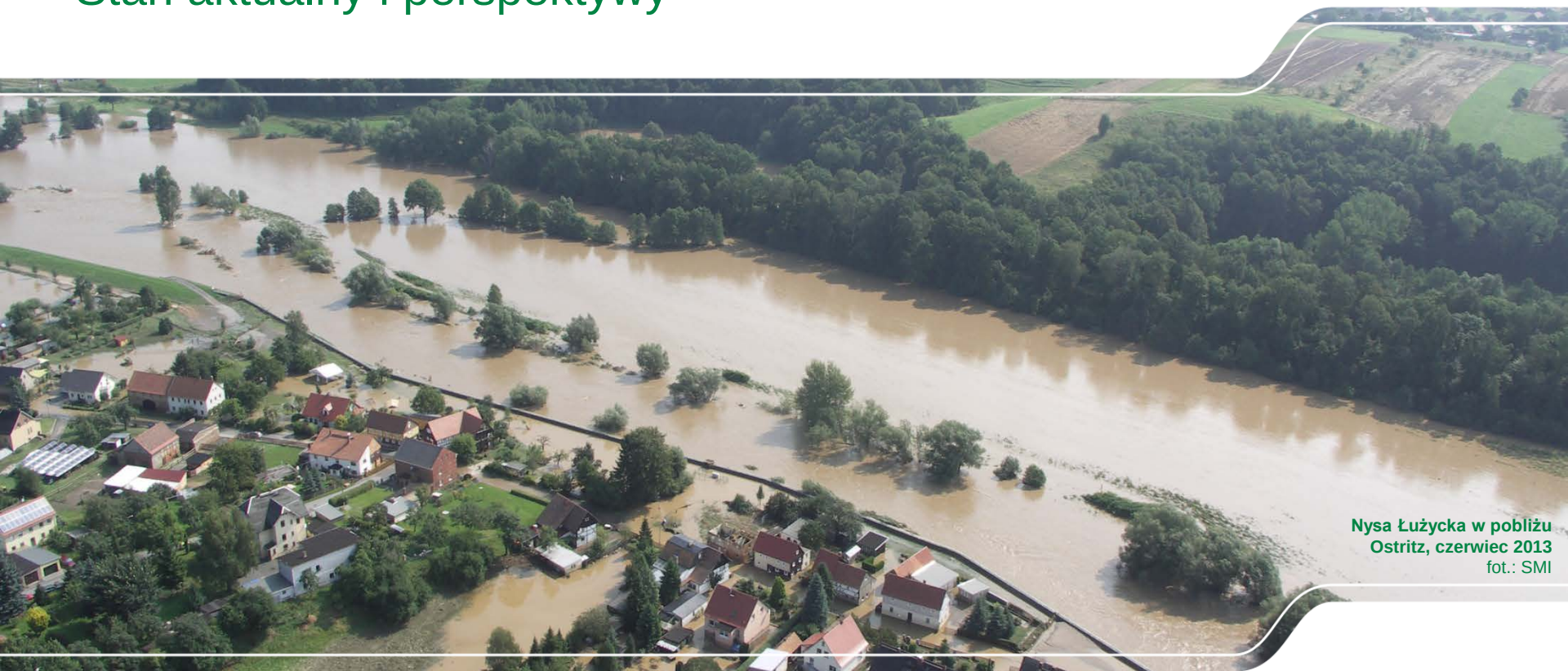


Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Stan aktualny i perspektywy



Nysa Łużycka w pobliżu
Ostritz, czerwiec 2013
fot.: SMI



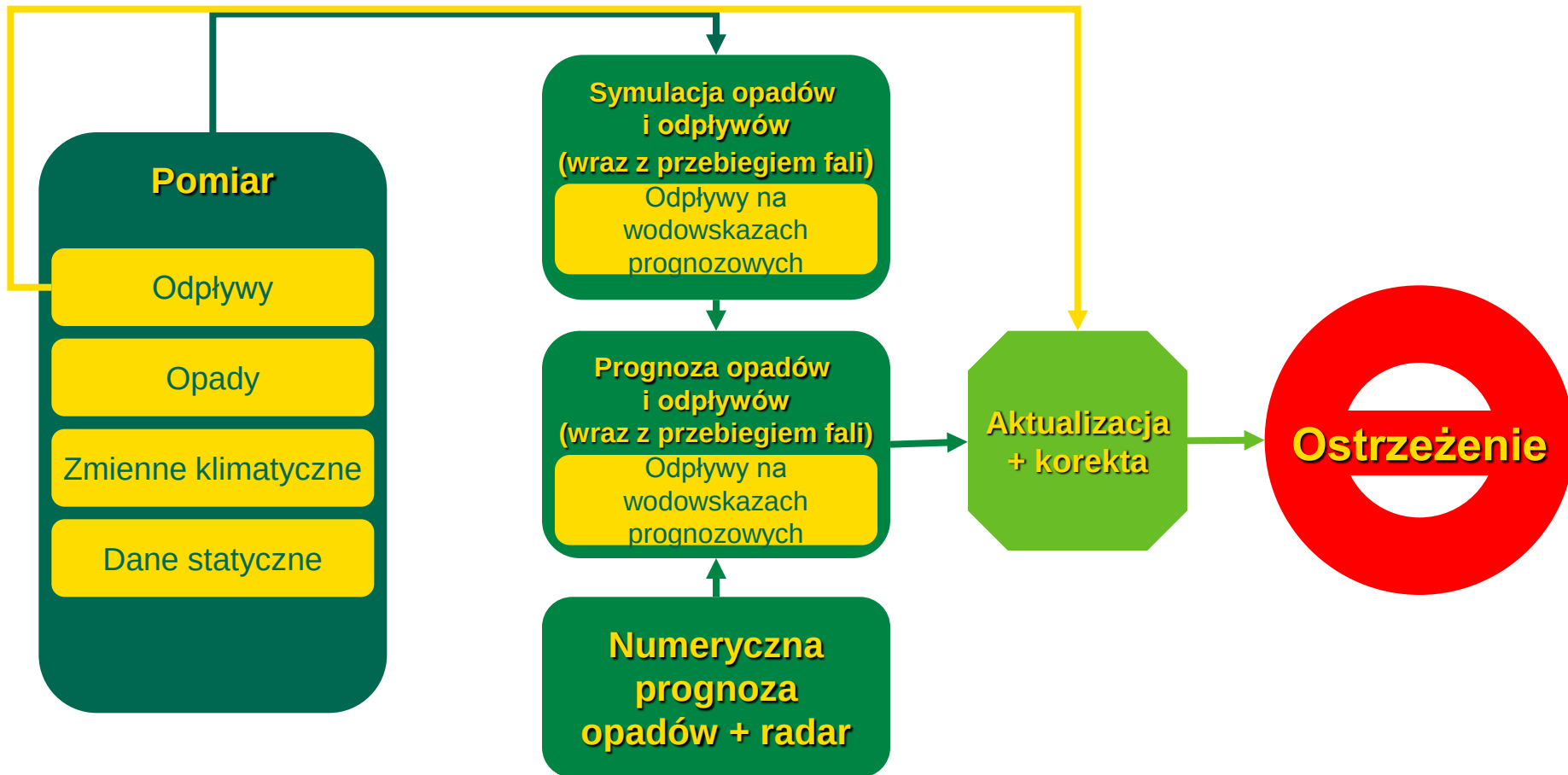
Podział prezentacji

Spis treści wykładu

- I Prognozowanie powodzi w Saksonii – prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej
- I Szczegóły aktualnego systemu modeli
- I Pierwsze wyniki walidacji operacyjnej w roku 2013
- I Stan programu budowy stacji wodowskazowych
- I Widoki na przyszłość i perspektywy

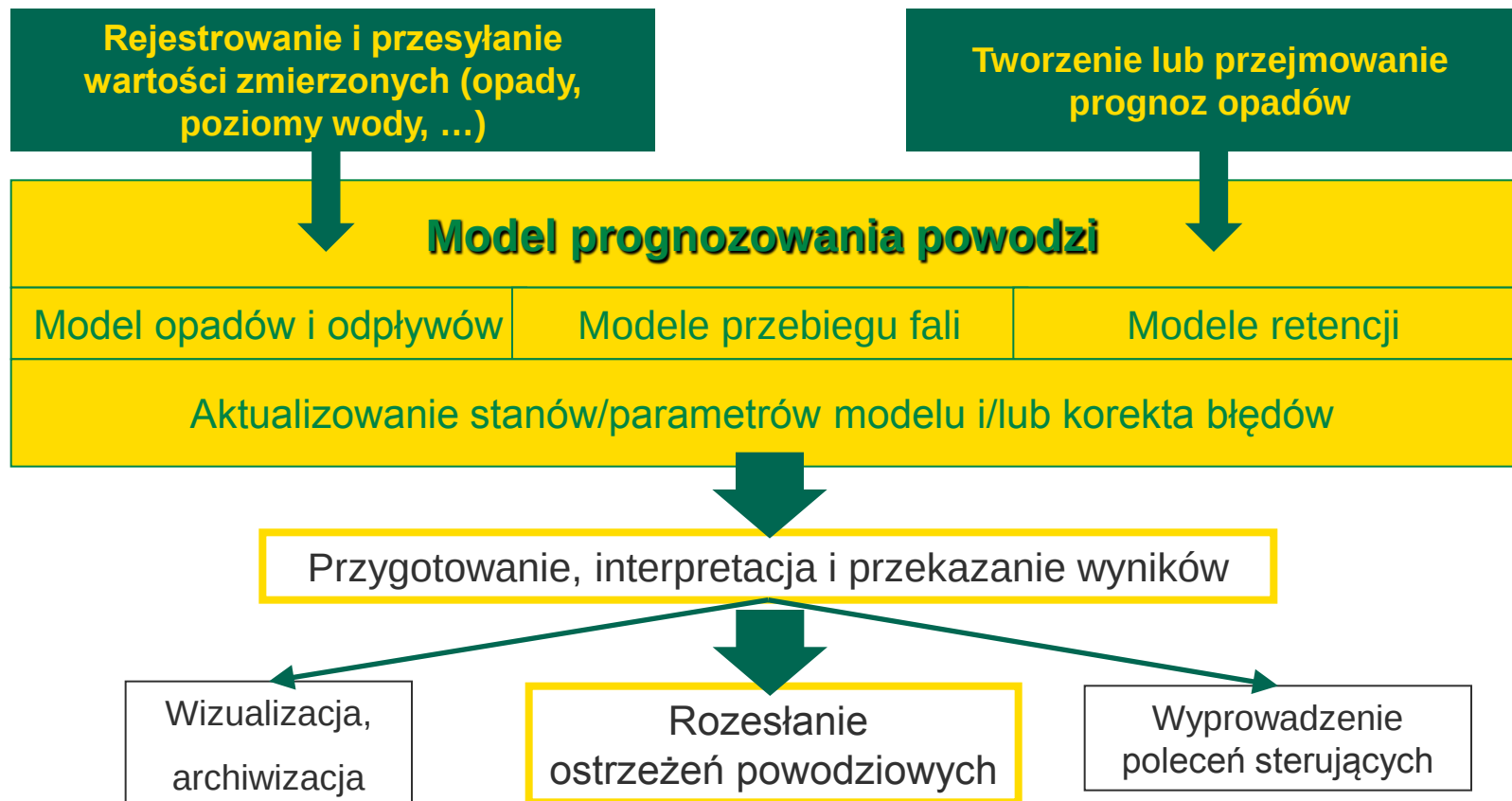
Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Zasadnicza struktura systemu prognozowania



Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Komponenty systemu prognozowania



Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Procesy dominujące i ich przewidywalność



Przebieg fali

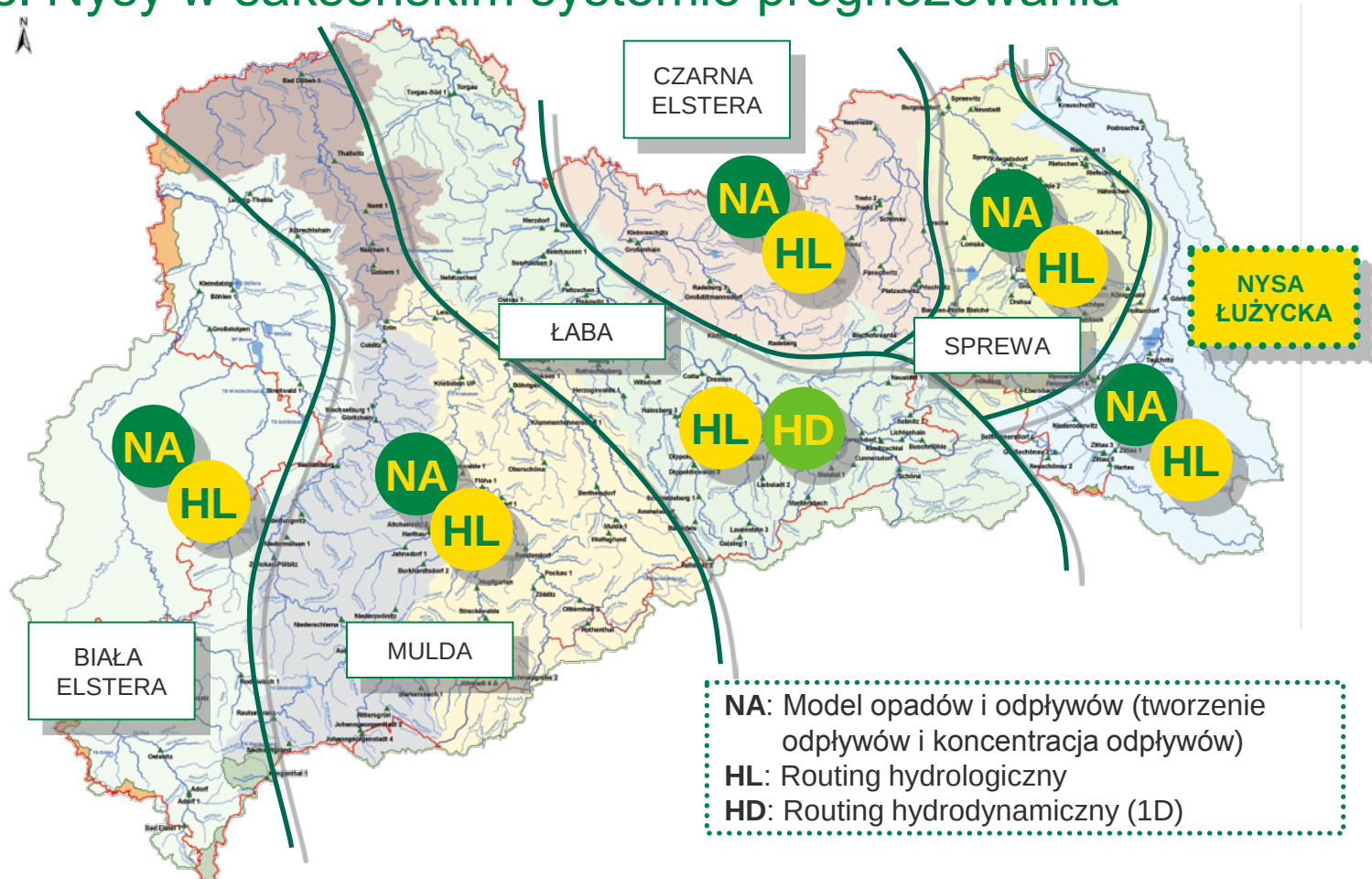
Koncentracja
odpływu

Tworzenie
odpływu

Przewidywalność

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Model Nysy w saksońskim systemie prognozowania



Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Szczegóły techniczne

- I Powód: **Sierpniowa powódź w roku 2010** → poprawa dostępności danych
- I Cel: **Operacyjna prognoza odpływu** dla Nysy Łużyckiej i jej najważniejszych dopływów
- I Opracowanie wstępne i zlecenie stronie trzeciej: 2011
- I **Praca operacyjna: 2012**
- I Za wzór posłużyły istniejące już systemy dla sąsiednich dorzeczy Sprewy oraz Czarnej Elstery.



Ujście Mandawy (z lewej strony) do Nysy Łużyckiej w Zittau w dniu 8.8.2010 (fot.: SMI)



Nysa Łużycka poniżej starówki w Görlitz w dniu 8.8.2010 (fot.: Jiri Strupl)

Prognoszowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Szczegóły techniczne

- 11 wodowskazów prognozowych (Nysa i dopływy)

- Okres prognozowany: do **48 godzin**

- Odstępy pomiędzy obliczeniami: 3 godziny

- 6 częściowych modeli opadów i odpływów,
5 modeli routingu

- Ponadto: uwzględnianie **dopływów**
z Witki i Miedzianki;
przerzuty/pobory z jeziora Berzdorfer See

- Moduł do **aktualizowania czasu rzeczywistego**
lub **korekty błędu online**

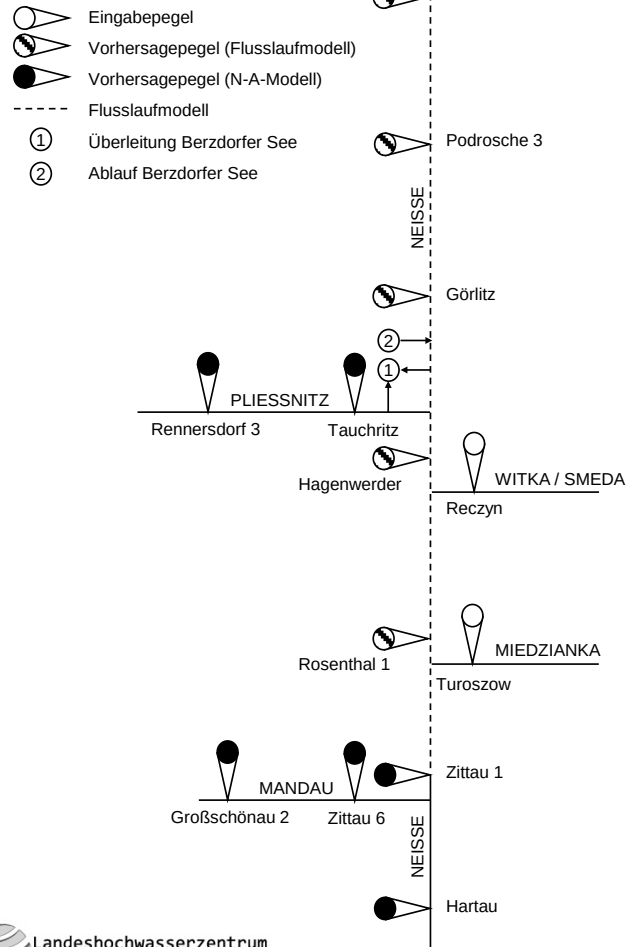


Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Szczegóły techniczne



Legende:



Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Szczegóły techniczne

I Tworzenie odpływu

- I Empiryczny model współczynnika odpływu adaptowalny na bazie miesięcznej
- I Modelowanie retencji terenowej przy pomocy pojedynczych zbiorników liniowych

I Koncentracja odpływu

- I Liniowa kaskada zbiorników

I Przebieg fali

- I Nieliniowy model stopniowy (liniowe modele częściowe na bazie koncepcji translacyjno-dyfuzyjnej dla różnych stopni przepływu)

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

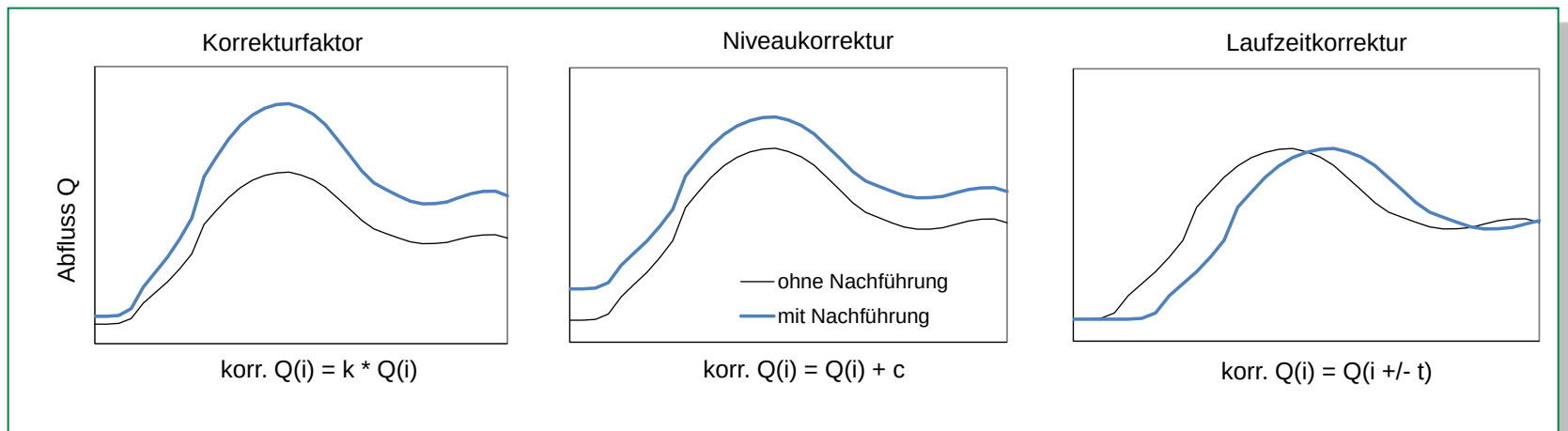
Szczegóły techniczne – aktualizacja i korekta błędów

- I Aktualizowanie stanu dla modeli opadów i odpływów
 - I Porównanie odpływów zmierzonych i obliczonych
 - I Cel: Minimalizacja odchylek poprzez optymalne ręczne/automatyczne **dopasowanie wilgotności początkowej** S_0 („state updating“)
- I **Korekta błędów** („bias correction“) dla **modeli biegu rzeki** (błędy: błędy na wejściu, błędy struktury modelu, błędy parametrów modelu)
 - I Porównanie odpływów zmierzonych i obliczonych
 - I Cel: Ręczna/automatyczna minimalizacja błędów poprzez **procesy korekty**

Prognostizieren der Hochwasser für die Nysa Łużyckiej

Technische Details – Korrektur der Modellfehler des Flusslaufes

■ Eingelegte **Prozesse der Online-Korrektur** im Falle des Flusslaufmodells



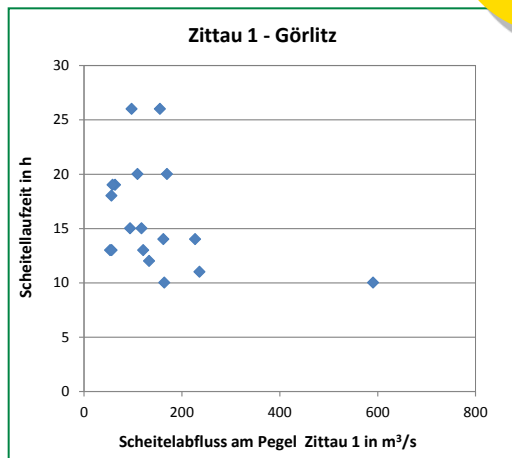
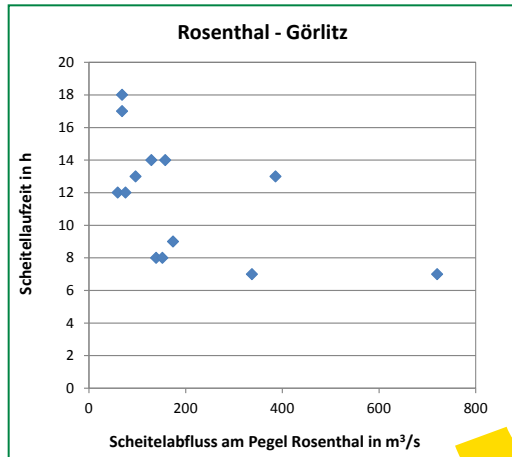
Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Kalibrowanie modeli

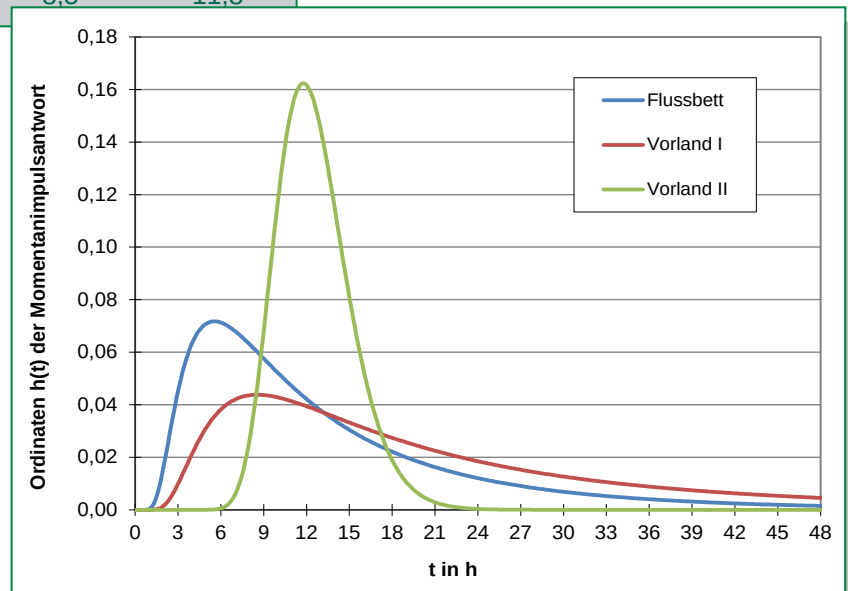
- I Kalibrowanie **modeli opadów-odpływów** (moduł tworzenia odpływu i koncentracji odpływu)
 - I Parametry efektywne: a, b, c, d, k_E, n, k (→ slajdy dodatkowe)
 - I Parametry modelu modułów opadów-odpływów zoptymalizowane przez minimalizację błędu RMSE obserwacji i wartości wyjściowych modelu
- I Kalibrowanie **modeli biegu rzeki**
 - I Parametry efektywne u, D ; znane a priori: x (→ slajdy dodatkowe)
 - I Określenie parametrów ewent. dla **koryta rzeki oraz maks. 2 stopnie przepływu pasa nadrzeczego** → gdy obserwowana była duża szerokość pasma czasów przebiegu kulminacji (od Rosenthal w dół rzeki)

Prognoszowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Kalibrowanie modelu – modele biegu rzeki (np. Rosenthal – Görlitz)



Parametr / wartość znamionowa	Obszar koryta rzeki	Obszar pasa nadrzecz- nego I	Obszar pasa nadrzecz- nego II
Przepływ graniczny w m³/s	2,50	35	170
Prędkość fali u w km/h	2,50	1,50	2,75
Współczynnik dyfuzji D w km²/h	30	20	2
Czas biegu kulminacji w h	5,5	8,5	11,8



Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

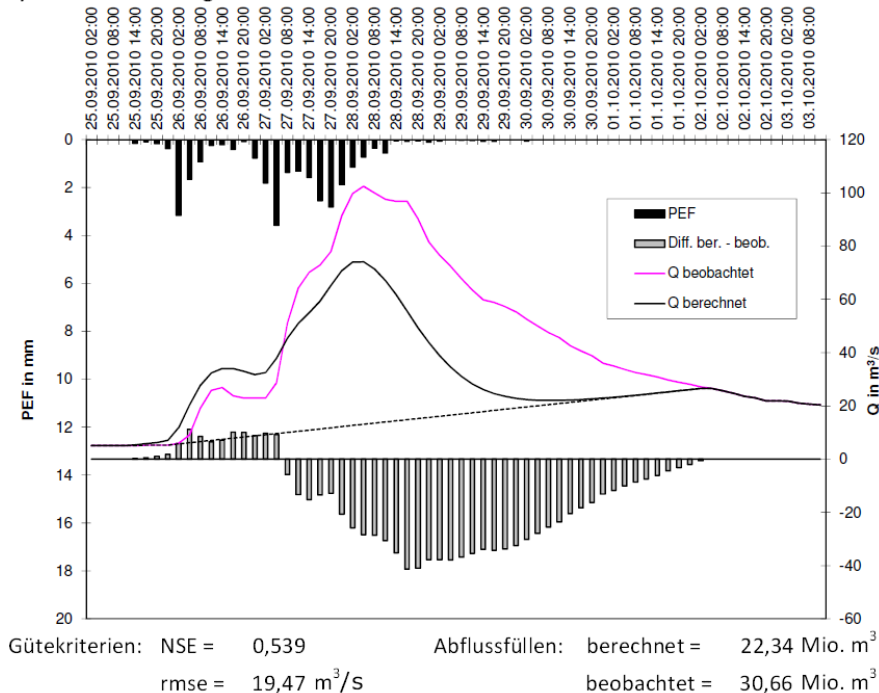
Ocena jakości modelu

Typ modelu	Stacja wodowskazowa	Ilość zdarzeń	NSE bez aktualizacji	NSE z aktualizacją
Modele opady-odpływy (moduł tworzenie odpływu + koncentracja odpływu)	Hartau / Nysa Łużycka (377 km ²)	7	0,45	0,53
	Zittau 1 / Nysa Łużycka (686 km ²)	8	0,56	0,78
	Großschönau 2 / Mandawa (163 km ²)	7	0,64	0,73
	Zittau 5 / Mandawa (295 km ²)	7	0,68	0,72
	Rennersdorf 3 /Pließnitz (78 km ²)	4	0,58	0,60
	Tauchritz / Pließnitz (162 km ²)	6	0,49	0,55
Modele biegu rzeki dla Nysy Łużyckiej	Rosenthal (879 km ²)	6	0,77	0,97
	Görlitz (1633 km ²)	14	0,82	0,83
	Podrosche 2 (2173 km ²)	8	0,74	0,94
	Klein Bademeusel (2727 km ²)	14	0,86	0,94

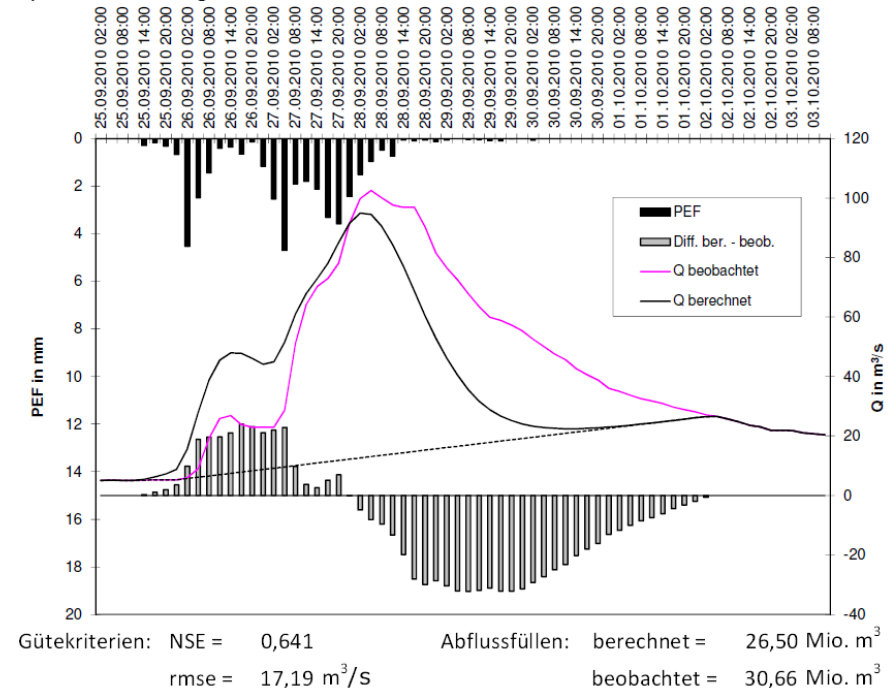
Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Ocena jakości modelu – modele opadów-odpływów

a) ohne Nachführung



b) mit Nachführung

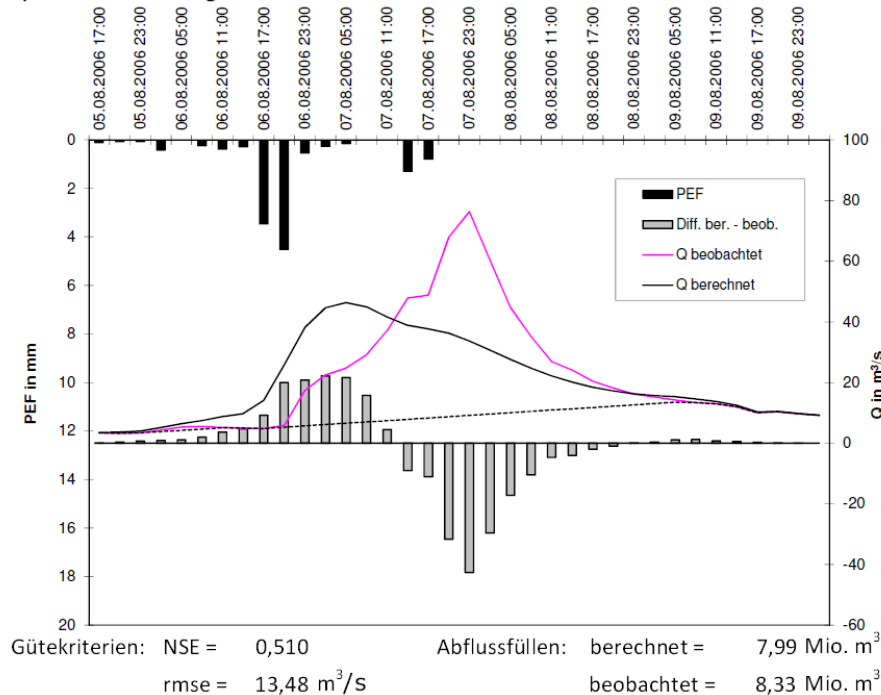


Pegel Hartau – Ereignis 2010/09

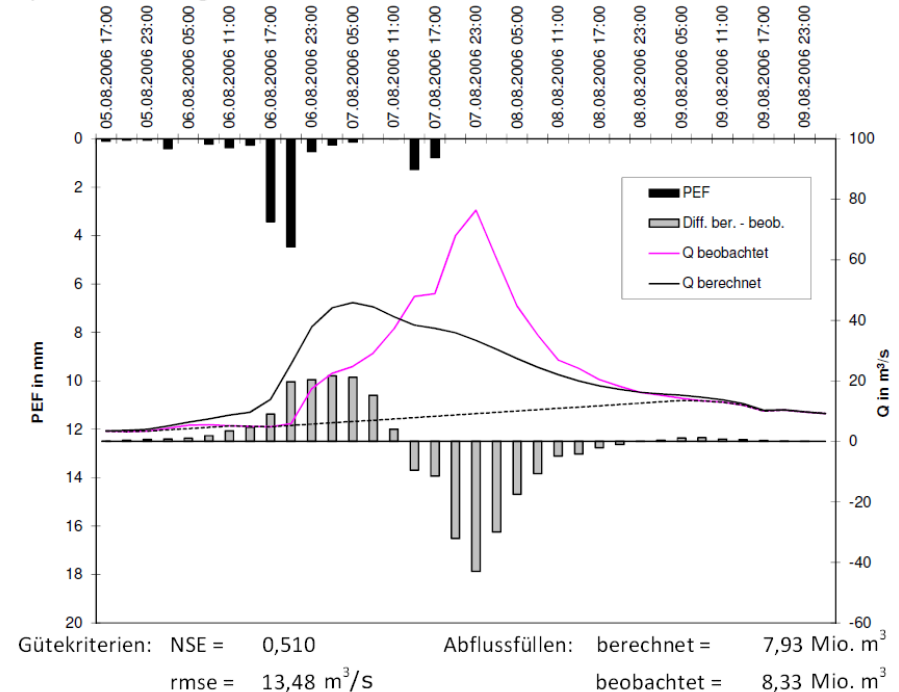
Prognoszowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Ocena jakości modelu – modele opadów-odpływów

a) ohne Nachführung



b) mit Nachführung



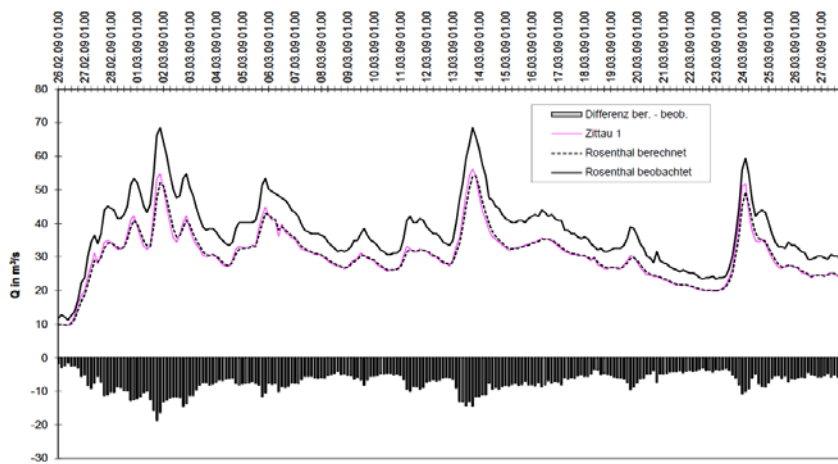
Pegel Hartau – Ereignis 2006/08

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Ocena jakości modelu – modele biegu rzeki

a) ohne Nachführung Rosenthal

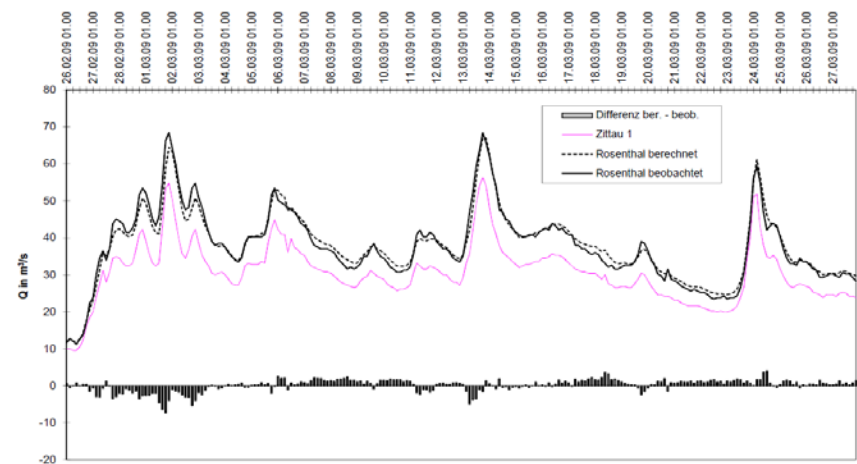
Korrekturfaktor = 1,00



Gütekriterien: NSE = 0,414 Abflussfüllen: berechnet = 79,60 Mio. m³
rmse = 7,72 m³/s beobachtet = 98,20 Mio. m³

b) mit Nachführung Rosenthal

Korrekturfaktor = 1,24



Gütekriterien: NSE = 0,972 Abflussfüllen: berechnet = 98,55 Mio. m³
rmse = 1,68 m³/s beobachtet = 98,20 Mio. m³

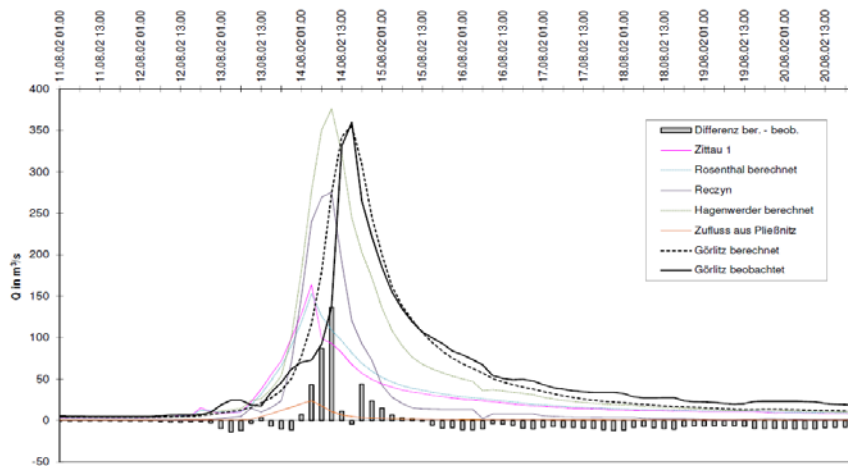
Pegel Rosenthal – Ereignis 2009/03

Prognoszowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Ocena jakości modelu – modele biegu rzeki

a) ohne Nachführung Görlitz

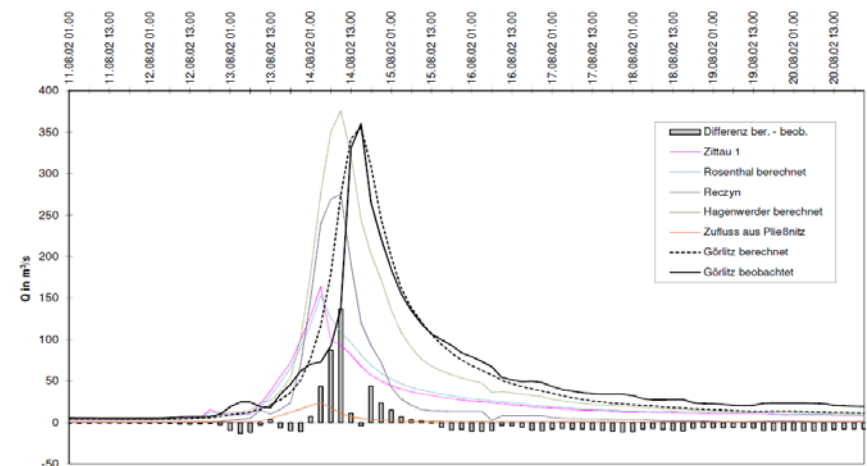
Korrekturfaktor = 1,00



Gütekriterien: NSE = 0,904 Abflussfüllen: berechnet = 44,60 Mio. m³
rmse = 20,99 m³/s beobachtet = 45,35 Mio. m³

b) mit Nachführung Görlitz

Korrekturfaktor = 1,00

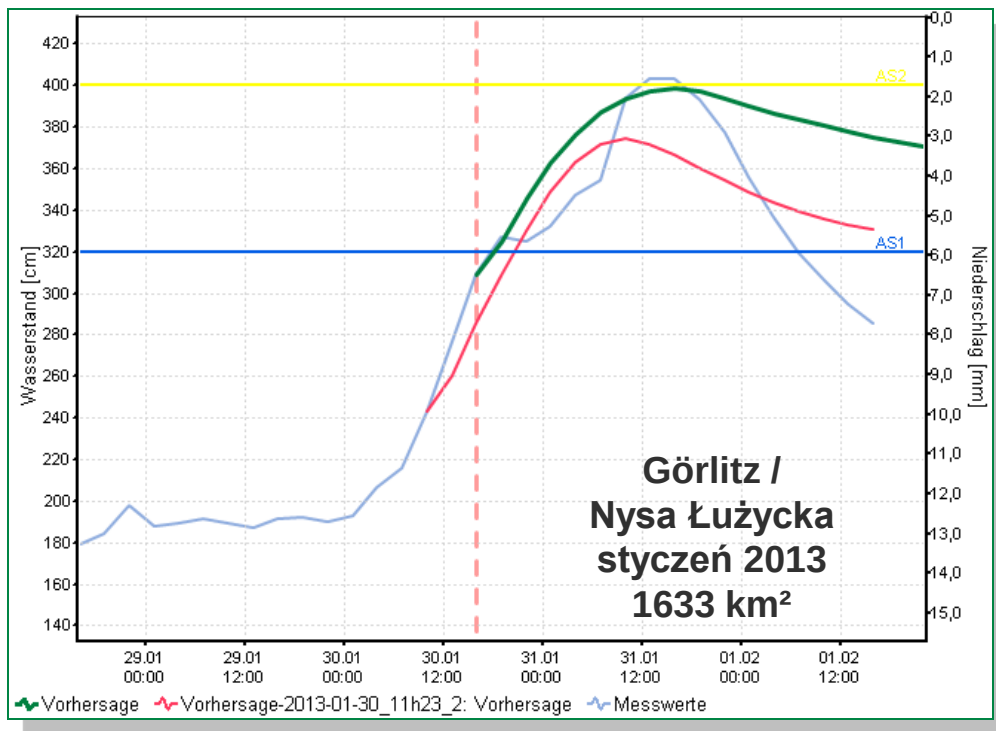


Gütekriterien: NSE = 0,904 Abflussfüllen: berechnet = 44,60 Mio. m³
rmse = 20,99 m³/s beobachtet = 45,35 Mio. m³

Pegel Görlitz – Ereignis 2002/08

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

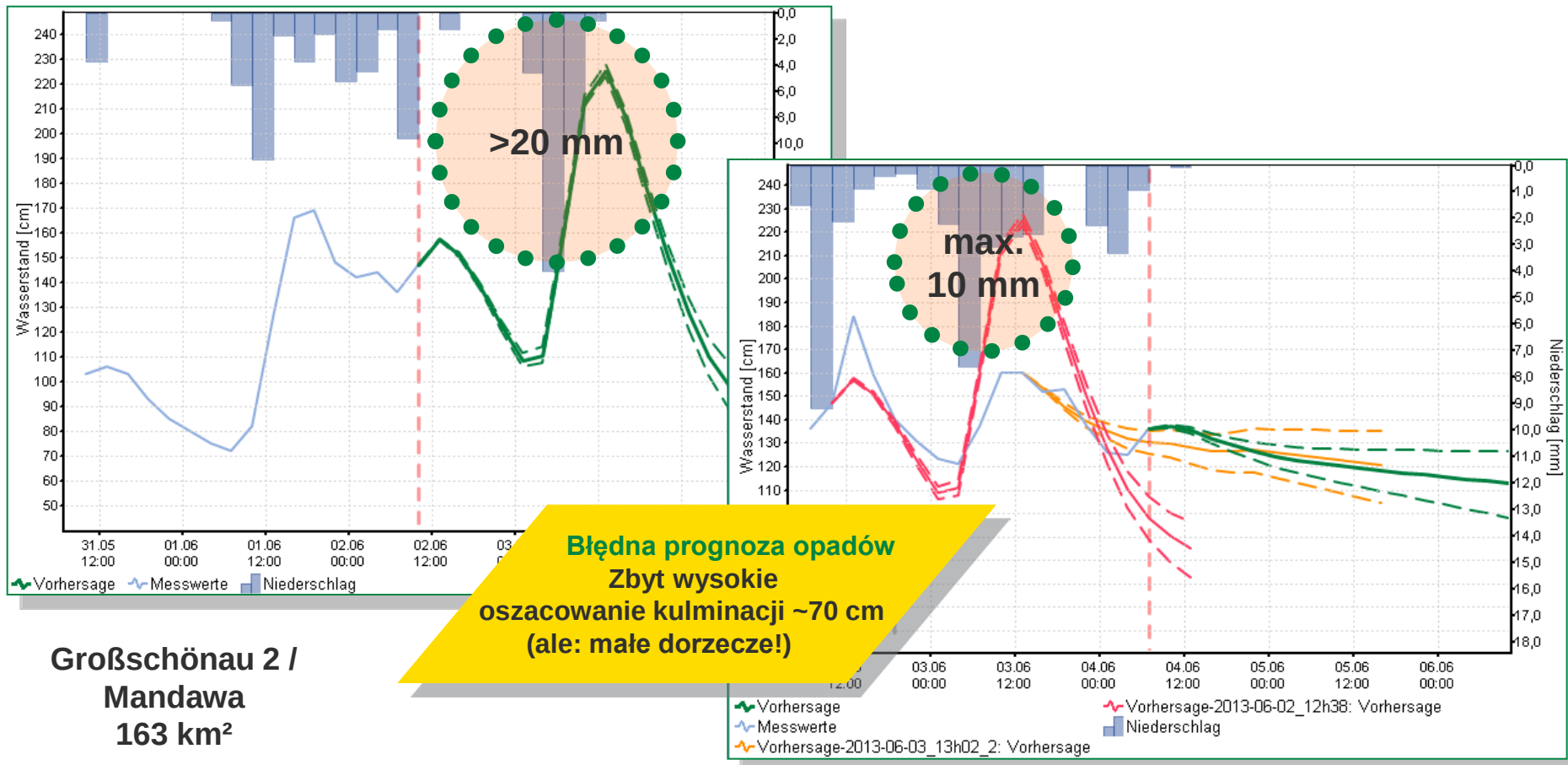
Ocena pierwszych operacyjnych obliczeń prognozowych (01/2013)



- W przypadku prognozy o godzinie 16 dobrze trafiono zarówno czas nadejścia kulminacji jak i poziom wody kulminacji ($\Delta = 5$ cm) w dniu 31.01.2013.
- Odchyłki w zmniejszaniu się fali **wskutek brakującej prognozy** dla wodowskazu Reczyn (zastosowano tylko zgrubne oszacowanie)

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

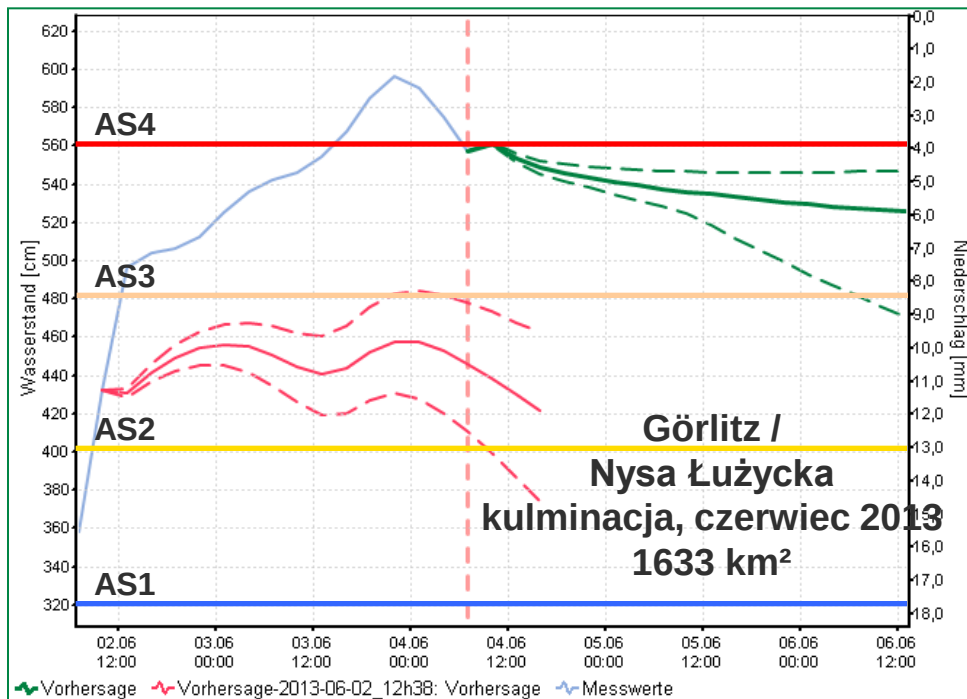
Ocena pierwszych operacyjnych obliczeń prognozowych (06/13 I)



Großschönau 2 /
Mandawa
163 km²

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

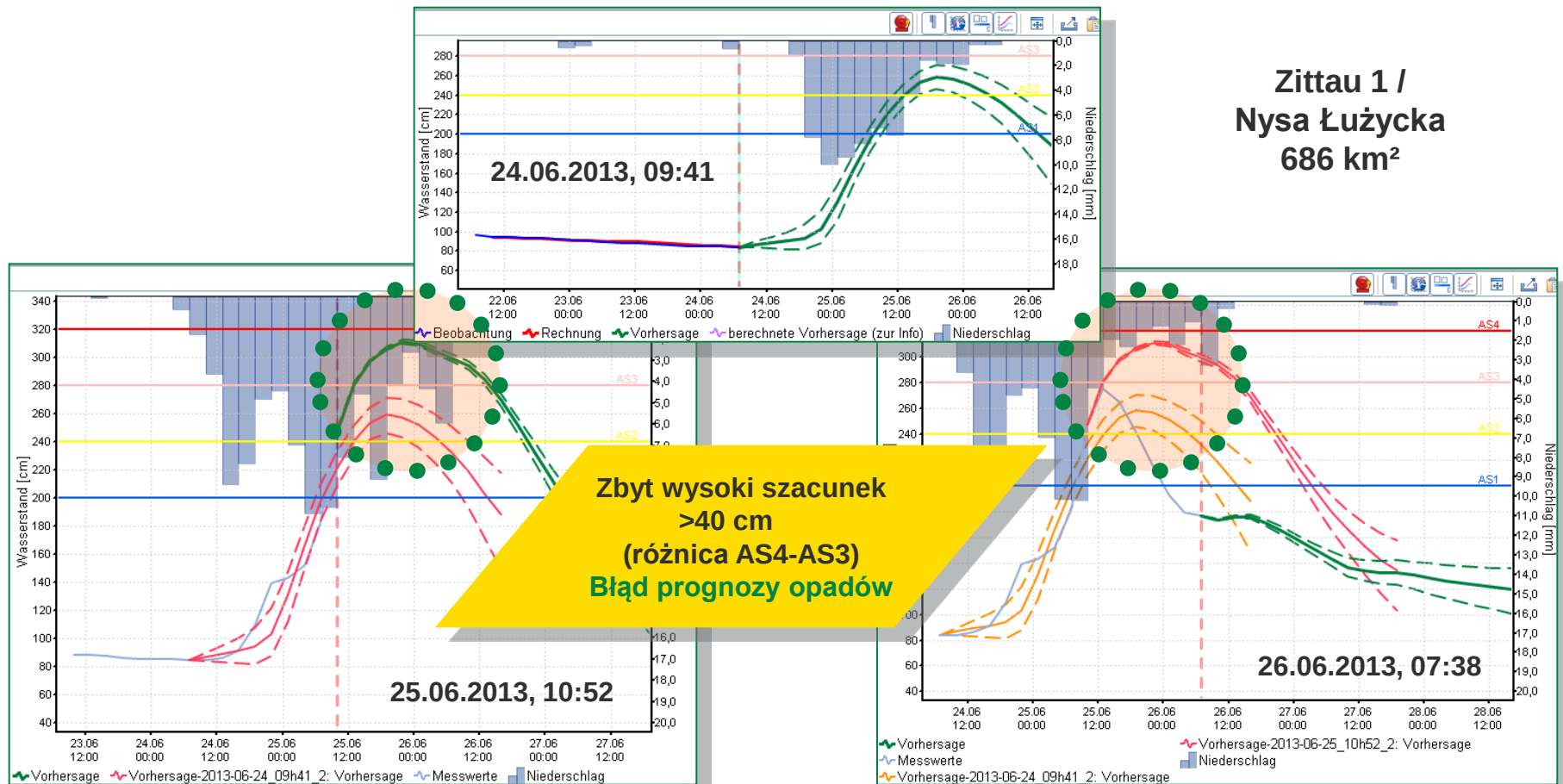
Ocena pierwszych operacyjnych obliczeń prognozowych (06/13 I)



- Główna przyczyna: małe czasy przebiegu od obszarów szczytowych do Görlitz → wpływ **błędnych prognoz opadów-odpływów**
- Ponadto: niejasne prognozy dla **dopływów bocznych** (Witka, Czerwona Woda)
- → Wymaganie: przewidywalność **48-godzinna?**

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Ocena pierwszych operacyjnych obliczeń prognozowych (06/13 II)



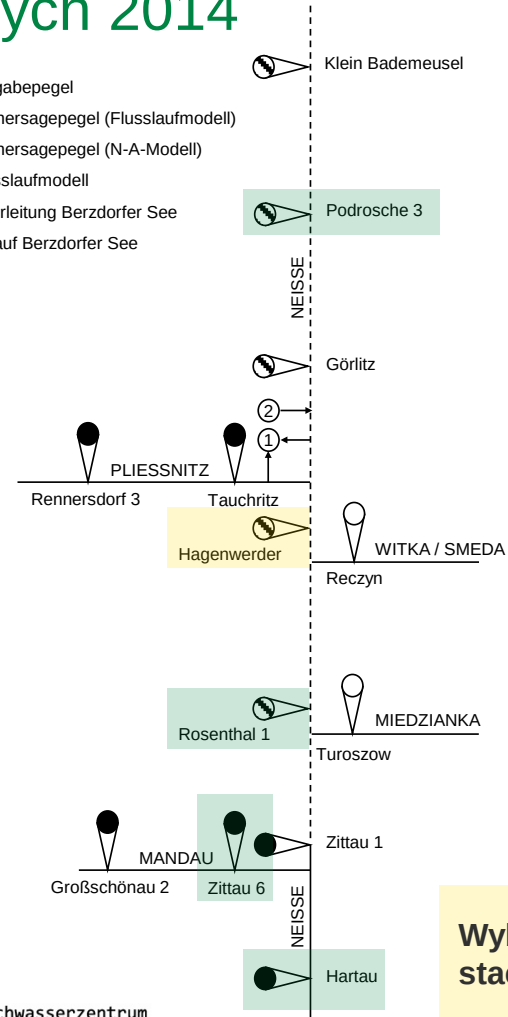
Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Program budowy stacji wodowskazowych 2014



Legende:

- Eingabepegel
- Vorhersagepegel (Flusslaufmodell)
- Vorhersagepegel (N-A-Modell)
- Flusslaufmodell
- ① Überleitung Berzdorfer See
- ② Ablauf Berzdorfer See



**Nowa budowlą
zapasowa**

**Wybudowanie nowej
stacji wodowskazowej**

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Powódź 07.08.2010

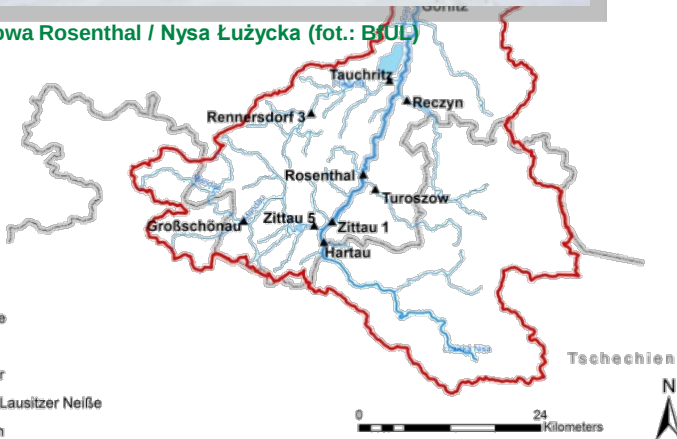


Znaki wysokiej wody z roku 1958 i 1981

Stacja wodowskazowa Rosenthal / Nysa Łużycka (fot.: BFUL)

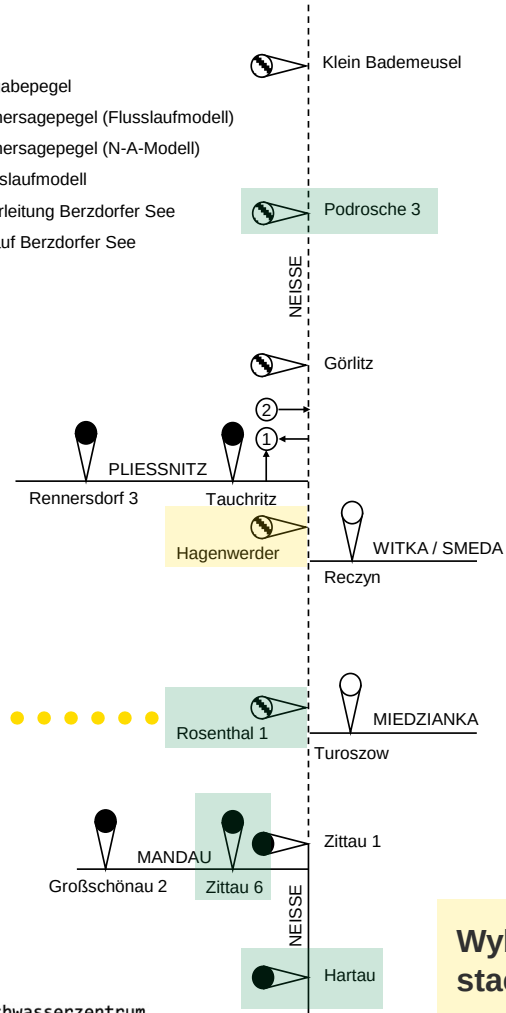
Legende

- ▲ Pegel
- Lausitzer Neiße
- Fließgewässer
- Standgewässer
- Einzugsgebiet Lausitzer Neiße
- Landesgrenzen



Legende:

- Eingabepegel
- ◐ Vorhersagepegel (Flusslaufmodell)
- Vorhersagepegel (N-A-Modell)
- Flusslaufmodell
- ① Überleitung Berzdorfer See
- ② Ablauf Berzdorfer See



Nova budowa
zapasowa

Wybudowanie nowej
stacji wodowskazowej

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Widoki na przyszłość i perspektywy (I)

- I System prognozowania powodzi
 - I Reanaliza minionych wydarzeń → badanie przyczyn
 - I Retrospektywna ocena efektywności aktualizowania dla okresu prognozowania → procedura aktualizowania?
 - I Dodatkowe kalibrowanie modeli, włączenie do nich nowo wybudowanych stacji wodowskazowych
 - I Kontrola / aktualizacja stosunków poziomu wody do przepływu w modelu
 - I Poprawa prognoz dla dopływów bocznych (Witka, Czerwona Woda)
 - I Włączenie prognoz czeskich Hrádek → Hartau?

Prognoszowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Widoki na przyszłość i perspektywy (II)

I W planie: Zespołowość

- I Szczególnie w przypadku intensywnych zjawisk prognozy zespołowe są bardziej efektywne niż prognozy deterministyczne.
- I Prognozy opadów dla małych dorzeczy → w poważnym stopniu niejasne → mogą być adekwatnie opracowywane wyłącznie przy pomocy prognozowania zespołowego

I W planie: System wczesnego ostrzegania

- I Oprócz prognozy deterministycznej wczesne ostrzeganie dla małych dorzeczy – **granice przewidywalności** dla dorzeczy mniejszych niż 200 km² (600 km²)
- I Obecnie pierwsze działania (np. koncepcje Fuzzy)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Děkuji vám za pozornost!

Dziękuję za uwagę!

Thank you for your attention!



www.hochwasserzentrum.sachsen.de
andy.philipp@smul.sachsen.de

Podziękowania dla:

Petra Walther (LHWZ)

Uwe Büttner (LHWZ)

Elmar Weigl (DWD)

dr Uwe Böhm (DWD)

Björn Fischer (DHI-WASY)

dr Jörg Walther (DHI-WASY)

Prognostowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Szczegóły techniczne – tworzenie odpływu

I Empiryczny, comiesięcznie adaptowalny model współczynnika odpływu

$$\psi = a \cdot PI + b \cdot S - c \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6}(M - m)\right) + d$$

ψ	...	Współczynnik odpływu (%)
PI	...	Intensywność opadów (mm/h)
S	...	Retencja terenowa (mm)
M	...	Miesiąc zjawiska
m	...	Miesiąc o char. skłonności do powodzi
$a, \dots, d$	...	Współczynniki empiryczne (>0)

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Szczegóły techniczne – tworzenie odpływu

I Modelowanie retencji terenowej przy pomocy **pojedynczych zbiorników liniowych**

Obliczenie terenowej na początku wydarzenia:

$$S_0 = k_E \cdot Q_0 \cdot \frac{86,4}{A_E}$$

S_0 ... retencja terenowa na początku wydarzenia (mm)

Q_0 ... Odpływ na początku wydarzenia ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

k_E ... Stała retencji dla retencji terenowej (d)

A_E ... Wielkość zlewni (km^2)

Aktualna zawartość zbiornika

$$S_i = S_{i-1} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{k_E}} + \frac{k_E}{\Delta t} \cdot (P_i - PEF_i) \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{k_E}}\right)$$

S_i ... retencja terenowa na końcu etapu obliczeniowego

S_{i-1} ... retencja terenowa na początku etapu obliczeniowego

P_i ... Opad w przedziale czasowym i

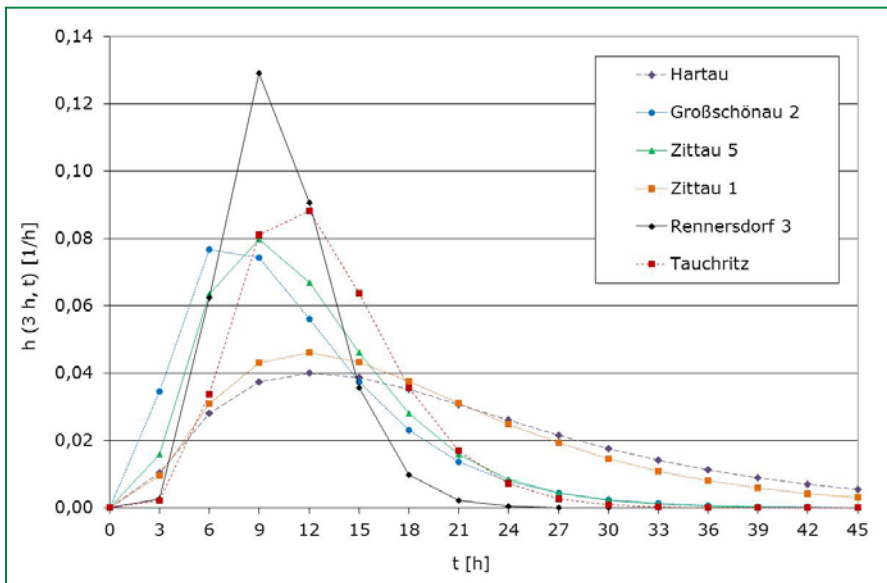
PEF_i ... Opad efektywny w i

Δt ... Obliczeniowy przedział czasowy (3h)

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Szczegóły techniczne – koncentracja odpływu

Model odpowiedzi impulsowej – liniowa kaskada zbiorników



Odpowiedzi impulsowe wybranych wodowskazów w modelu opady-odpływy

$$h(t) = \frac{1}{k \cdot \Gamma(n)} \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} \cdot e^{-\frac{t}{k}}$$

$h(t)$... Chwilowa odpowiedź impulsowa kaskady zbiorników

$\Gamma(n)$... Funkcja gamma; dla $n > 1, n \in \mathbb{Z}$ obowiązuje $\Gamma(n) = (n-1)!$

n ... Ilość zbiorników liniowych połączonych kaskadowo

k ... Stała retencji dla zbiornika liniowego (h)

t ... Czas (h)

Prognostowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Szczegóły techniczne – przebieg fali

I Liniowe modele translacyjno-dyfuzyjne dla różnych stopni przepływu

Model translacyjno - dyfuzyjny :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -u \frac{\partial Q}{\partial x} + D \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}$$

u ... Prędkość translacji („prędkość fali”)

D ... Współczynnik dyfuzji

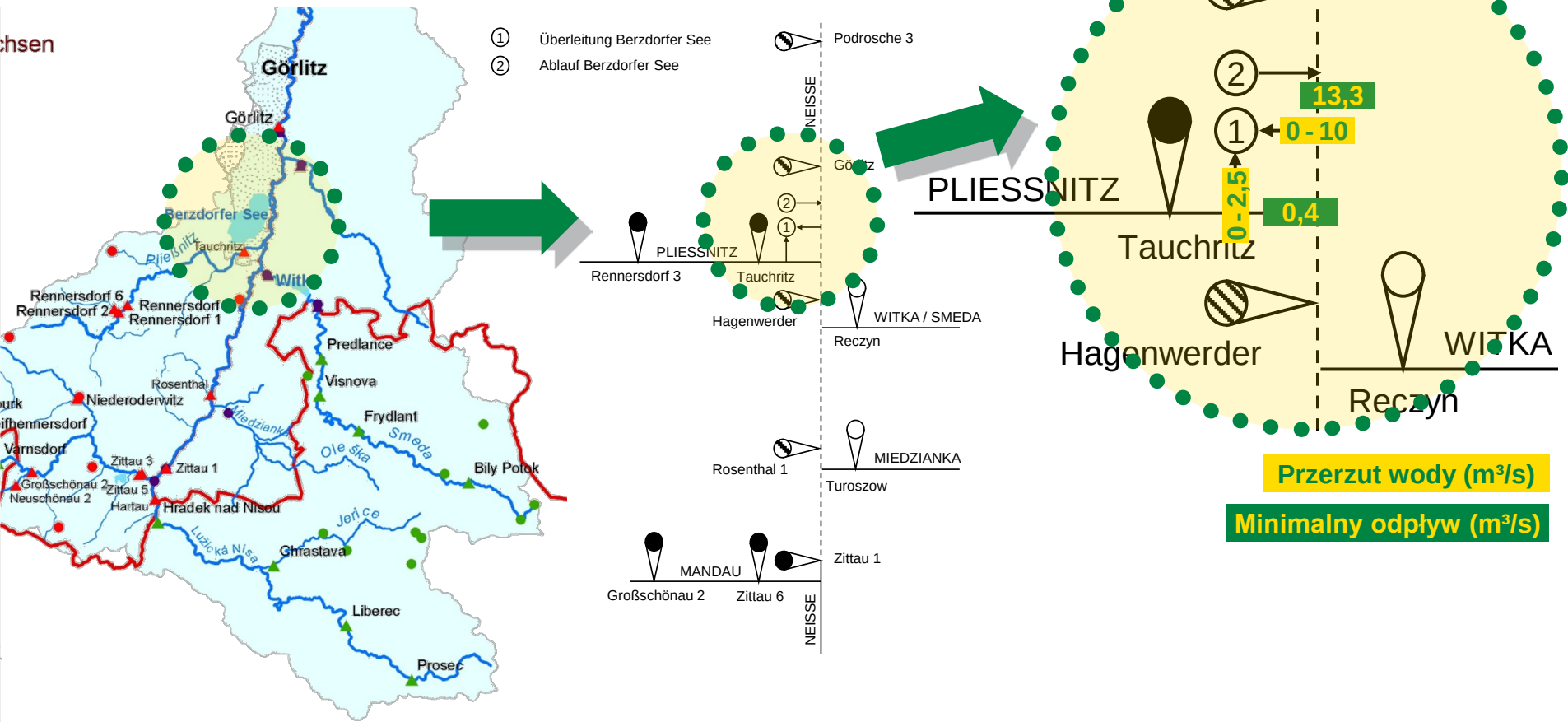
x ... Droga płynięcia

Chwilowa odpowiedź impulsowa

$$h(t) = \frac{x}{2t\sqrt{\pi Dt}} \cdot e^{-\frac{(ut-x)^2}{4Dt}}$$

Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Uwzględnienie jeziora Berzdorfer See

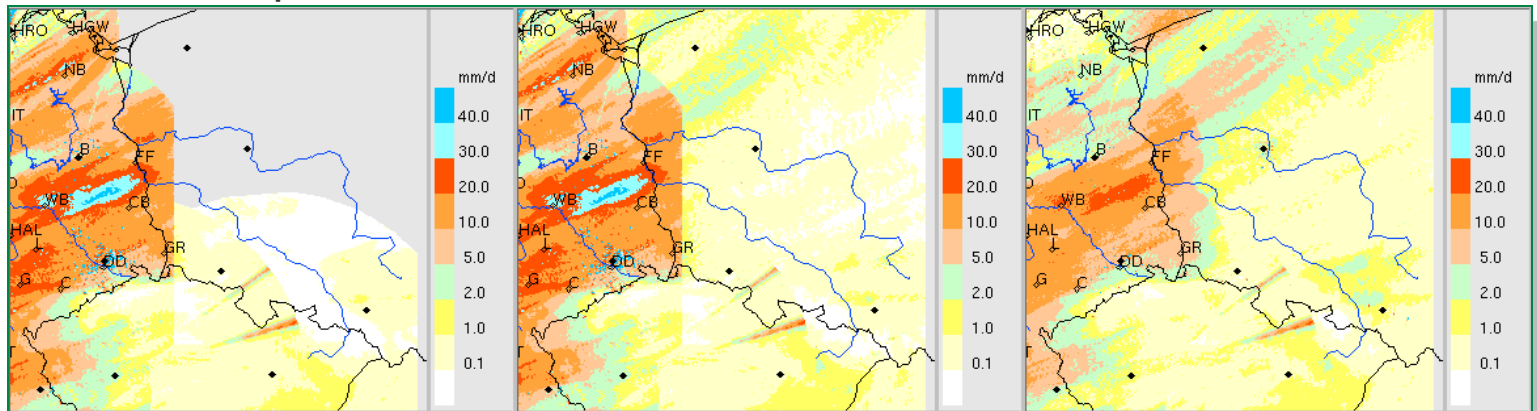


Prognozowanie powodzi dla Nysy Łużyckiej

Widoki na przyszłość i perspektywy (III)

Nowcasting radarowy

RADOLAN-EZ od 2011 radary czeskie; aktualnie: praca testowa radarów polskich



Wartości dzienne RADOLAN-ME z dnia 27.10.2013 (00:00 do 23:55 UTC) na wycinku o promieniu 300 km wokół Głogowa nad Odrą
z lewej: praca właściwa; na środku: praca testowa 1; z prawej: praca testowa 2

Źródło: Elmar Weigl, DWD