Research into the possible role of Nature Based Solutions in the Geul catchment

- *Precipitation and drainage analysis*
- *Opportunities for natural solutions*
- *Follow-up research*

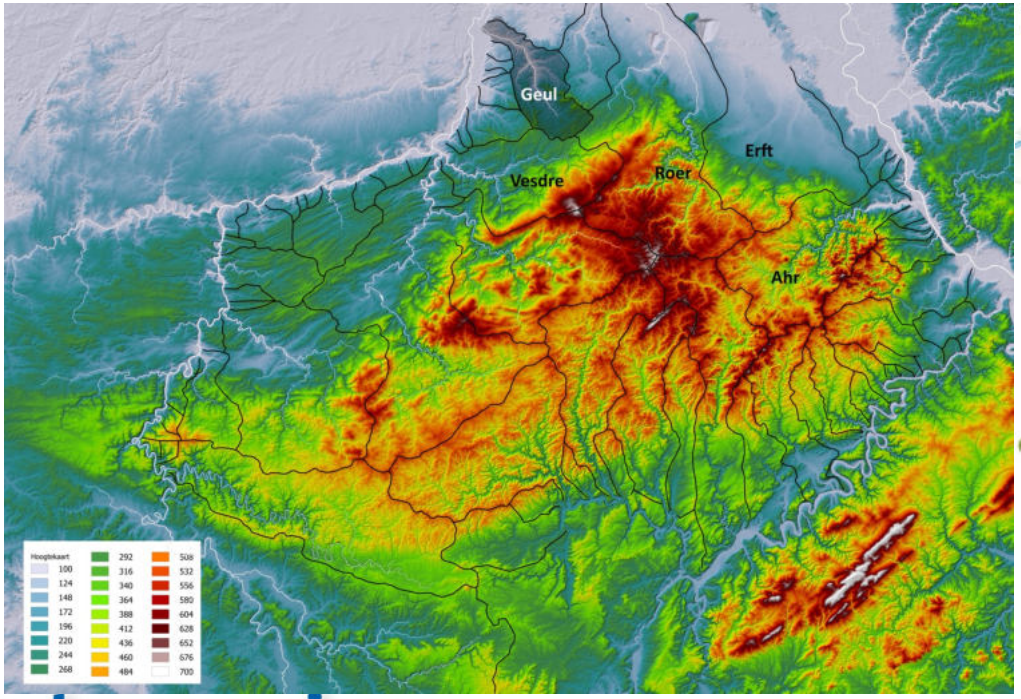
17 oktober 2022

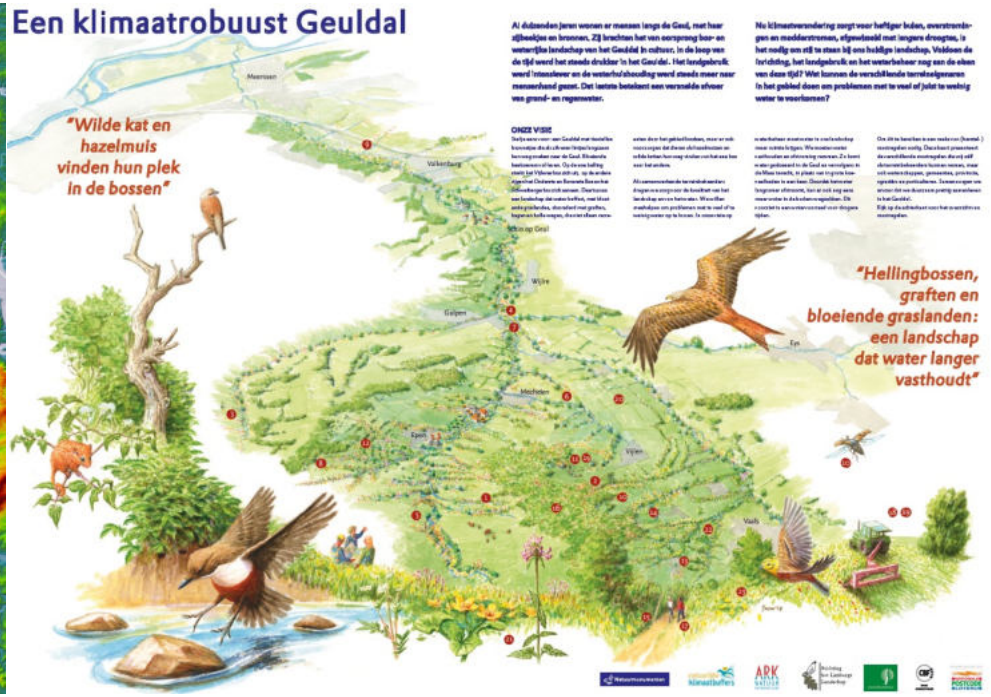
Foto Hettie meertens (Ark)

stroming

Involvement of NGO’s

- Disaster of unprecedented scale (in B, D and NL)
- Especially against the northern flank of the Ardennes-Eiffel
- Dutch NGO’s are involved in research into solutions
- Solutions also enhancing qualities (landscape & nature) of middle mountain areas
- NGO’s already investing in nature based solutions for > 5 years



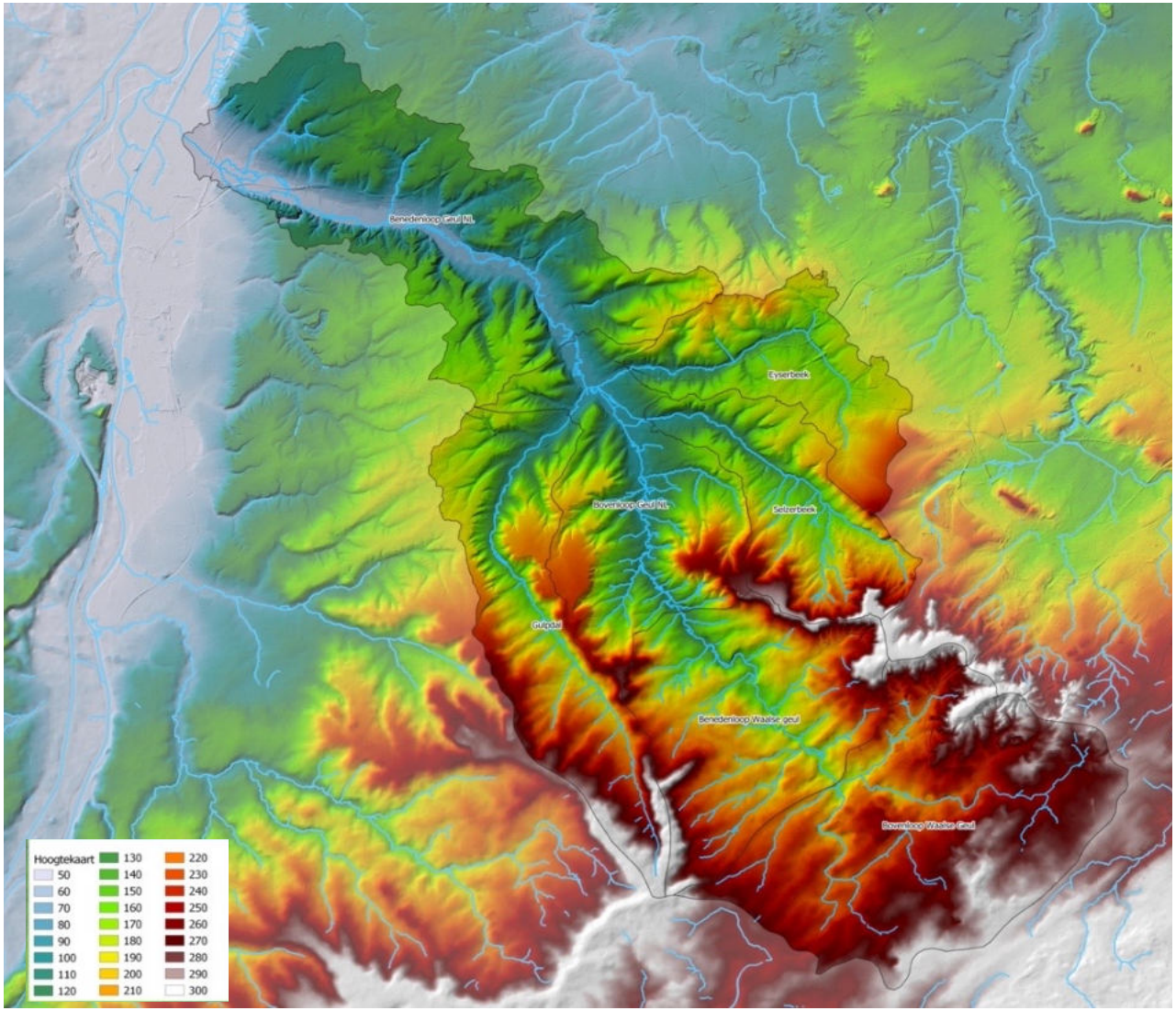


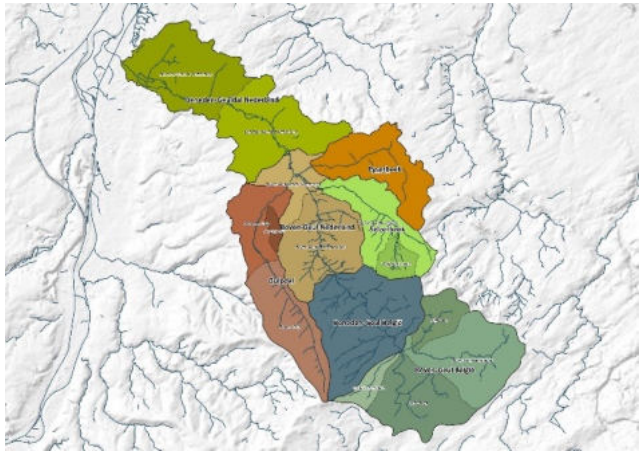
stroming

Objective and method

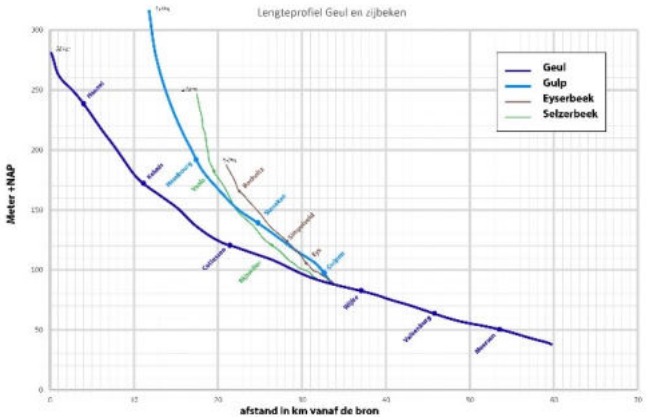
- Research question:
  - where did the water come from in juli ’21?
  - do nature based solutions also work in this situation?
- Combining knowledge about precipitation and drainage
- Collecting our own dataset
- Exploring the entire catchment area
- Initially without models

Geul catchment



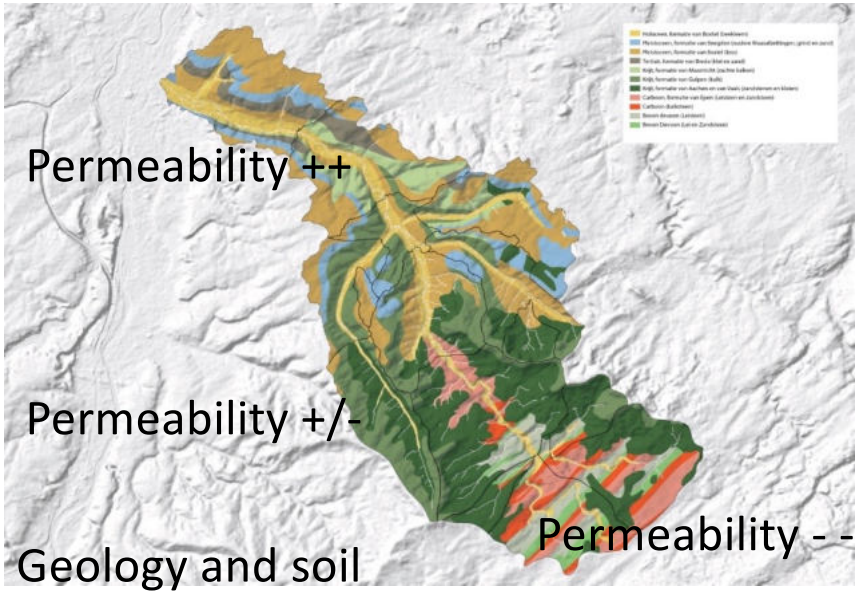


deelstroomgebied	lengte traject	oppervlakte	percentage
Boven Geuldal Wallonië	10,0	7.265	22%
Beneden Geuldal Wallonië	8,5	4.755	14%
Boven Geuldal Nederland	8,0	4.286	13%
Gulpdal	17,6	4.362	13%
Selzerbeek	10,0	2.845	9%
Eyserbeek	10,0	2.795	8%
Beneden Geuldal Nederland	17,0	7.072	21%
totaal	44,5 (Geul)	33.380	

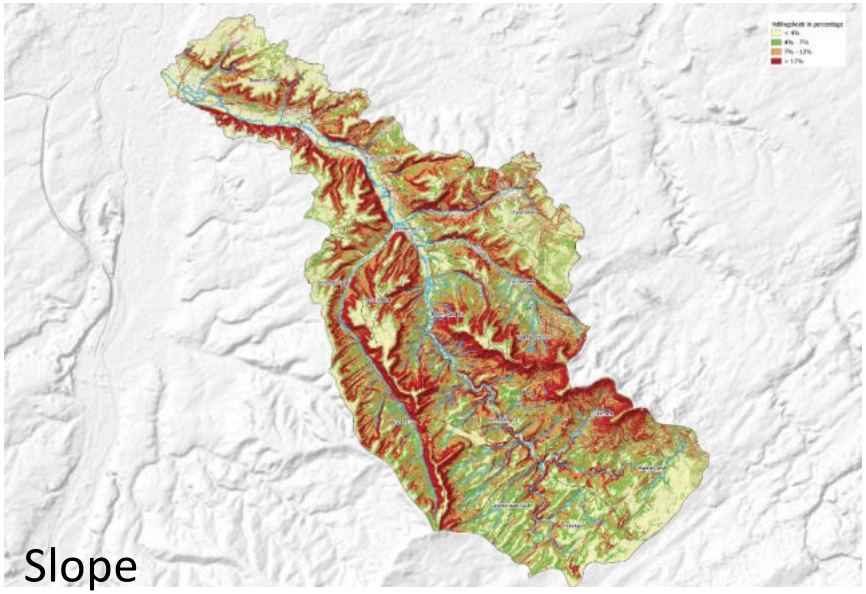


stroming

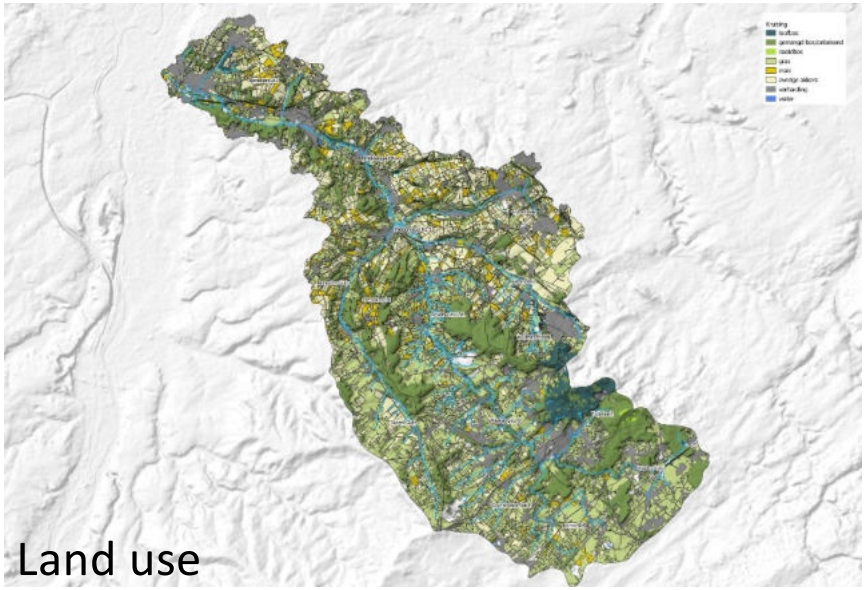
System analysis (cross border)



Geology and soil



Slope



Land use

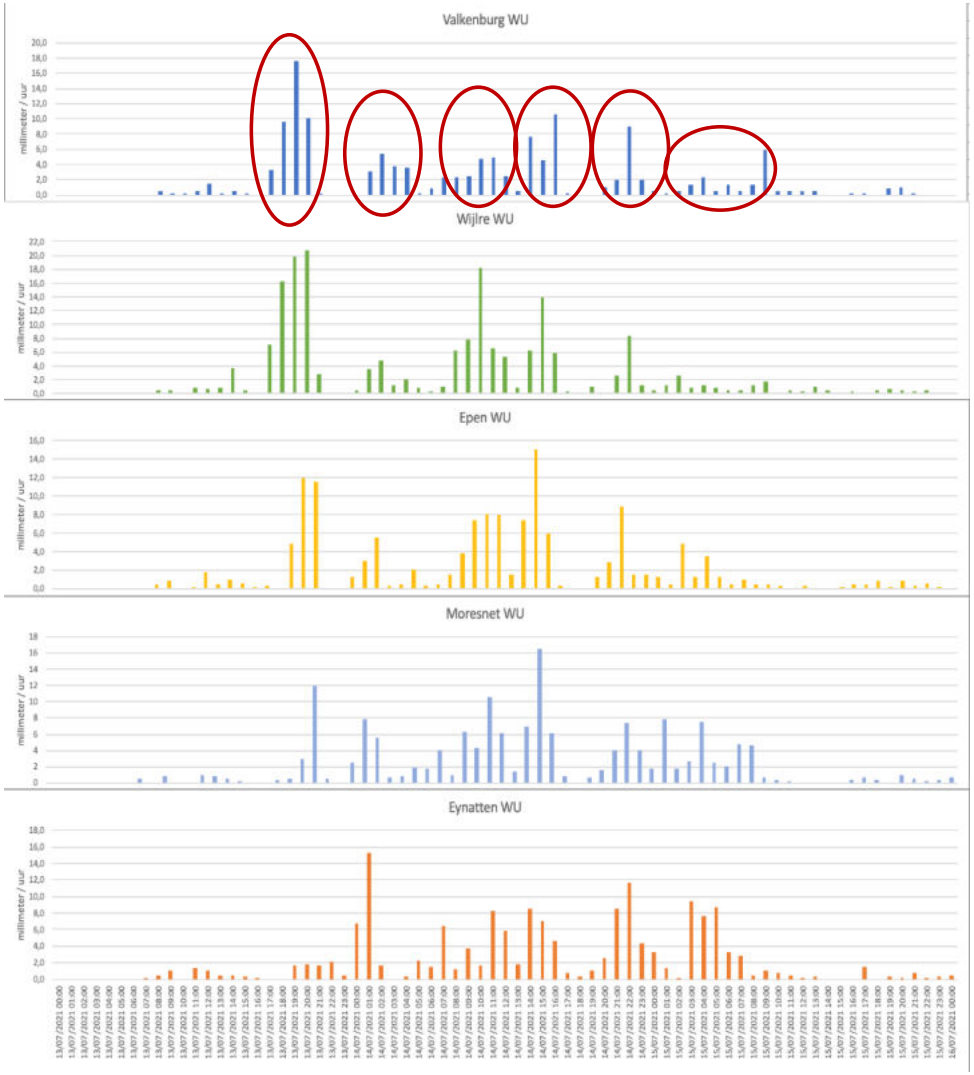
stroming

Main conclusions

1. Walloon part delivers the vast majority of discharge
2. Dutch sub-basins deliver little: buffer effect is high
3. Roads function as extended water system; great influence
4. Urbanized surface had a major influence
5. Floodplain (valley floor) caught a lot of water

Precipitation

	MAAS	BENEDEN GEULDAL					GULP				SELZERBEEK			EYSERBEEK		BOVEN GEUL NL			WAALSE GEUL BENEDEN			WAALSE GEUL BOVEN			
Date	Maastricht	Meerssen	Heerlen	Valkenburg	Ubachsberg	Wijlre	Gulpen	Slenaken	Remersdaal	Battice	Vaals	Vijlen	Aachen	Bocholtz	Eys	Gulpen	Mechelen	Epen	Hombourg	Gemmenich	Moresnet	Kelmis	Lanaken	Hauset	Eynatten
13/07/2021 00:00								0,3																	
13/07/2021 01:00																									
13/07/2021 02:00			0,2																						
13/07/2021 03:00																									
13/07/2021 04:00																									
13/07/2021 05:00																									
13/07/2021 06:00												0,3													
13/07/2021 07:00					0,2			0,5	0,5	0,7	0,3	0,2	0,1	0,3			0,3		0,5	0,3	0,5	0,5		0,3	0,2
13/07/2021 08:00	0,6	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,6	0,7		0,3	0,2	0,5	0,2	0,2			0,3	0,1	0,5
13/07/2021 09:00	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,7	0,5	0,3	0,1	0,7	1,0	0,7	0,5	1,8	0,7	0,5	0,8	0,5	0,5	0,8	0,3		1,4	1,0
13/07/2021 10:00	0,2	0,3	0,5	0,3				0,3		0,1			0,1				0,3					0,5	0,7		
13/07/2021 11:00	0,1	0,2	0,2	0,5	1,5	0,8	0,8				0,5	0,5	0,7	1,8	2	0,8	0,5	0,2		0,1		0,3	0,8	0,7	1,3
13/07/2021 12:00	2,0	1,5	2,8	1,5	1,5	0,7	1,0	1,3		0,2	2,8	3,5	2,6	2,5	1	1,0	2,0	1,8	1,1	1,3	1	1,1	1,5	1,3	1,0
13/07/2021 13:00	0,3	0,8	0,5	0,3	0,6	0,8	0,3	0,7	1,3	1,3	0,8	0,6	0,3	0,61	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	1,0	0,8	0,5	0,7	0,5	0,5
13/07/2021 14:00	2,0	2,0	0,7	0,5	1,5	3,8	4,0	2,0	1,2	1,2	0,5	1,0	0,3	0,2	1	4,0	1,2	1,0	1,0	0,9	0,5	0,2		0,3	0,5
13/07/2021 15:00	0,2			0,3	0,2	0,5	0,8	1,0	0,5	1,2	0,5	0,2	0,3	0,31	0,31	0,8	0,6	0,6	0,5	0,9	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3
13/07/2021 16:00									0,3	0,1	0,3	0,3						0,2	0,2	0,1			0,3		0,2
13/07/2021 17:00	2,0	2,8	2,8	3,3	11,1	7,1	2,8							1,2	6,1	2,8	1,0	0,3							
13/07/2021 18:00	6,0	6,9	7,9	9,7	25,1	16,3	15,2	2,8			0,2	0,2	0,2	0,81	11,6	15,2	1,1			0,1	0,3	0,2	0,5	0,3	
13/07/2021 19:00	4,0	1,1	16,5	17,6	2,6	19,8	14,2	1,7	0,5	0,2	6,1	9,2	12,3	14	21,3	14,0	11,0	4,8	1,1	2,5	0,5	0,8	0,5	2,0	1,6
13/07/2021 20:00	2,0	4,4	8,4	1,2	13,9	2,8	18,8	15,9	5,1	0,2	13,5	23,1	2,7	21,6	18,8	18,8	21,8	17,0	4,3	4,8	3	3,0	1,5	2,8	1,8
13/07/2021 21:00	0,6	0,5	1,5	0,3		2,8	5,1	14,8	11,3	1,0	2,8	1,8	0,2		1	5,1	6,6	11,6	9,6	3,9	13	12,0	2,3	11,7	1,7
13/07/2021 22:00	0,1	0,2	0,3						0,6	11,5									0,3		0,5	0,2	18,8	18,0	2,1
13/07/2021 23:00										1,5													0,5	0,3	0,5
14/07/2021 00:00					0,8	0,5	0,5	0,7	1,7	3,3	3,3	2,3	1,1	2,2	1	0,5	1,0	1,3	2,0	2,0	2,5	3,1	4,1	5,3	6,8
14/07/2021 01:00	2,0	2,8	3,3	3,5	3,8	3,6	2,8	3,1	4,3	6,0	6,1	4,1	4,7	6,6	3,6	2,8	3,8	3,0	4,3	3,8	7,9	7,6	9,1	9,9	15,3
14/07/2021 02:00	3,0	3,3	5,1	5,3	3,6	4,8	3,8	4,0	5,6	4,8	5,3	5,6	6,3	4,3	4,5	3,8	5,4	5,6	5,6	3,8	5,6	5,3	3,0	5,9	1,7
14/07/2021 03:00	3,0	4,8	5,4	3,8	2,5	1,3		0,3	0,8	1,2	1,6	0,7	1,2	1,6	0,81		0,2	0,3	0,5	1,1	0,7	1,8	0,6	0,2	
14/07/2021 04:00	1,0	3,1	4,3	3,6	2,6	2,2	0,8	0,5	1,0	0,8	0,5	0,3	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,5	1,8	2,3	0,9	0,3	0,2	0,8	0,3
14/07/2021 05:00	0,1		0,5	0,3	0,5	0,8	1,2	2,3	2,0	1,0	1,7	1,0	1,0	0,5	3,6	1,2	2,8	2,0	1,5	1,0	1,9	3,3	4,8	2,0	2,3
14/07/2021 06:00	0,1	0,2	0,5	0,8	0,2	0,3		0,2	0,6	1,7	1,3	0,2	0,2	0,2	0,2			0,3	0,8	0,8	1,8	2,5	2,6	1,8	1,5
14/07/2021 07:00	0,8	1,9	1,8	2,3	1,0	1,0	0,8	0,3	3,5	4,9	3,8	1,1	1,2	0,81	1,3	0,8	1,5	0,5	4,1	3,0	4,1	2,6	5,6	6,3	6,4
14/07/2021 08:00	2,0	2,1	2,3	2,3	3,8	6,3	4,8	3,3	0,3	2,8	1,3	2,5	1,4	3,3	3,8	4,8	3,0	1,5	0,2	0,4	1	0,7	2,0	1,3	1,2
14/07/2021 09:00	2,0	2,3	2,8	2,5	8,4	7,9	4,1	3,8	3,2	1,7	5,3	4,6	3,9	4	5,3	4,1	5,1	3,8	4,3	4,9	6,3	6,4	7,4	5,3	3,8
14/07/2021 10:00	4,0	3,5	4,3	4,8	11,2	18,3	18,3	11,1	4,5	5,7	4,9	6,6	5,0	5,9	7,4	18,3	8,9	7,4	6,6	4,0	4,4	2,5	2,5	1,3	1,6
14/07/2021 11:00	2,0	2,8	3,5	4,8	9,4	6,6	5,3	1,1	6,6	5,0	11,4	9,6	9,2	8,9	9,7	5,3	9,7	8,1	9,9	9,5	1,6	8,1	7,6	8,8	8,3
14/07/2021 12:00	2,0	1,8	2,8	2,5	5,3	5,3	4,3	7,3	1,7	6,4	5,6	5,4	5,6	3,3	7,1	4,3	8,3	7,9	7,4	5,6	6,1	6,1	6,8	7,0	5,9
14/07/2021 13:00	2,0	1,5	1,1	0,6	0,8	0,8	0,8	1,8	2,5	2,8	2,0	1,2	1,9	1,3	1	0,8	1,3	1,5	2,3	1,7	1,5	1,8	1,6	1,5	1,8
14/07/2021 14:00	4,0	2,3	7,6	7,6	9,1	6,3	5,3	7,4	8,5	2,5	12,2	9,7	7,8	12,1	9,4	5,3	1,4	7,4	7,9	6,7	6,9	7,6	6,1	8,1	8,6
14/07/2021 15:00	2,0	1,5	3,1	4,6	18,3	14,0	12,5	1,4	9,6	1,2	19,3	12,9	16,0	12,7	16,8	12,5	16,0	15,0	17,2	14,7	16,1	8,1	9,4	8,9	7,1
14/07/2021 16:00	5,0	3,8	17,0	1,7	5,0	5,8	6,3	7,0	9,1	14,0	6,6	7,4	5,2	3,91	5,8	6,3	8,4	6,0	7,9	5,5	6,1	5,1	6,1	4,7	4,6
14/07/2021 17:00	0,6	0,8	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5	0,3	1,2	0,3	0,3	0,5		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	1,5	1,1	0,7
14/07/2021 18:00										0,5	0,2											0,2		0,3	0,3
14/07/2021 19:00						1,0			0,1	0,2	0,1	0,5	0,5	0,3	0,2					0,5	0,7	0,8	0,8	0,2	1,0
14/07/2021 20:00	0,3	0,6	0,8	1,2	1,3		1,2		0,5	0,6	3,0	1,2	1,2	1,5	1,3	1,2	1,2	1,3	0,7	1,3	1,6	1,3	2,0	2,0	2,6
14/07/2021 21:00	1,0	1,3	2,3	2,3	3,1	2,6	2,1	2,0	2,3	2,0	8,0	5,0	4,6	5,91	2,81	2,1	2,6	2,8	3,1	3,9	4	6,3	4,1	13,7	8,6
14/07/2021 22:00	5,0	2,0	9,2	8,9	7,6	8,3	8,9	7,0	7,6	6,8	8,3	9,0	7,4	6,6	8,8	8,9	9,6	8,9	9,9	7,6	7,4	8,4	8,4	9,9	11,7
14/07/2021 23:00	2,0	1,0	3,3	2,3	0,5	1,3	0,7	2,5	4,6	4,5	4,9	2,1	3,4	2,31	1,3	0,7	2,1	1,5	3,3	3,0	4	3,3	5,6	7,9	4,3
15/07/2021 00:00	0,1		0,2	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	1,0	0,6	1,2	1,5	1,3	1,2	0,8	0,3	0,5	1,5	1,5	1,8	1,8	1,5	2,5	3,5	3,3
15/07/2021 01:00	0,6	0,5	0,5	0,3	4,6	1,3	1,0	1,0	1,1	0,9	6,6	2,8	4,4	4,3	1,8	1,0	1,2	1,3	3,3	3,5	7,8	7,6	8,4	3,6	1,3
15/07/2021 02:00	2,0	1,3	1,6	0,5	1,2	2,7	2,6	2,0	3,0	4,0	3,3	2,0	2,3	1,8	3,8	2,6	5,6	0,5	1,5	2,6	1,8	3,3	3,8	2,0	0,2
15/07/2021 03:00	0,2		1,5	1,3	0,8	0,8	0,2	0,5	1,8	1,6	1,5	2,8	1,3	1,5	1,2	0,2	1,6	4,8	2,1	2,0	2,6	1,5	2,0	4,6	9,4
15/07/2021 04:00	0,5		3,0	2,3	2,3	1,3	0,8	1,0	0,7	0,9	7,4	2,8	5,9	4,6	1,8	0,8	1,2	1,3	1,9	4,7	7,6	5,3	6,1	1,6	7,6
15/07/2021 05:00	0,8	0,8	0,8	0,5	2,0	0,8	0,3	1,5	3,9	1,8	2,5	1,8	2,3	2,5	2	0,3	3,3	3,5	3,4	3,0	2,5	3,3	6,4	7,4	8,7
15/07/2021 06:00	2,0	1,2	1,5	1,3	2,8	0,5	0,7	0,7	1,2	0,8	4,6	2,8	2,4	1,6	2,1	0,7	1,6	1,3	2,2	1,8	2,1	2,0	2,3	4,6	3,3
15/07/2021 07:00	0,6	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5		0,7	1,3	0,8	3,3	1,8	2,8	2	0,71		0,5	0,5	1,1	3,2	4,8	3,1		1,5	2,8
15/07/2021 08:00	0,6	0,6	0,3	1,3	2,1	1,2	1,3	0,7	0,8	0,7	5,9	1,7	4,0	3,5	1,1	1,3	1,5	1,0	1,2	4,0	4,6	2,0	2,7	1,0	0,5
15/07/2021 09:00	4,0	2,2	3,3	5,9	1,5	1,8	1,3	2,5	1,0	0,9	0,5	0,3	0,7	0,31	1,5	1,3	0,7	0,5	1,0	0,7	0,7	1,0	1,8	1,3	1,0
15/07/2021 10:00	0,2		0,2	0,5	0,2			0,6	0,5	1,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2		0,3	0,5		0,1	0,3	0,3	1,0	0,7	0,8
15/07/2021 11:00	0,6	0,8	0,8	0,5	0,3	0,5	0,2		0,7	0,8	0,3		0,3		0,5	0,2	0,5	0,3	0,5	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,5
15/07/2021 12:00	0,7	0,5	0,3	0,5		0,3		0,1	0,3	0,5	0,2	0,2	0,1										0,5		0,2
15/07/2021 13:00	0,1		0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,1	0,2	0,4				0,23	0,31	0,5	0,3	0,3					0,2	0,3	0,3
15/07/2021 14:00	0,1	0,3			0,2	0,5	1,1	1,2		1,9			0,1			1,1	0,2						0,3	0,2	
15/07/2021 15:00			0,2							0,3	0,3	0,3	0,4				0,3			0,1		0,5	0,5		
15/07/2021 16:00	0,2	0,2		0,3	0,3	0,3	0,6		0,6	0,5	0,2	0,5	0,1			0,6	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,6	0,3	
15/07/2021 17:00	0,2	0,3		0,3	0,5			0,1	1,2	0,6	2,1	1,0	0,7	1,5	0,81		0,5	0,5	1,3	0,6	0,7	1,5	0,7	0,7	1,5
15/07/2021 18:00	1,0	1,0	0,8		0,3	0,5		0,2	0,5	0,7	0,2	0,2	0,3		1,5		0,8	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3		
15/07/2021 19:00	0,3	0,2	0,2	0,8	0,5	0,7		0,2	1,0	0,3	0,3	1,6	0,1		1		1,0	0,8	1,9				1,2	0,3	0,3
15/07/2021 20:00	0,2	0,5	0,5	1,1	0,2	0,5	1,2	0,1	0,6	1,2	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	1,2	0,3	0,2	0,2	0,6	1	1,3	1,0	0,5	0,2
15/07/2021 21:00	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		0,1	0,7	1,0	0,5	0,5	0,4	0,5	0,61		0,7	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5	0,9	0,8	0,8
15/07/2021 22:00			0,3		0,5	0,5	0,8	0,2		0,9	0,3	0,2	0,4	0,31	0,5	0,8	0,8	0,3	0,5	0,2	0,2	0,3	0,7	0,3	0,2
15/07/2021 23:00									0,8	0,7	0,3		0,2				0,2	0,6	0,3	0,2	0,3	0,3	0,8	0,2	0,3
16/07/2021 00:00										0,8	0,5	0,5	0,2					0,1	0,7	0,6	0,6	0,8	1,0	0,5	0,5

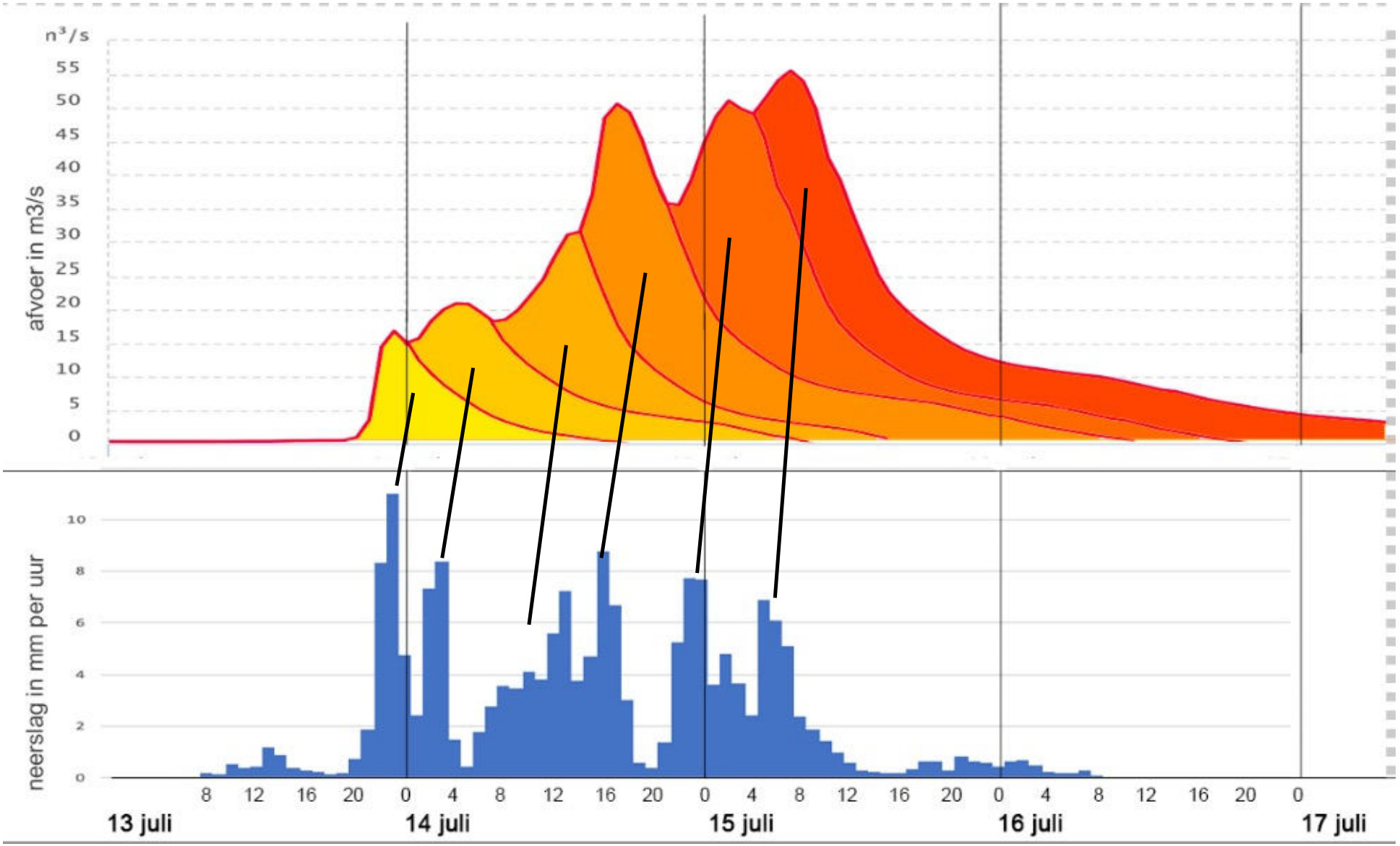


25 stations spread over the catchment, downstream (left) to upstream
Rainfall dissected into 6 periods that recur almost everywhere

Intensity:
mostly 5 – 10 mm, up to 20 mm
NB heavy shower: 60 up to 120

stroming

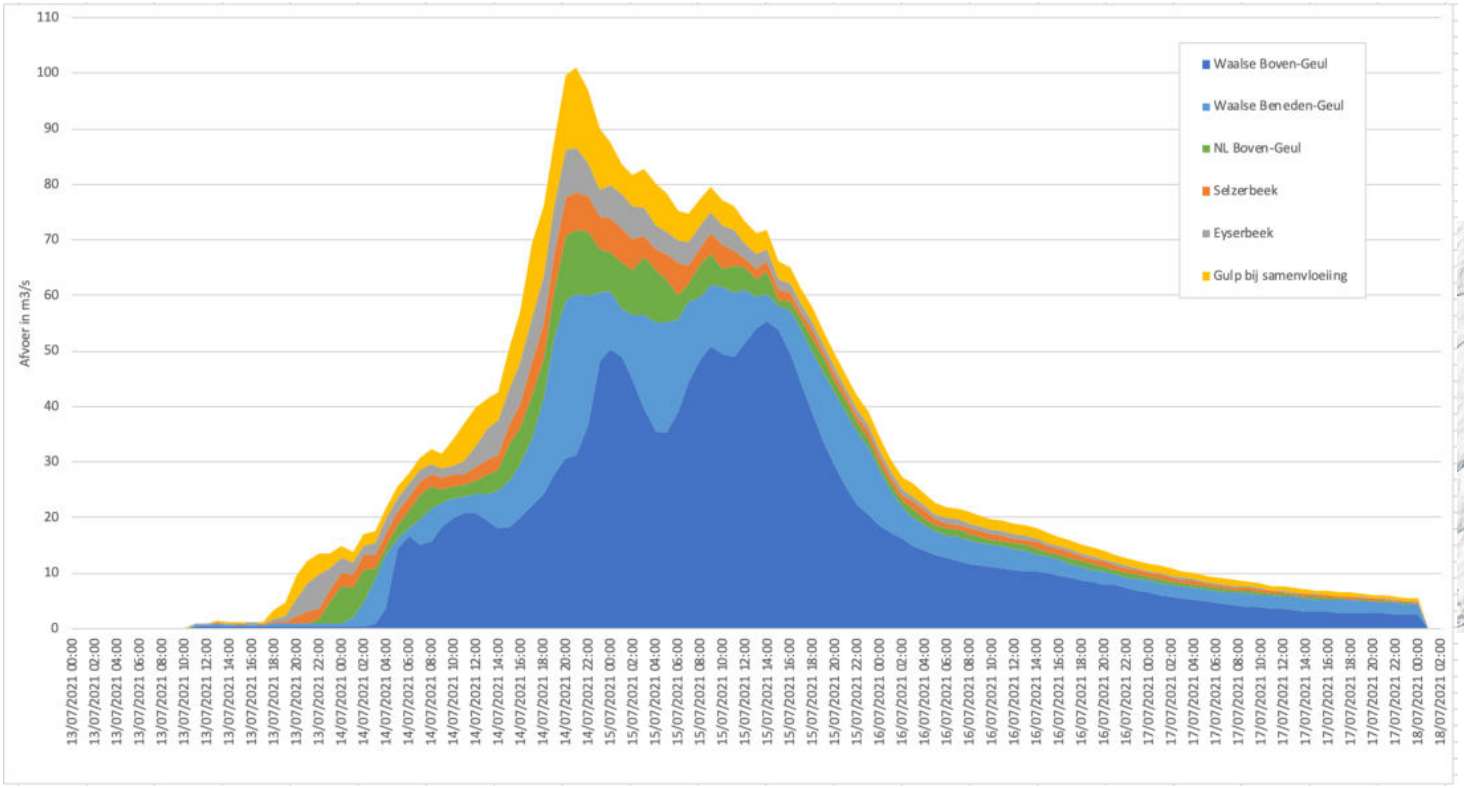
Upstream Wallonia (Kelmis)

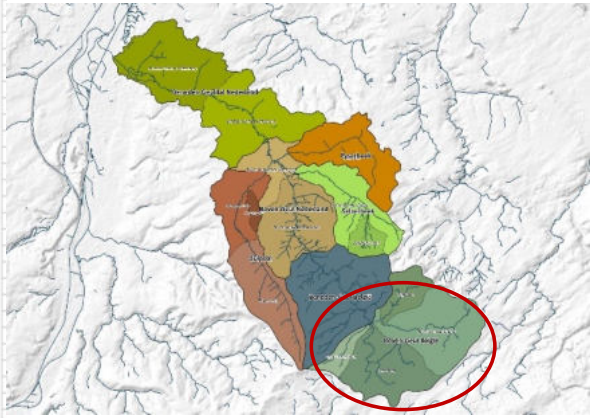


similar for other sub-catchments

stroming

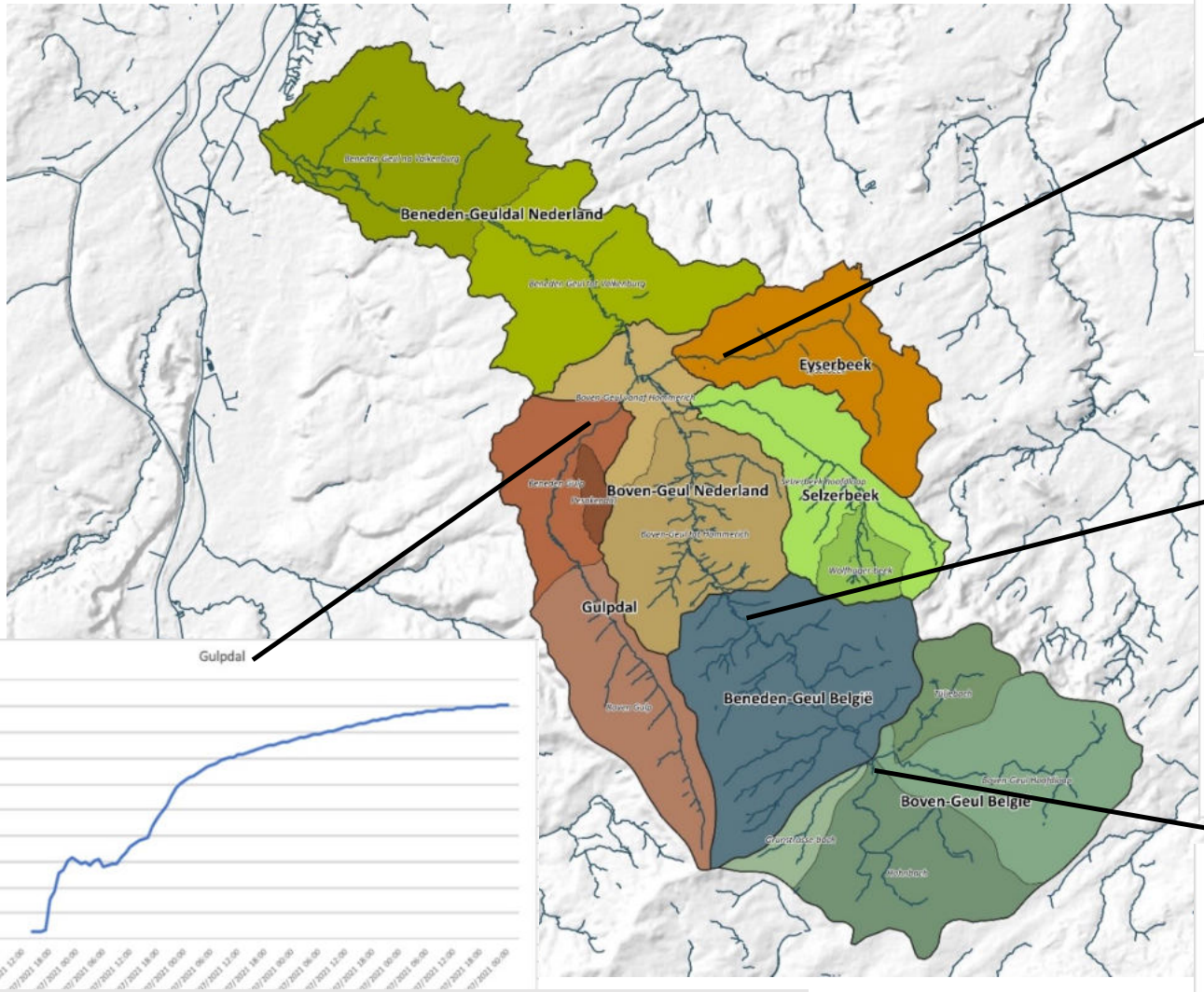
Wallonia major contributor

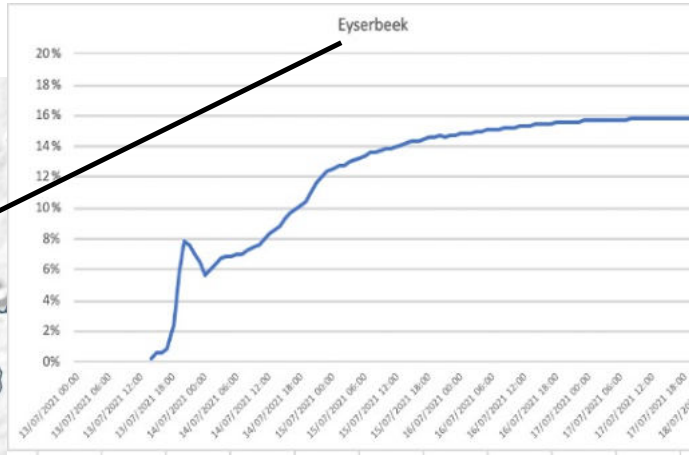




Simply the sum of all discharges at Wijlre (taking in account the duration, not the flattening of the peak)
From Wallonia (blue): during the first peak 60%, during the second peak 75%
With in Wallonia most water comes from the upstream part (dark blue)

percentage of precipitation discharged

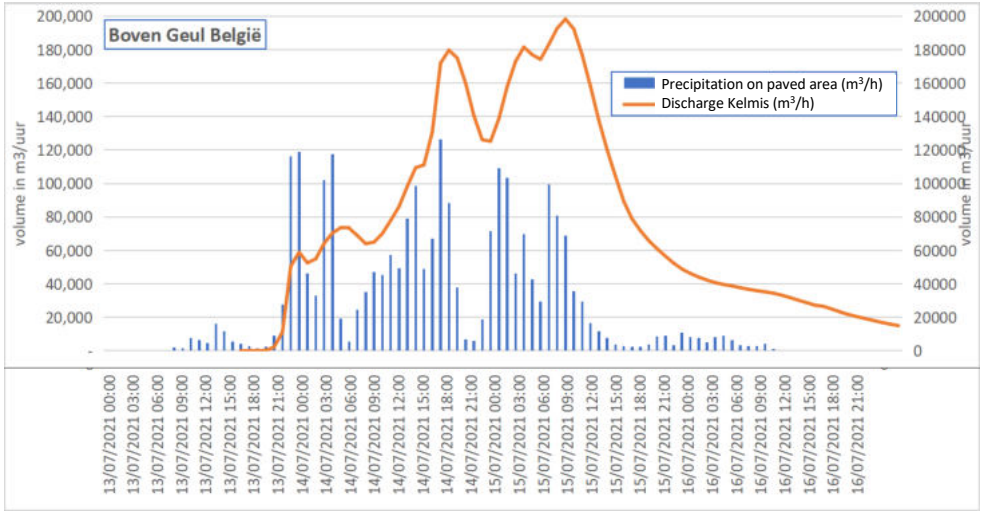




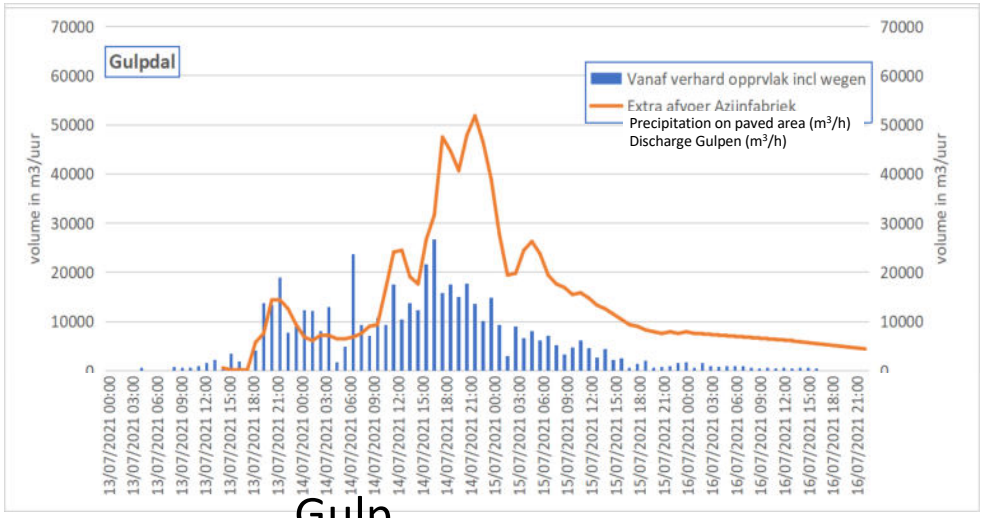
- Upstream Wallonia: rises fast to 40, later 50%
- Downstream Wallonia: rises to 30%
- Gulp: 18%, Eyserbeek: 16%
- Storage during the event: Wallonia 50-70%, NL 80-85%

stroming

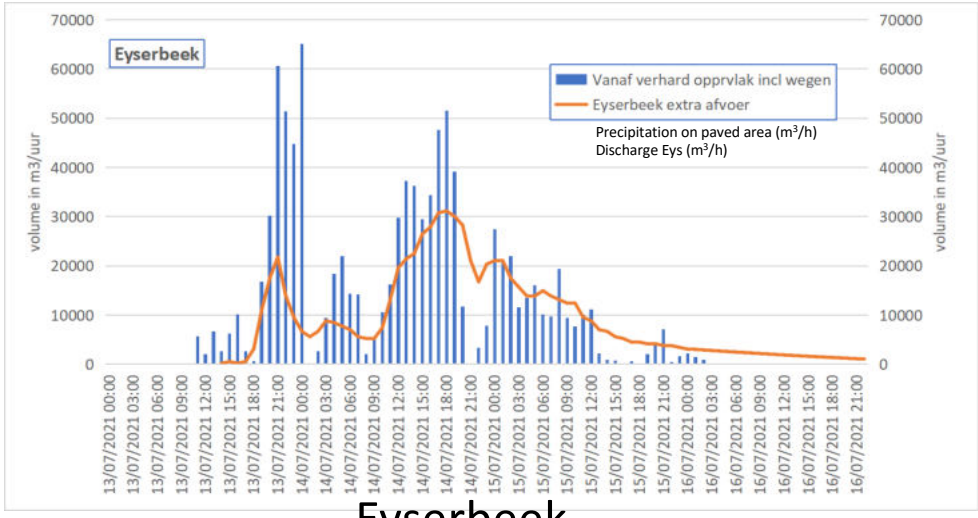
Discharge from urban areas and roads



Wallonia – upper part



Gulp



Eyserbeek

Total precipitation on paved surface (blue)
In the beginning it explains the whole discharge
Later it becomes less due to 'slower' water
Proportion of runoff from urbanized areas
Differences between the sub-catchment

stroming

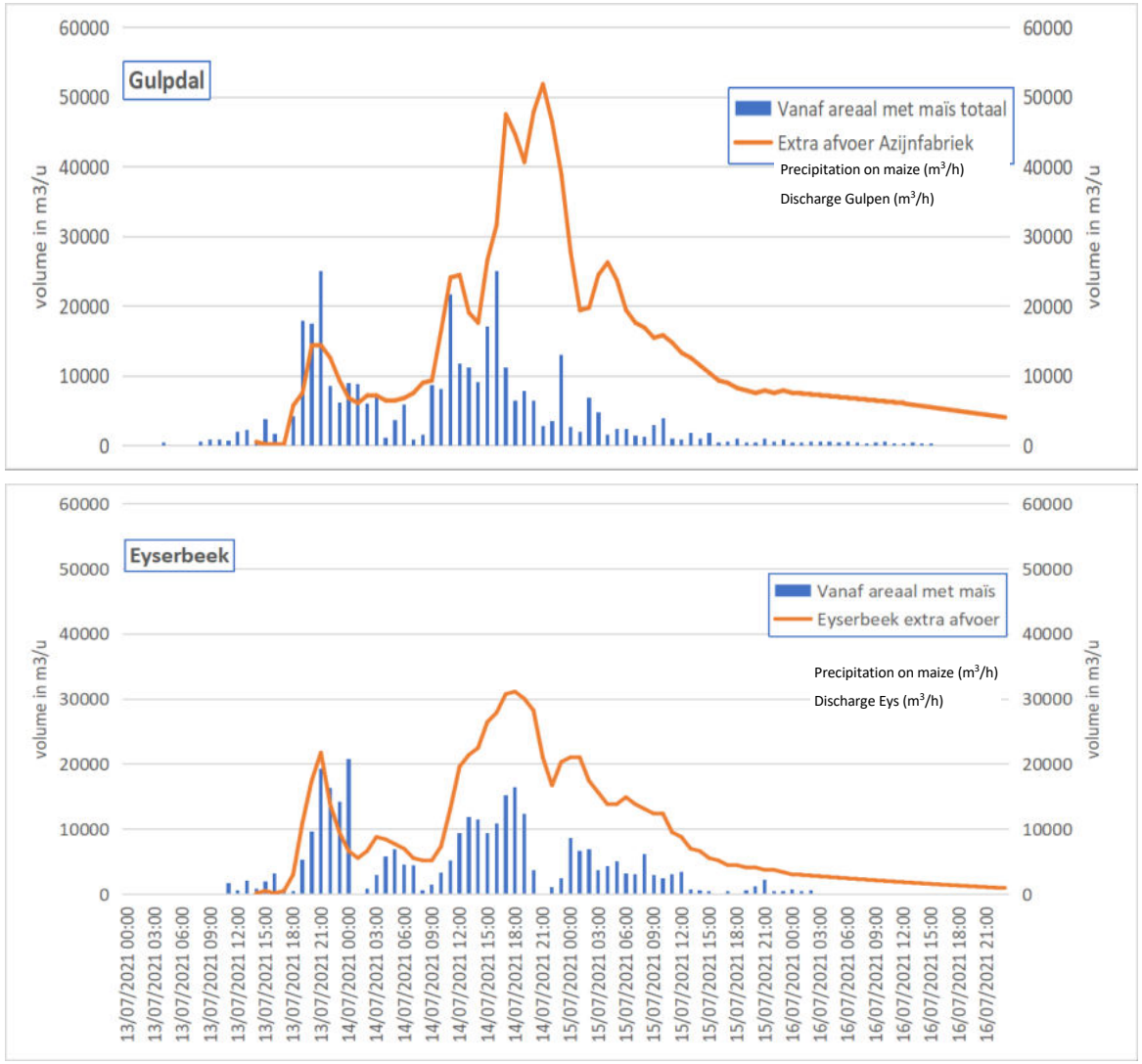
Roads as extension of the watersyster

Roads become waterways
Most in Selzerbeek en Eyserbeek

Roads as extension of the watersyster

Roads become waterways
Most in Selzerbeek en Eyserbeek

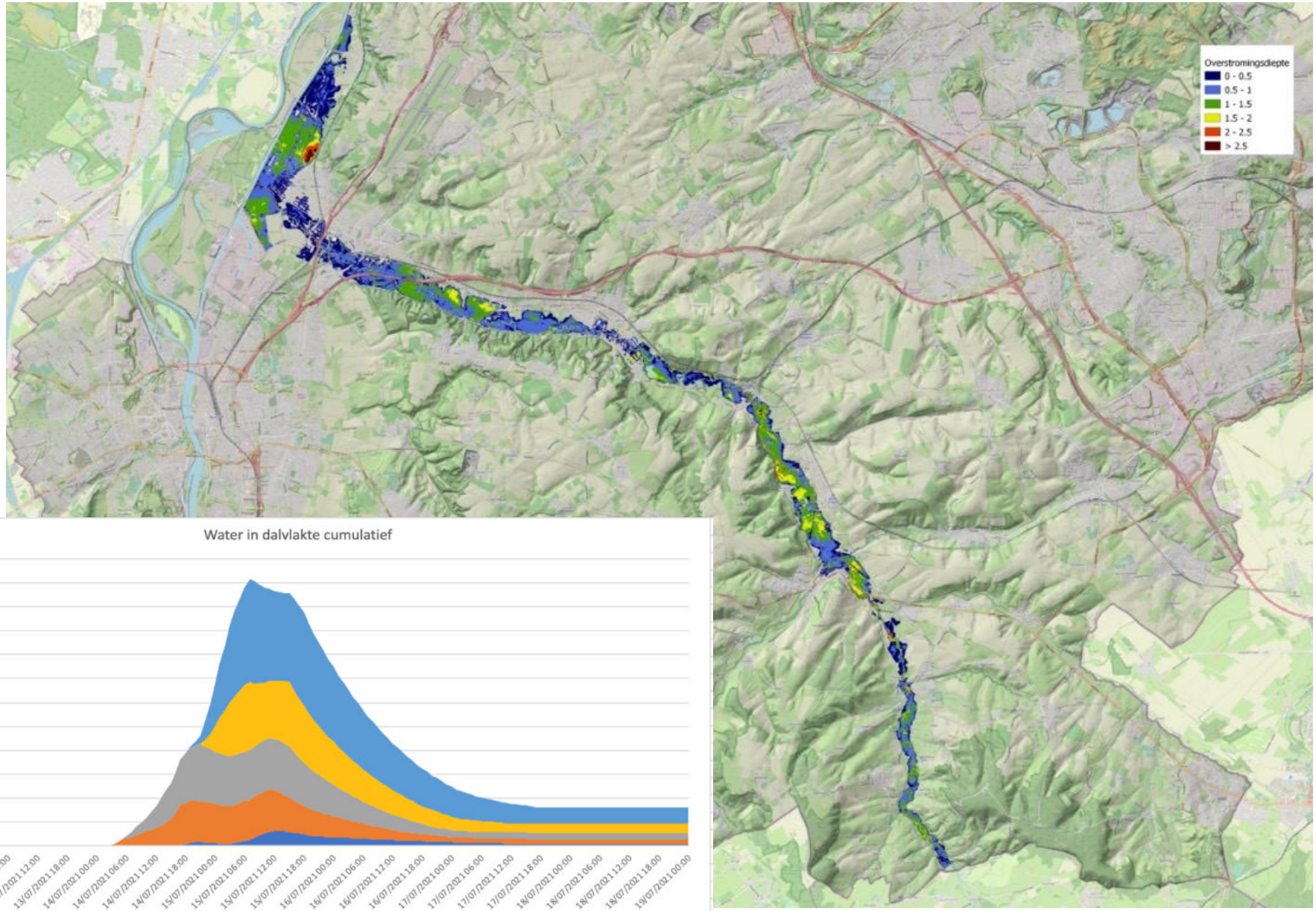
Discharge from maize fields

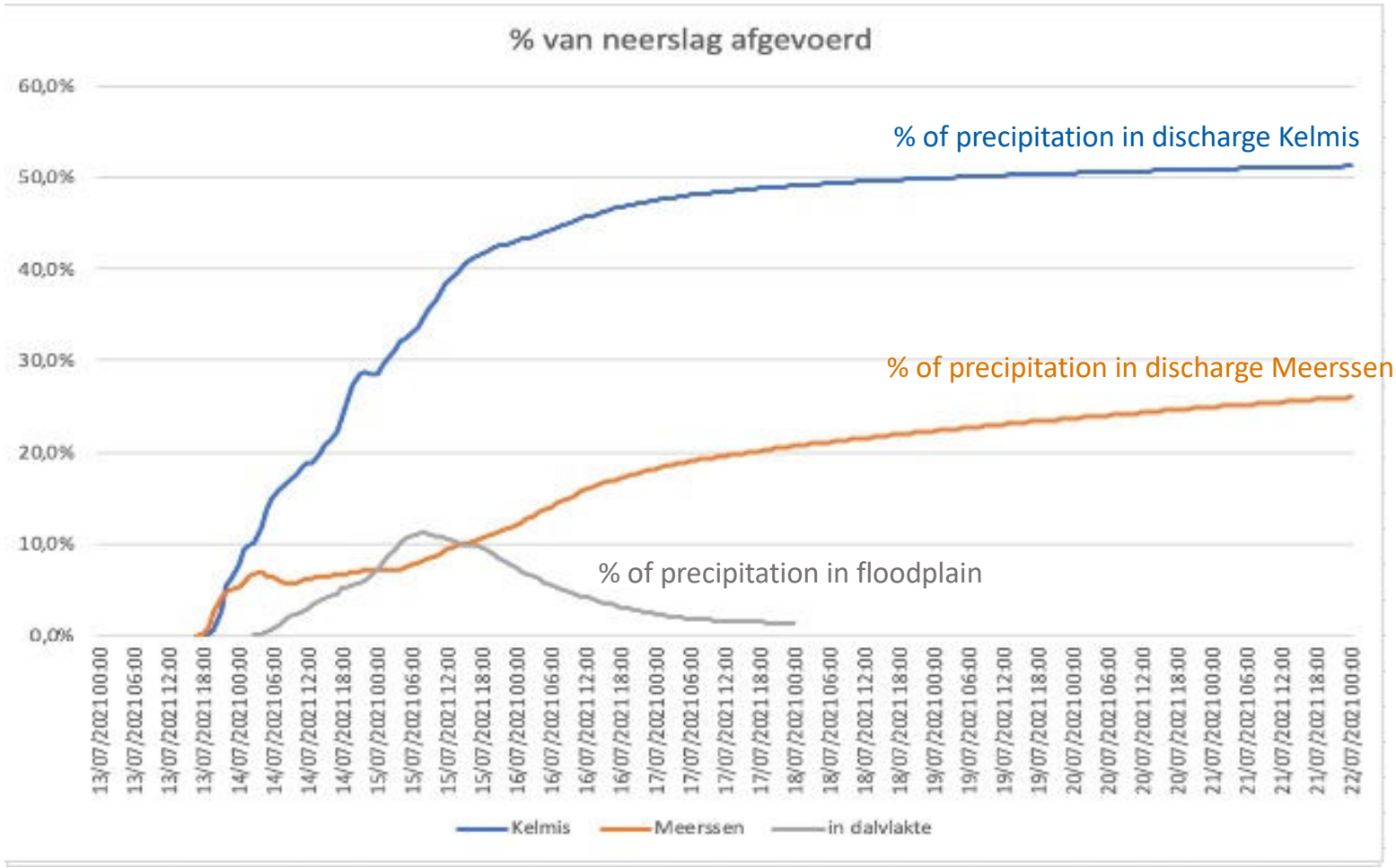


Idem for the proportion of runoff from maize fields
Rainfall intensity exceeds infiltration capacity; especially in maize fields
Total precipitation on maize fields (blue)

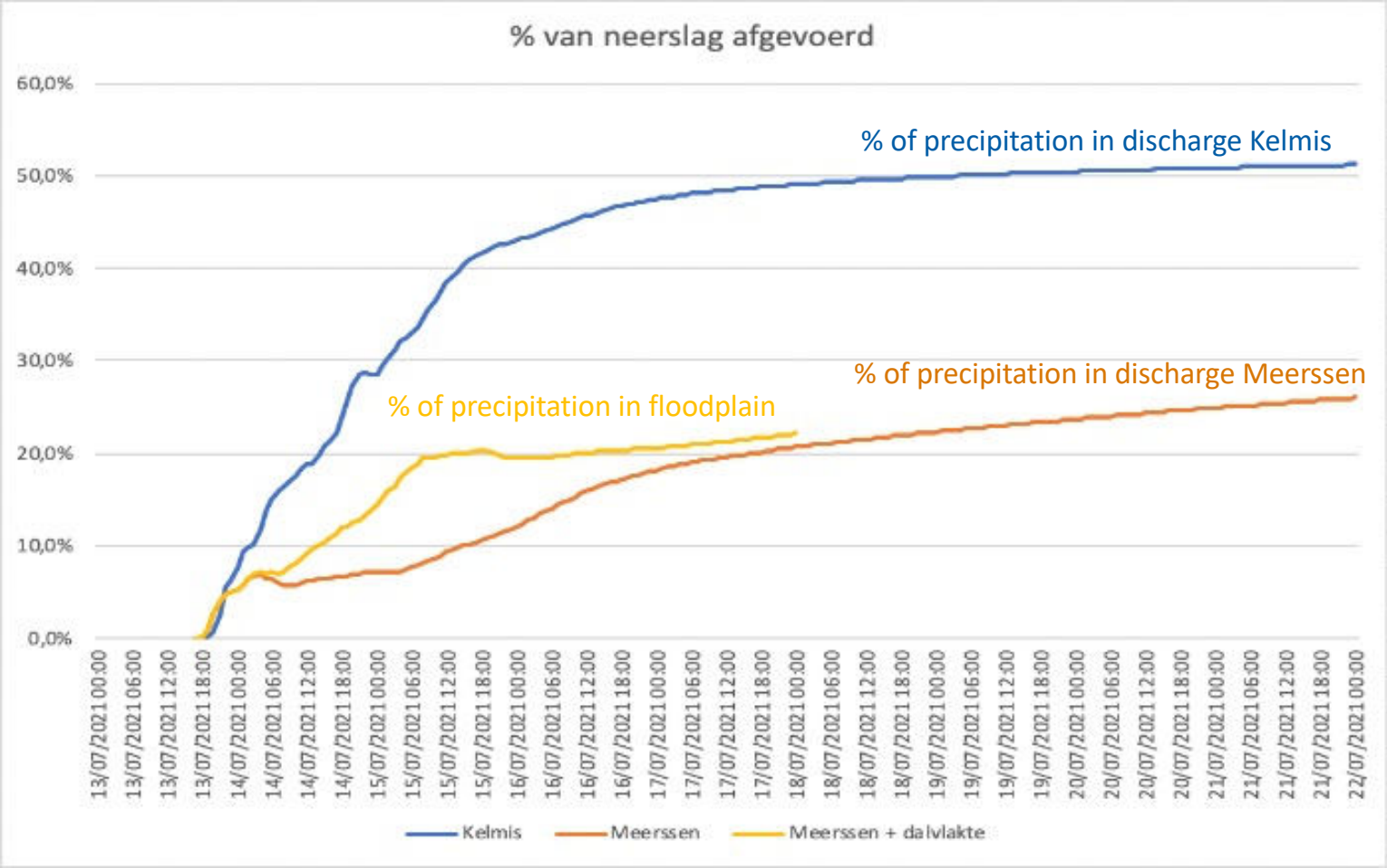
stroming

Flooding = storage in the floodplain





A lot of water stored in the floodplain
On 15/7 even more than discharge in Meerssen
Discharge Meerssen has a strange dip



When floodplan water is added to discharge Meerssen
Meerssen discharge looks more like Kelmis discharge

Conclusions

- Most water from upstream >> requires cross-border approach
- Much water from cities, roads and fields >> requires greening of city and changes of land use
- Requires small-scale measures on a large scale

- Nature organizations are already working on this
- and want to go on

Next steps

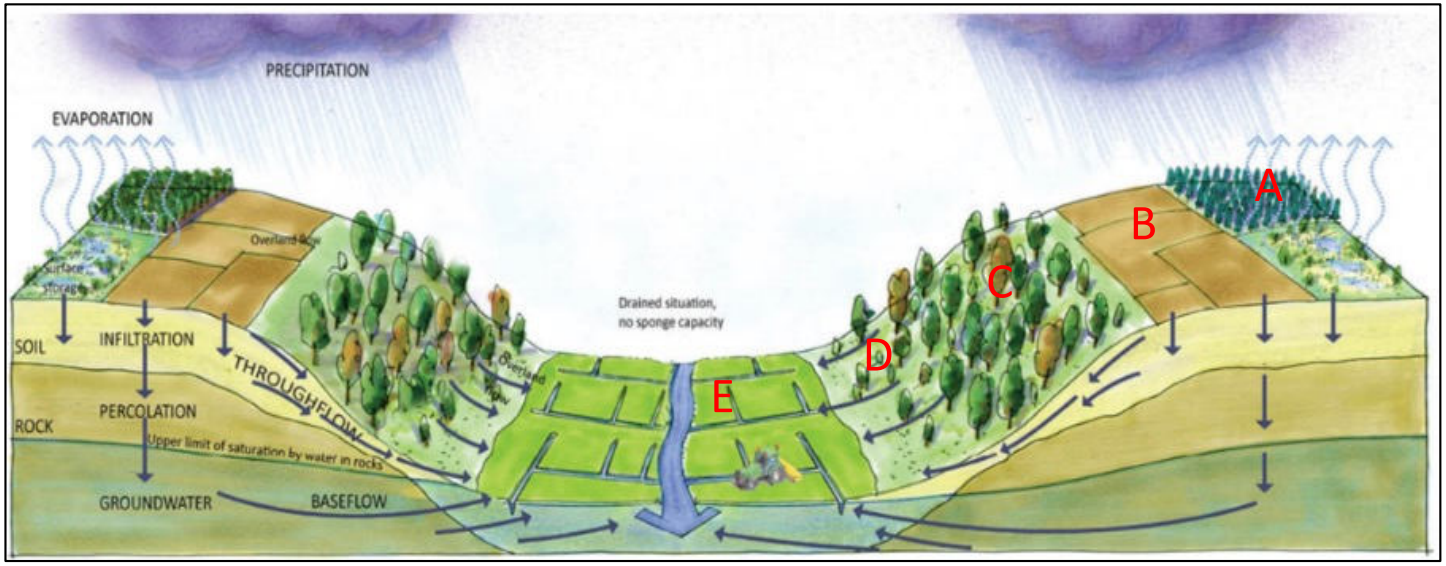
- Determination of effectiveness of the measures.
- By means of Swat+ model

- What is best where and to what extent
- Calculation of 10 different Nature Based Solutions
- Distributed over the catchment area
- Integrated in the landscape

- Applying different measures
- In collaboration with partners

starting points for the measures

A. *Optimal use of vegetation absorption capacity*
B. *Promote infiltration to prevent overland flow*
C. *Subsurface flow should remain in the soil as long as possible; reinfiltrating when necessary*
D. *Storing water upwelling at the foot of the slope in sponge areas*
E. *Giving room to inundation in the valley plains*



Selection of locations

			A	B	C	D	E
	Nature Based Solution	Location	Optimal use of vegetation	Promote infiltration to prevent overland flow	Keep subsurface runoff in the soil	Slowing water in sponge areas	Improvements of the flood plan
1a	Convert corn field into natural grassland	plateau & slope		X			
1b	Idem into natural forest	plateau & slope	X	X			
2	Greening the city	plateau & slope	X	X			
3	Re-infiltrate water from roads	slope		X	X		
4a	Convert (drained) grassland into natural grassland	slope		X	X		
4b	Idem into natural forest	slope	X	X	X		
5	Wadi's along field edges	slope		X			
6	Sponge recovery in drained valleys	flood plain				X	
7	Natural vegetation on flood plain and obstruction of stream	flood plain	X				X

Nature Bases Solutions Geul: Paved surfaces

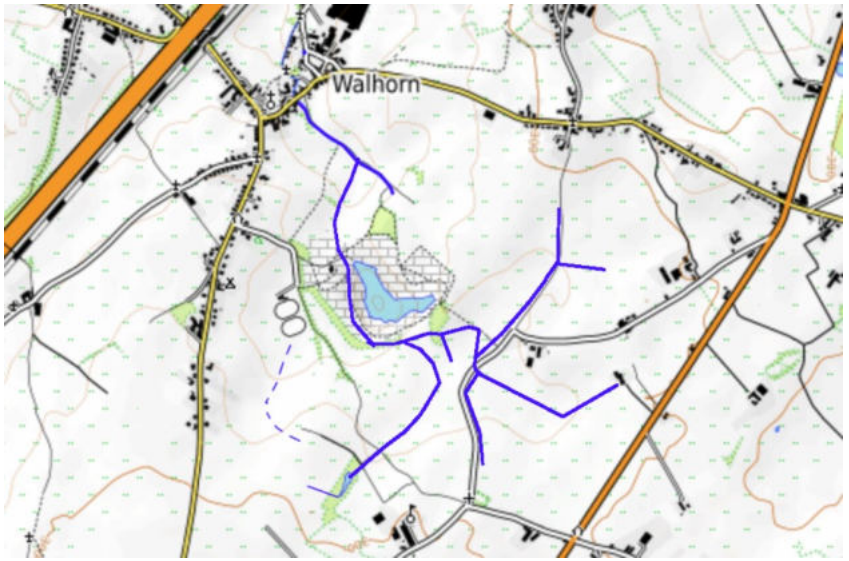
- Greening private areas and public spaces to increase infiltration capacity
- Use upstream valleys to store runoff from urban areas

- Intercept runoff from roads and increase infiltration on green slopes

Nature Bases Solutions Geul: sponge recovery

- Remove drainage and extended streams:
- Prevent water that runs off in (thin) soils from coming to the surface more quickly.

- Earlier modeling at the Kylldal shows reduction of peak discharge up to 30%
- Baseflows increasing by 10 – 30%



Nature Bases Solutions Geul: floodplain restoration

- Natural (rough) vegetation on the floodplain
- Restoration of meanders
- Obstructions (wood) in the stream
- Planological protection of inundation zones