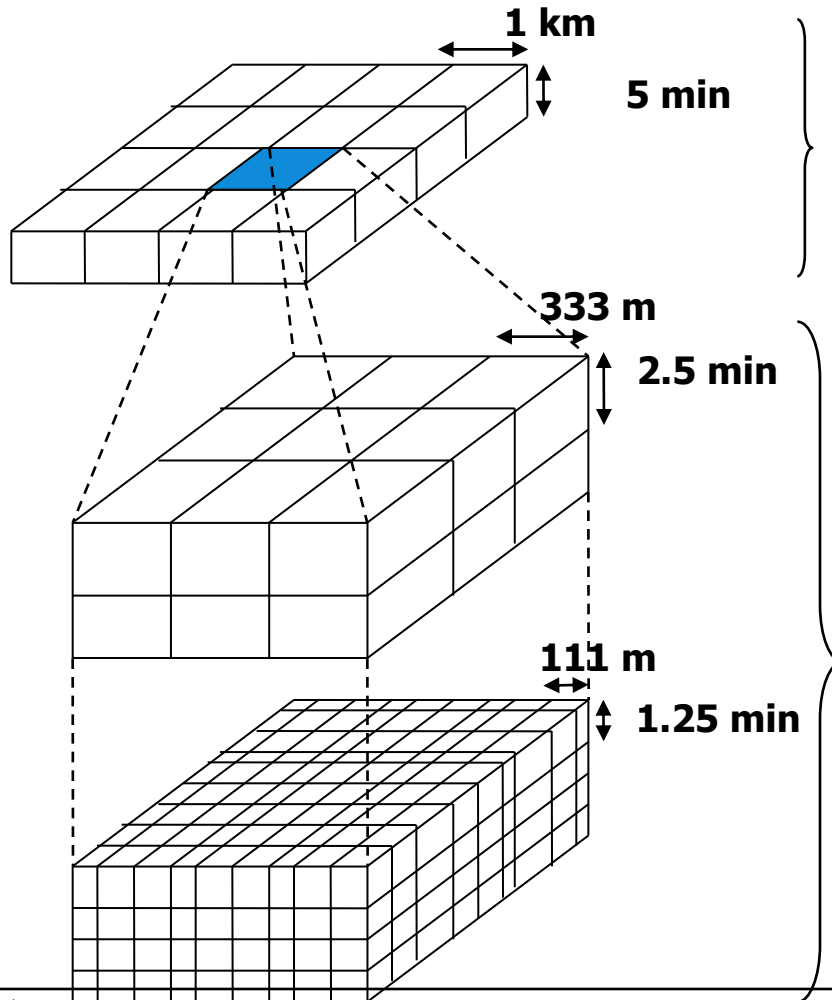
X-band radar 100 m

X-band radar 500 m



Rainfall spatial and temporal resolution

Effect of spatial and temporal resolution on variability



Principle of spatio-temporal downscaling

Effect of spatial and temporal resolution on variability

Example: effect of spatial upscaling/averaging: "area effect"

Rainfall radar measurement [mm/h]
50mx50m resolution

➤ **Calculate:**
100mx100m values
500mx500m values

0	0	1	0	5	1	0	2	0	1	0	0
0	0	2	0	2	0	2	5	1	0	2	0
2	2	5	15	10	30	10	5	2	5	0	1
1	2	15	10	20	60	30	20	10	2	5	0
1	1	20	30	50	20	10	30	5	0	0	1
0	1	30	60	50	90	50	30	10	5	0	1
0	40	60	90	70	10	60	10	2	1	0	0
10	10	30	40	10	30	15	5	0	0	1	2
0	10	5	20	20	10	2	0	2	1	0	1
5	3	1	5	10	2	0	1	0	0	2	0
0	0	0	5	2	0	0	0	2	1	0	0
0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0

Effect of spatial and temporal resolution on variability

0	0.8	2	2.3	0.5	0.5
1.8	11	30	16	4.8	1.5
0.8	35	53	30	5	0.5
15	55	30	23	0.8	0.8
4.5	9	11	0.8	0.8	0.8
0.5	1.3	1.3	0	0.8	0

Example: effect of spatial upscaling/averaging: "area effect"

Rainfall radar measurement [mm/h]
100mx100m resolution

Effect of spatial and temporal resolution on variability

Example: effect of spatial upscaling/averaging: "area effect"

Rainfall radar measurement [mm/h]
500m x 500m resolution

13.6	
	0

Effect of spatial and temporal resolution on variability

Example: effect of spatial upscaling/averaging: "area effect"

Rainfall radar measurement [mm/h]
100mx100m resolution

Max: 67.5 mm/h

0	0,75	0,75	1,75	2	0,75	2,25	2	0,5	0,75	0,5	0
1	2,25	5,5	6,75	10,5	10,5	5,5	3,25	2	1,75	0,75	0,5
1,75	6	11,25	13,75	30	32,5	16,25	9,25	4,75	3	1,5	0,5
1,25	9,5	18,75	27,5	37,5	30	22,5	16,25	4,25	1,75	1,5	0,5
0,75	13	35	47,5	52,5	42,5	30	18,75	5	1,25	0,5	1
10,25	32,75	60	67,5	55	52,5	37,5	13	4,5	1,5	0,25	0,5
15	35	55	52,5	30	28,75	22,5	4,25	0,75	0,5	0,75	1
7,5	13,75	23,75	22,5	17,5	14,25	5,5	1,75	0,75	0,5	1	1,5
4,5	4,75	7,75	13,75	10,5	3,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5
2	1	2,75	5,5	3,5	0,5	0,25	0,75	0,75	0,75	0,5	0
0,5	0,5	1,25	2,25	1,25	0,25	0	0,5	0,75	0,25	0	0
1	1	0	1	1,5	0,5	0	0	0	0	0	0

Effect of spatial and temporal resolution on variability

Example: effect of spatial upscaling/averaging: "area effect"

Rainfall radar measurement [mm/h]
100mx100m resolution

Max: 67.5 mm/h

0	0,75	0,75	1,75	2	0,75	2,25	2	0,5	0,75	0,5	0
1	2,25	5,5	6,75	10,5	10,5	5,5	3,25	2	1,75	0,75	0,5
1,75	6	11,25	13,75	30	32,5	16,25	9,25	4,75	3	1,5	0,5
1,25	9,5	18,75	27,5	37,5	30	22,5	16,25	4,25	1,75	1,5	0,5
0,75	13	35	47,5	52,5	42,5	30	18,75	5	1,25	0,5	1
10,25	32,75	60	67,5	55	52,5	37,5	13	4,5	1,5	0,25	0,5
15	35	55	52,5	30	28,75	22,5	4,25	0,75	0,5	0,75	1
7,5	13,75	23,75	22,5	17,5	14,25	5,5	1,75	0,75	0,5	1	1,5
4,5	4,75	7,75	13,75	10,5	3,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5
2	1	2,75	5,5	3,5	0,5	0,25	0,75	0,75	0,75	0,5	0
0,5	0,5	1,25	2,25	1,25	0,25	0	0,5	0,75	0,25	0	0
1	1	0	1	1,5	0,5	0	0	0	0	0	0

Effect of spatial and temporal resolution on variability

Example: effect of spatial upscaling/averaging: "area effect"

Rainfall radar measurement [mm/h] **500mx500m resolution**

Max: 14.09 mm/h

NB: values distorted by missing values along edges

13,61	13,52	12,89	12,44	10,63	8,61	5,83	3,42	1,58	1,03	0,80	0,60
13,61	13,52	12,89	12,46	10,58	8,60	5,83	3,42	1,63	1,03	0,80	0,60
13,54	13,43	12,78	12,36	10,46	8,47	5,67	3,26	1,55	0,97	0,70	0,60
14,09	13,99	13,28	12,77	10,75	8,57	5,87	3,33	1,50	0,85	0,72	0,56
13,73	13,56	12,79	12,18	9,80	7,38	5,21	2,83	1,16	0,67	0,50	0,63
13,30	13,13	12,24	11,60	9,13	7,08	4,86	2,20	1,11	0,71	0,50	0,57
10,08	9,88	8,85	8,06	5,73	3,83	3,00	1,03	0,63	0,50	0,50	0,50
5,24	5,00	4,56	4,27	3,05	2,23	1,17	0,72	0,60	0,53	0,60	0,60
2,80	2,73	2,38	2,47	1,84	0,89	0,50	0,50	0,56	0,42	0,38	0,25
1,40	1,30	1,13	1,22	0,96	0,43	0,33	0,40	0,42	0,33	0,33	0,00
0,75	0,75	0,65	0,72	0,50	0,29	0,25	0,30	0,38	0,17	0,00	0,00
0,50	0,50	0,30	0,33	0,38	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Effect of spatial and temporal resolution on variability

Example: effect of spatial upscaling/averaging: "area effect"

Resolution	Max value	Mean	STD
50mx50m	90	9.7	17.7
100mx100m	67.5	9.6	15.0
500x500m	14.1	4.2	4.9

NB1: values distorted by missing values along edges

NB2: rain gauge collector area 0.02-0.04 m² << radar pixel size

Rainfall data in cities - summary

Especially in urban areas: high temporal and spatial resolutions essential

Available rainfall measurement techniques:

Point measurements:

- Funnel: manual reading
- Rain gauge: tipping bucket, electronic rain gauge, optical rain gauge
- Disdrometers: measure drop size distribution

Spatial measurements:

- Ground-based radar: varying spatial resolutions and accuracies

Rainfall data in cities - summary

Available rainfall data, current practice:

- 1 rain gauge nearby (e.g. Delft: KNMI station R'dam Airport)
- Radar images 1kmx1km (merged images De Bilt/Den Helder radars)

Available temporal resolution:

- KNMI stations: 5 minutes, 33 stations in NL; 24 hours, 325 stations
other stations: local projects, weather amateurs: variable resolution
- KNMI Radar (=buienradar and others): 5 minutes

Rainfall record duration:

- KNMI stations: 10s of years
- other stations: months or a few years
- KNMI radar 1kmx1km since 2008



This project has received European Regional Development Funding through INTERREG IV B.



INTERREG IV B

RAINGAIN :

high resolution rainfall data for urban flood prediction

EU-project: 4 countries (B, F, NL, UK), 13 partners
Case studies: Leuven, London, Paris, Rotterdam

Rotterdam:

- High resolution X-band radar
- Rain gauge network
- High resolution DEM
- Urban drainage models incl 2D flooding

→ **Opportunities for traineeship and MSc research!**

