

# GLOFAS EXTENDED RANGE FLOOD FORECAST SKILL FOR THE MAJOR RIVER BASINS IN BANGLADESH



Sazzad Hossain<sup>1,2</sup>, Hannah Cloke<sup>1</sup>, Andrea Ficchi<sup>1</sup>,  
Ervin Zsoter<sup>3</sup>, Liz Stephens<sup>1</sup>

[1] University of Reading, UK; [2] Flood Forecasting and Warning Centre, Bangladesh; [3] ECMWF  
*mdsazzad.hossain@pgr.reading.ac.uk*

# Outline

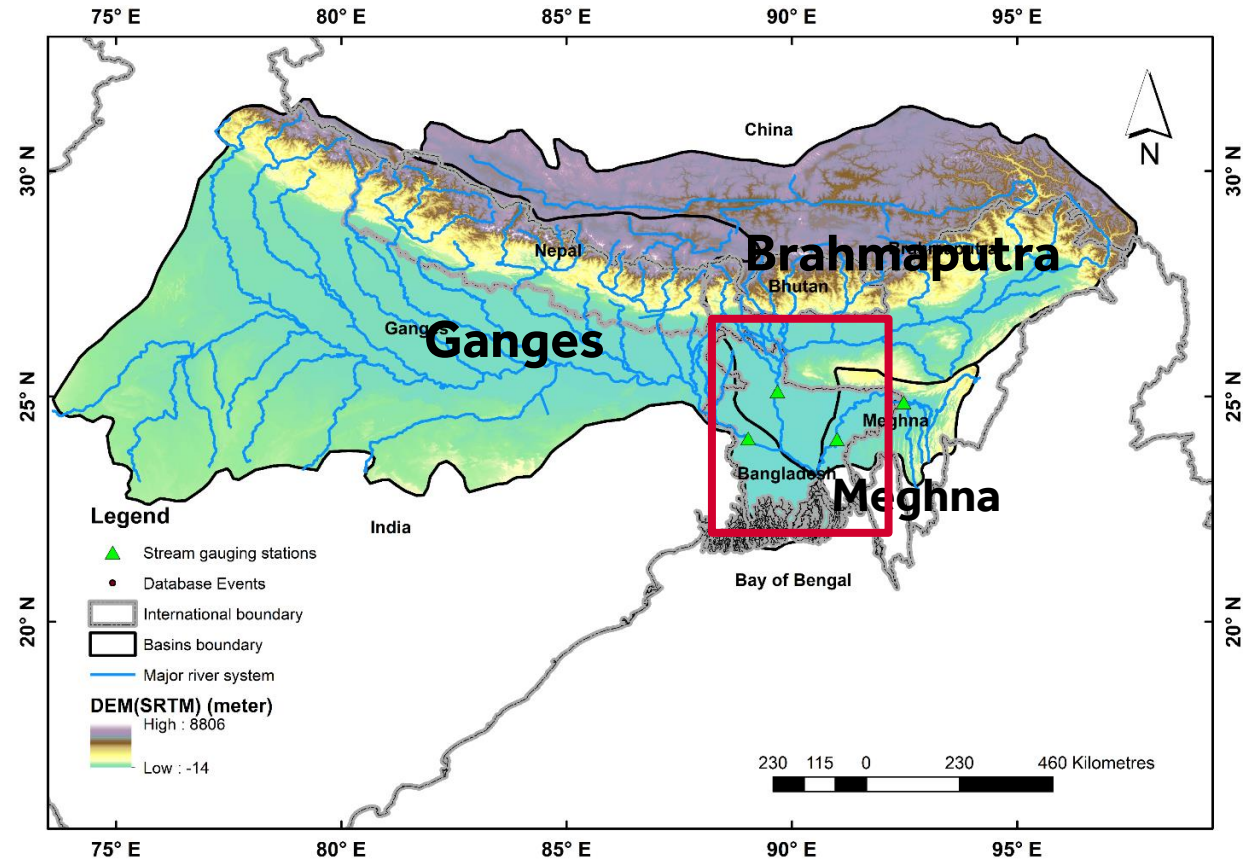
- **Background**
- **River basins**
- **Flood characteristics in Bangladesh**
- **GloFAS forecast for Bangladesh (case study for several flooding)**

# Background

- Flood occurs annually during the South Asian monsoon (June to September)
- Average 20 % of the country inundates during a normal monsoon flooding
- Agriculture is one of the most important sector severely affected by flooding
- Flood forecasting operational-Short-term deterministic forecast
- GloFAS is giving 1-30 day forecast information and used in flood preparedness
- Looking forward for large scale application GloFAS forecast for operational flood forecasting in Bangladesh

# River basins

- Brahmaputra
- Ganges
- Meghna



- Bangladesh is located at the downstream boundary of the basins
- Flood plain delta

# River basins area

Basin	Total basin area (km <sup>2</sup> )	Basin areas (km <sup>2</sup> )				
		India	Nepal	Bhutan	China	Bangladesh
<b>Brahmaputra</b>	<b>552000</b>	<b>195000</b>	<b>-</b>	<b>47000</b>	<b>270900</b>	<b>39100</b>
<b>Ganges</b>	<b>1087300</b>	<b>860000</b>	<b>147480</b>	<b>-</b>	<b>33520</b>	<b>46300</b>
<b>Meghna</b>	<b>82000</b>	<b>47000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>35000</b>
<b>Total</b>	<b>1721300</b> <b>(100%)</b>	<b>1102000</b> <b>(64.02%)</b>	<b>147480</b> <b>(8.57%)</b>	<b>47000</b> <b>(2.73%)</b>	<b>304420</b> <b>(17.69%)</b>	<b>120400</b> <b>(7%)</b>

**\*Bangladesh shares only 7% area**

# Flood Characteristics

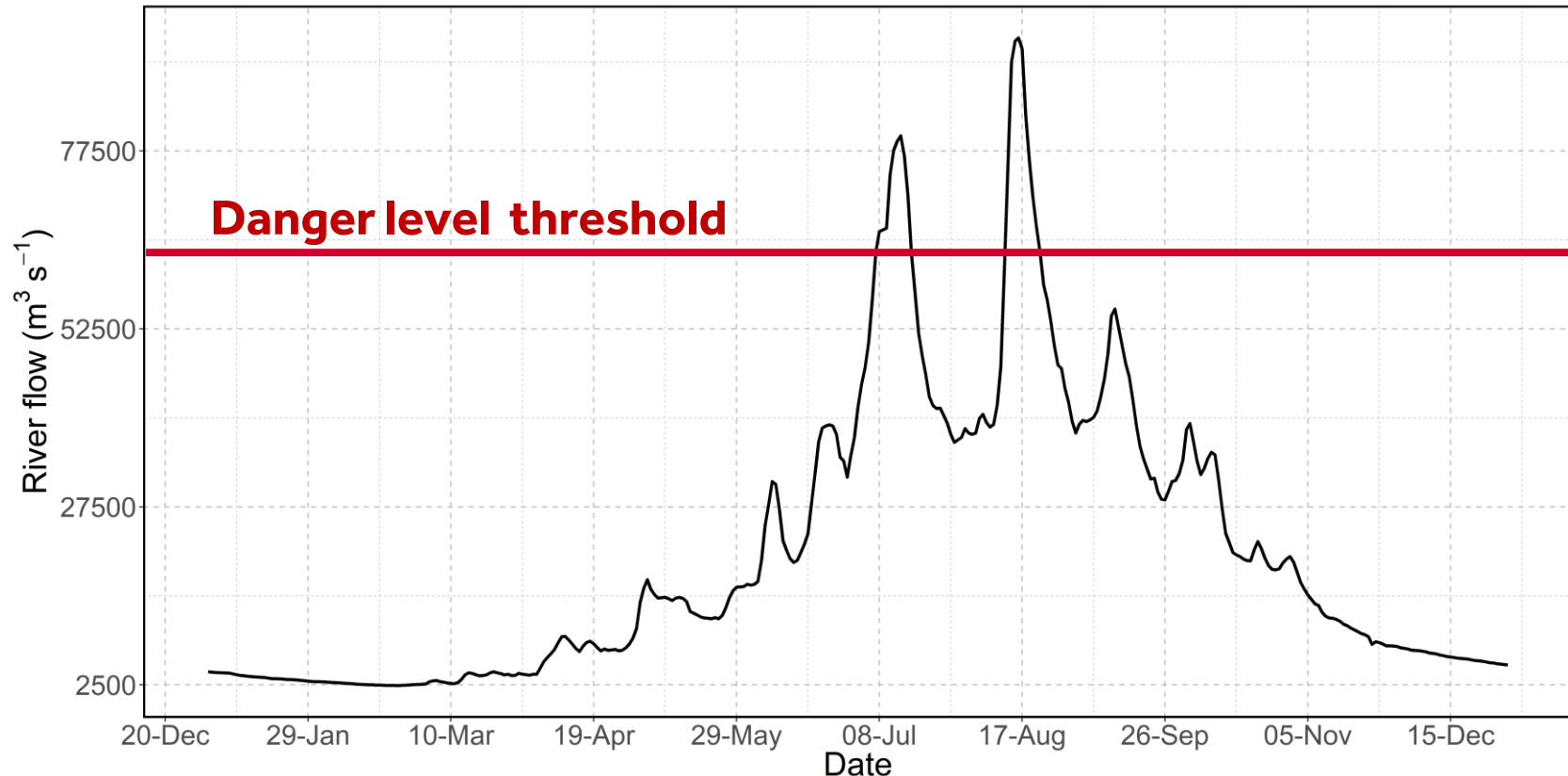
## □ Flooding time and duration

- Flood peak in the Brahmaputra – First flood event:  
July –August
  - Second flood event: September (less frequent)
- Ganges: August to September
- Meghna – First event : July –August
  - Second event : September (less frequent)
- **Duration:**
- Few days to more than 2 month



# Flood Hydrograph

## Brahmaputra river

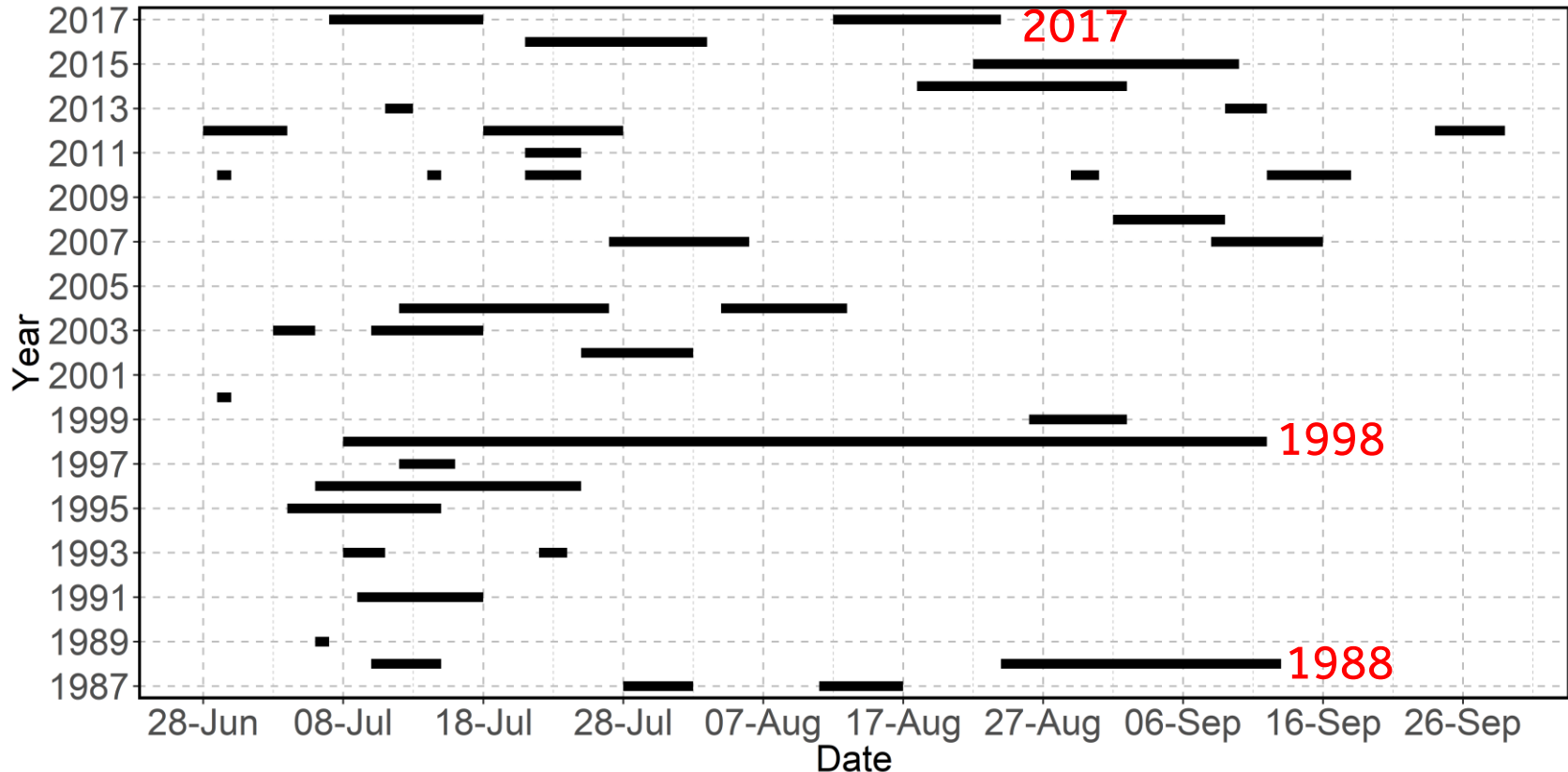


- **Several flood peaks during the monsoon based on the rainfall events**

Hossain et al. 2019 (to be submitted to HESS). "Hydrometeorological drivers of the 2017 flood in the Brahmaputra basin in Bangladesh"

# Flood pulses during monsoon

**River: Brahmaputra, Station: Bahadurabad steam gauging in Bangladesh**



- Large annual variation in periods of exceedance

Hossain et al. 2019 (to be submitted to HESS). "Hydrometeorological drivers of the 2017 flood in the Brahmaputra basin in Bangladesh"



# Challenges of flood forecasting

- **Transboundary river basins**
- **Absence of basin wide flood forecasting with riparian countries**
- **Limited upstream (riparian countries) hydrological information**
- **Monsoon precipitation (follows active and break spells)**
- **Prediction of flood timing, flood peak and duration is essential for Agriculture planning**

## **Opportunity:**

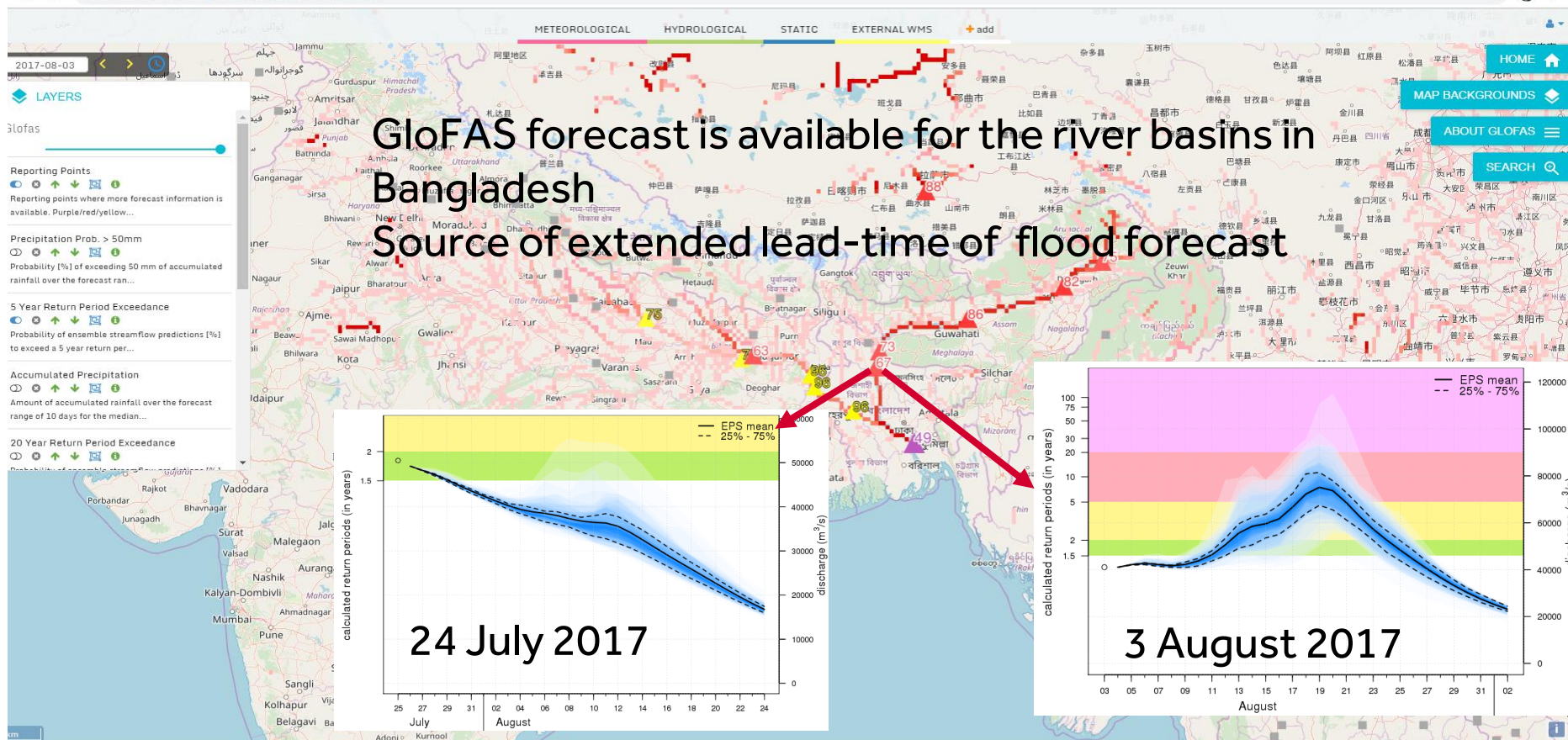
- **Application of extended range hydrometeorological forecast for improved flood prediction**

## Data

- **GloFAS 30-day v2 forecast reruns, period 1997 to 2018**
- **Observed river flow: Estimated using rating curve**
- **Flood forecast hydrograph study for flood timing, peak and duration**
- **NSE and ROC score**

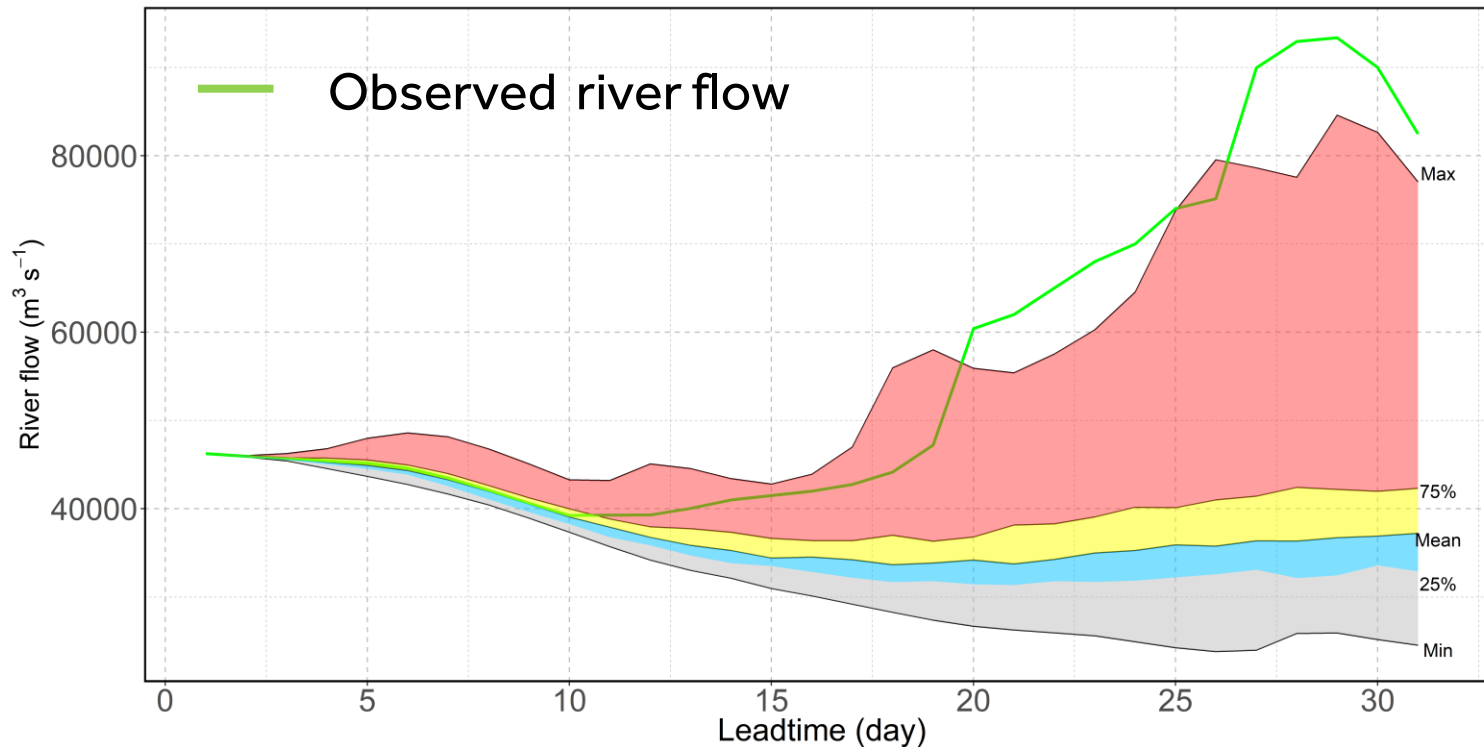
# Global Flood Awareness System (GloFAS)

<http://www.globalfloods.eu/glofas-forecasting/>



# Brahmaputra flooding in 2017

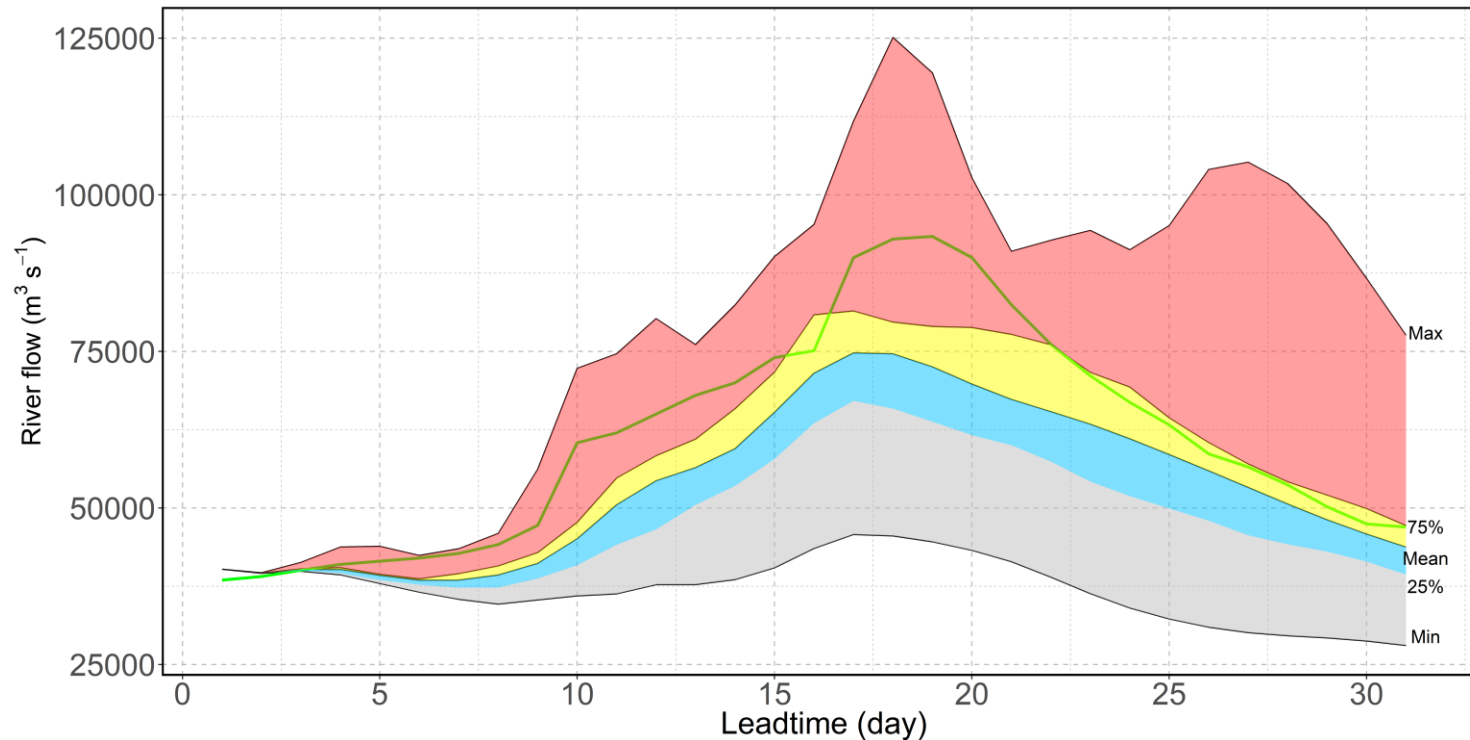
- Date of forecast 24 July 2017



- Clearly some ensemble members give signal of flooding with 1 month lead-time

# Brahmaputra flooding in 2017

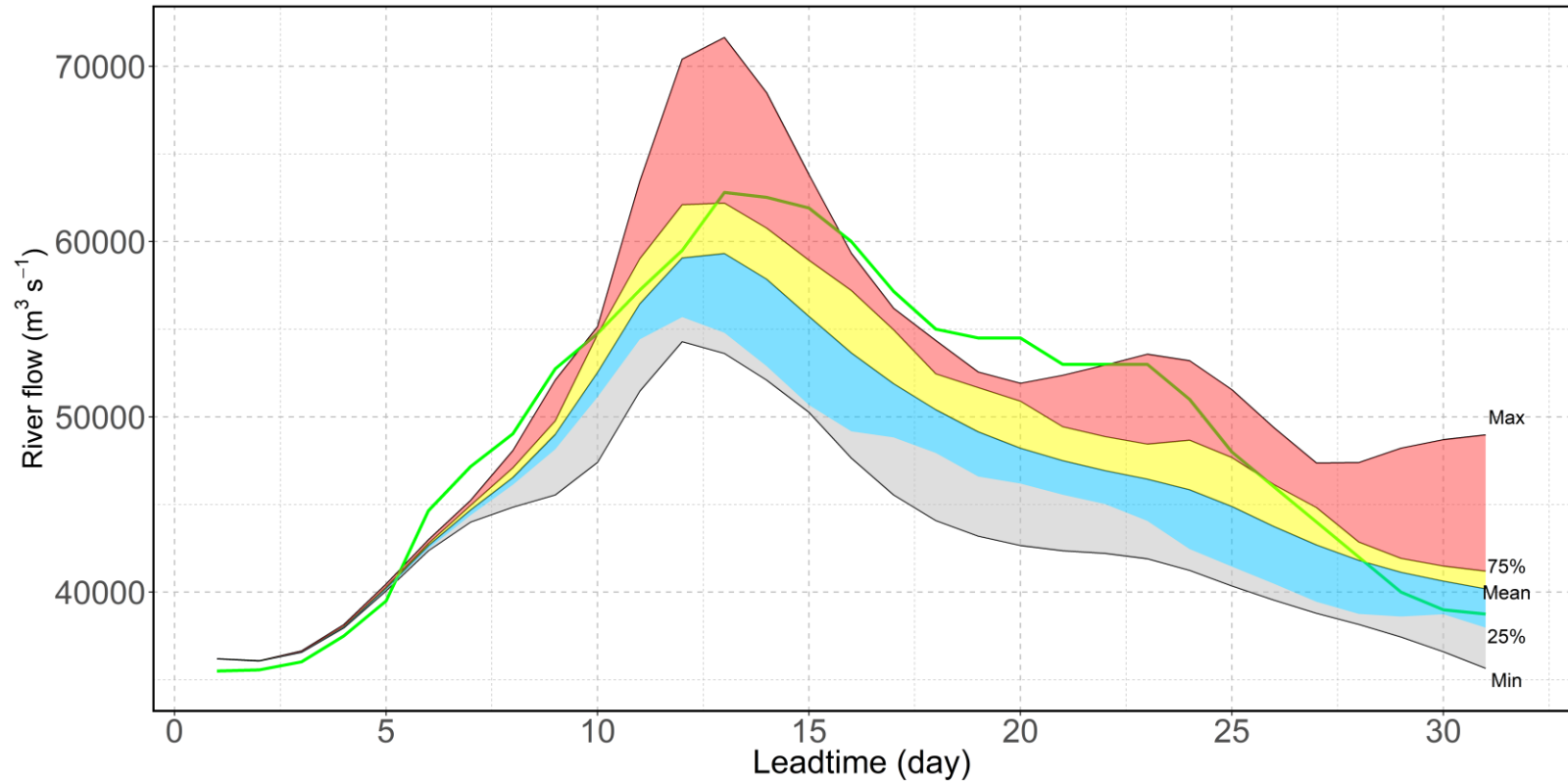
Forecast date 03 August 2017



- Forecast on 03 August shows GloFAS timely prediction of flood peak, duration
- 15-day lead-time prediction quite important for flood preparedness

# Ganges flooding 2016

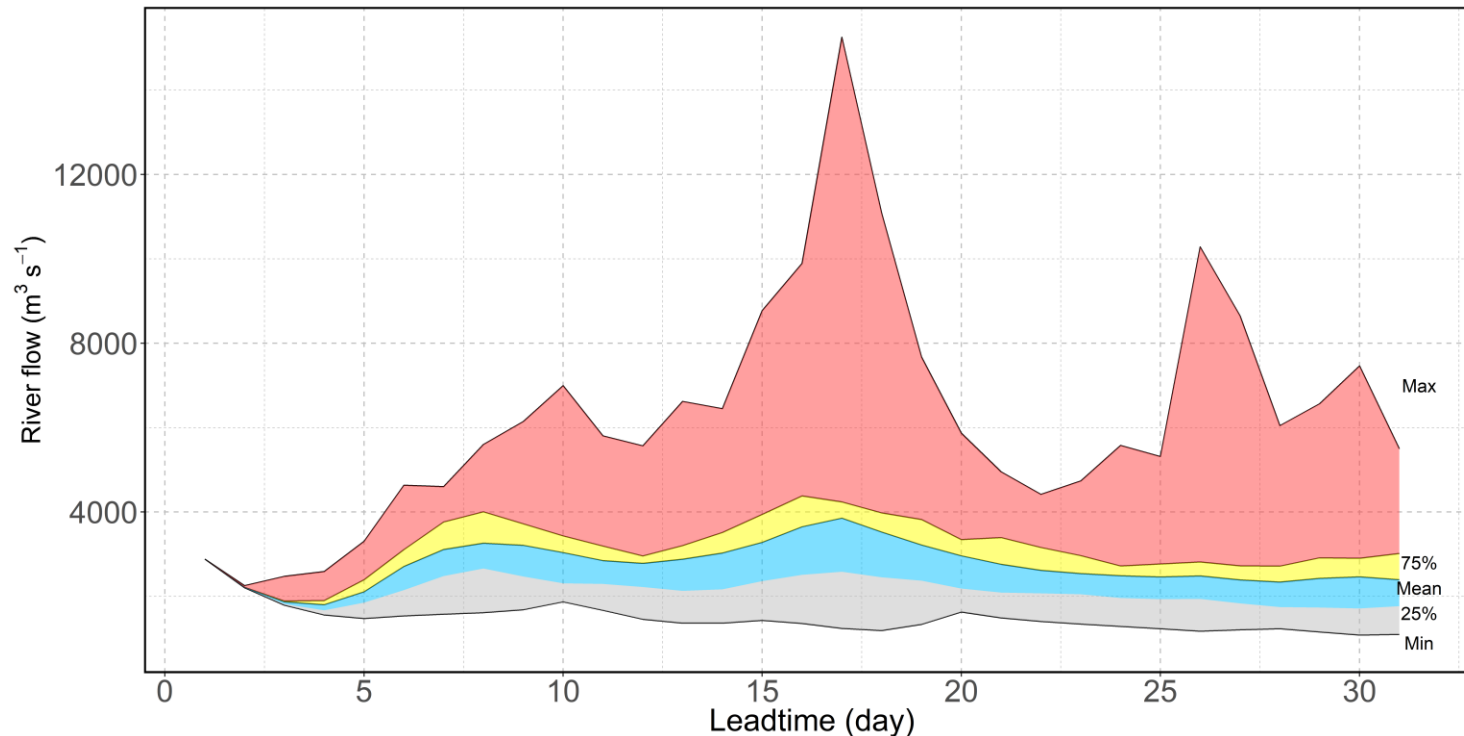
Forecast date 08 August 2016



- **Successfully predicted peak two weeks ahead**

# Meghna river (upper catchment) flood 2017

## Forecast data 8 June 2017

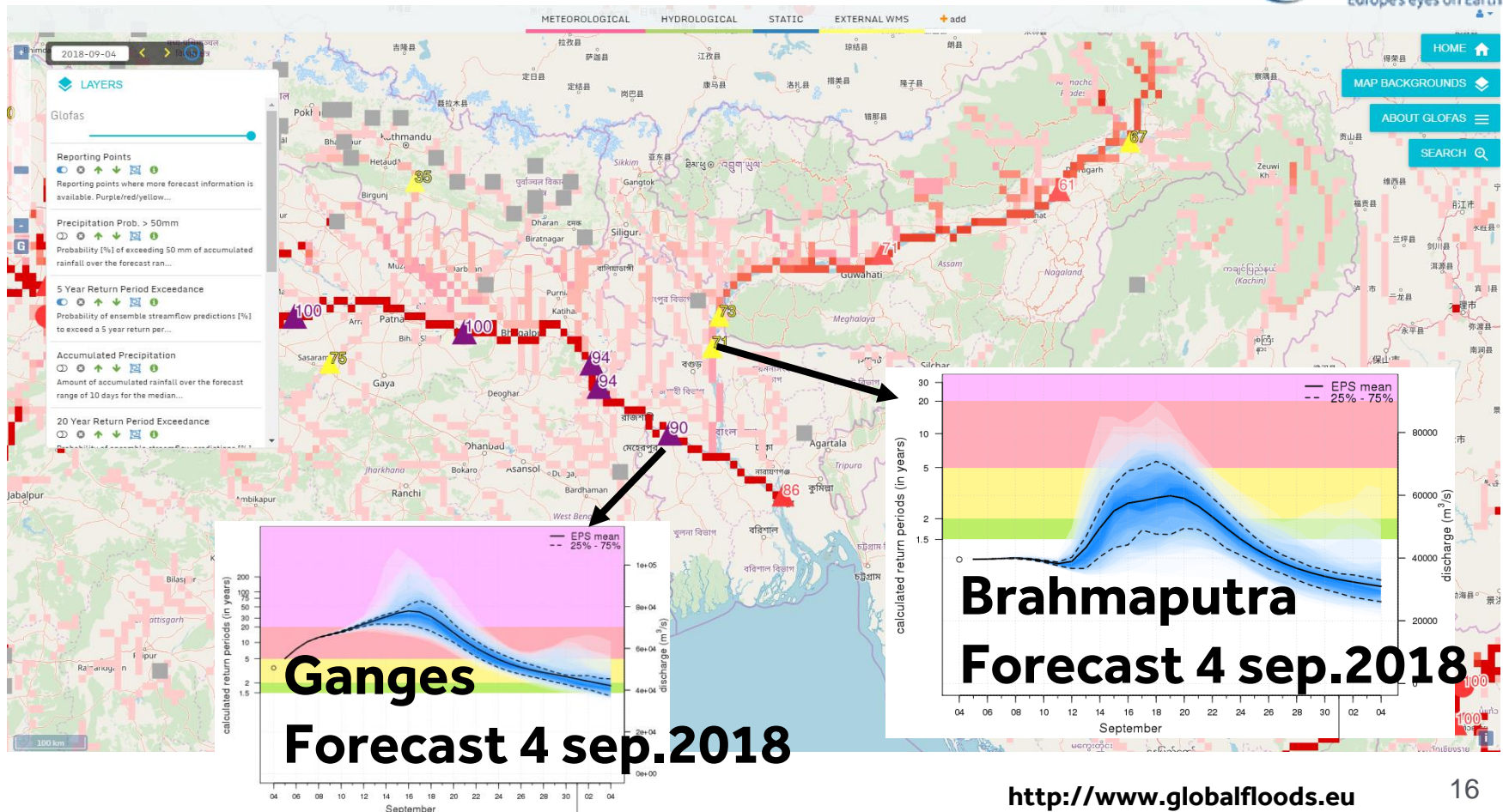


- **GloFAS was very consistent in prediction for the relatively small catchment**
- **Predicted flood duration 20 June to 20 July**



# 2018 Peak flow prediction in September

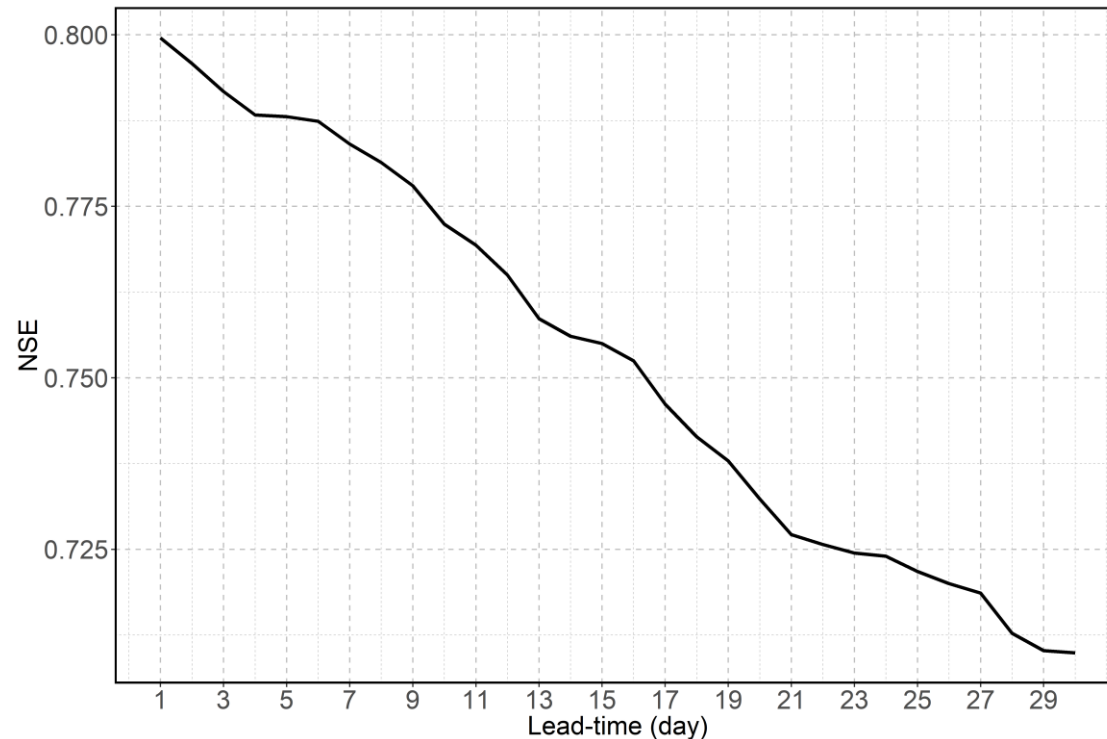
## Potential timing of peak flow synchronization



# Statistical skills

## Brahmaputra river

### Nash-Sutcliffe efficiency (Mean ensemble)

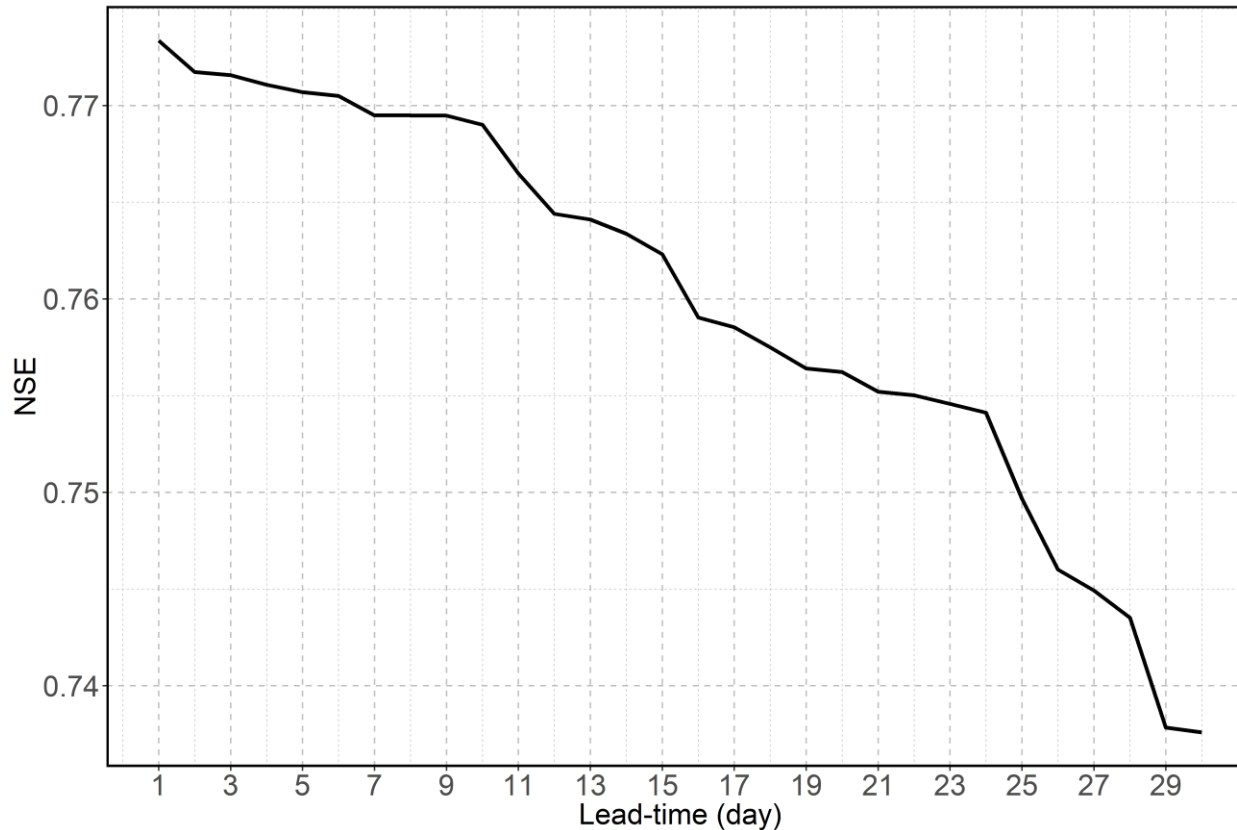


- NSE steadily decreases with the lead-time
- NSE varies from 0.79 to 0.72

# Ganges river

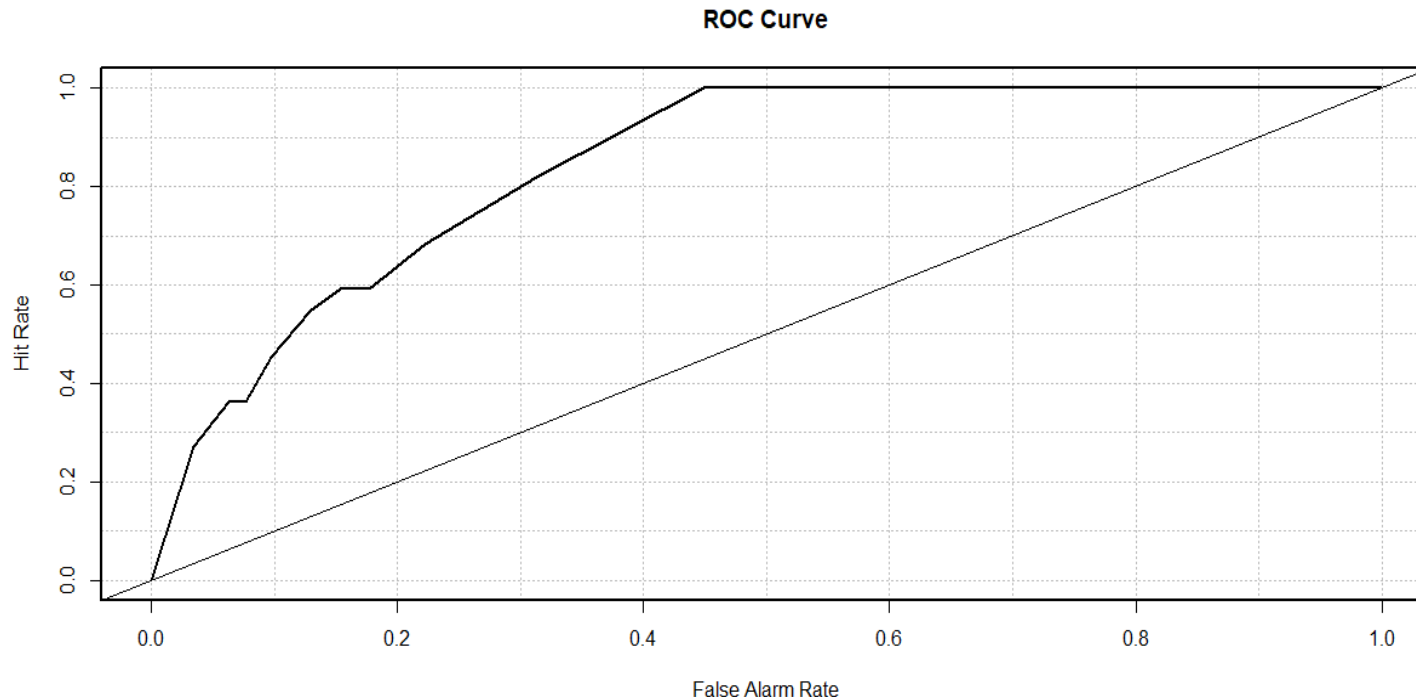
Station: Harding Bridge stream gauge

## Nash-Sutcliffe efficiency (Mean ensemble)



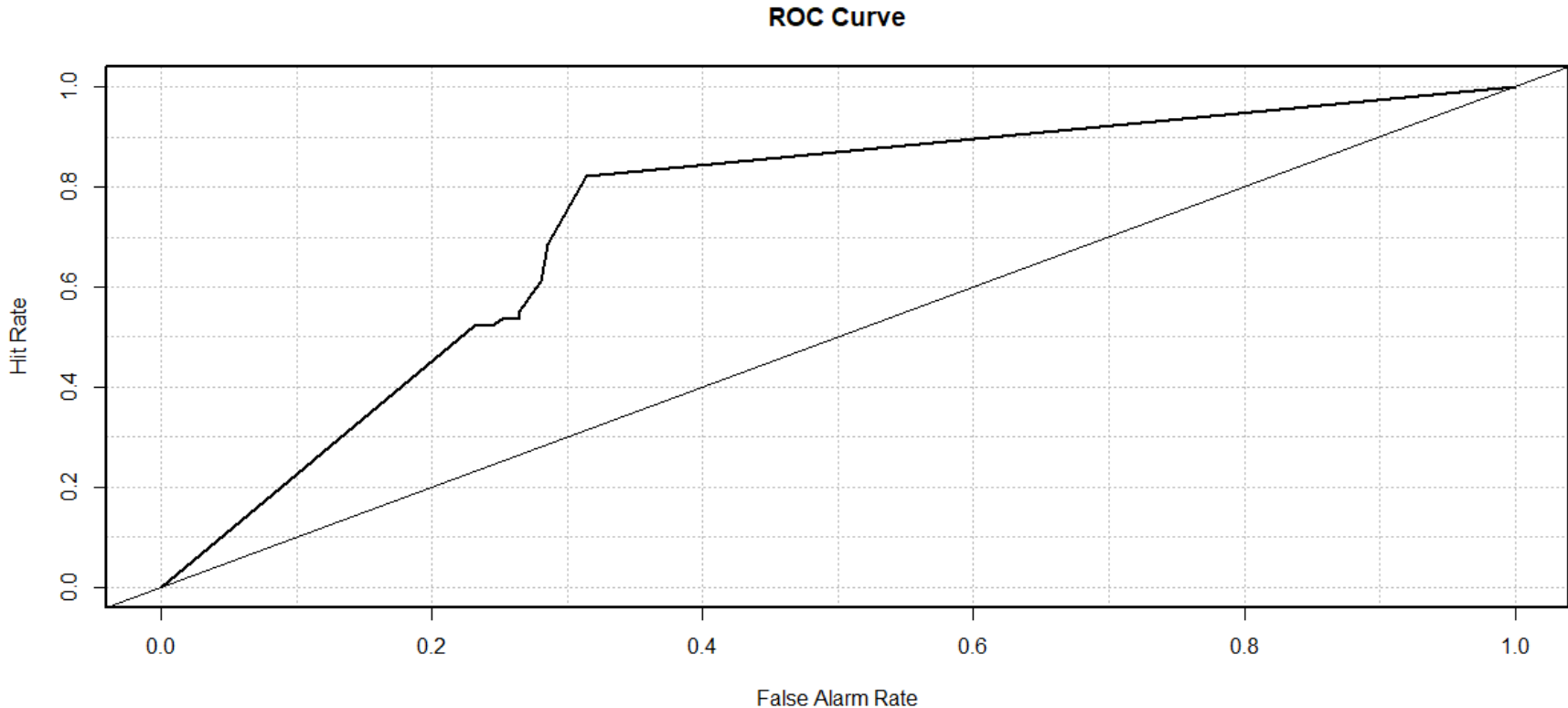
NSE decreases from 0.77 to 0.72 (from 7 to 30-days)

# Brahmaputra Relative Operative Curve (ROC) 15 days lead-time



**Area under the ROC curve: 0.80**

# Ganges Relative Operative Curve 15 days lead-time



**Area under the ROC curve: 0.74**

# Flood Management decisions

- Providing extended range flood forecast outlook based on GloFAS forecast by the Flood Forecasting Centre in Bangladesh
- Forecast information is provided to districts level Flood Management and Disaster management offices
- Briefing to policy level in ahead of flooding

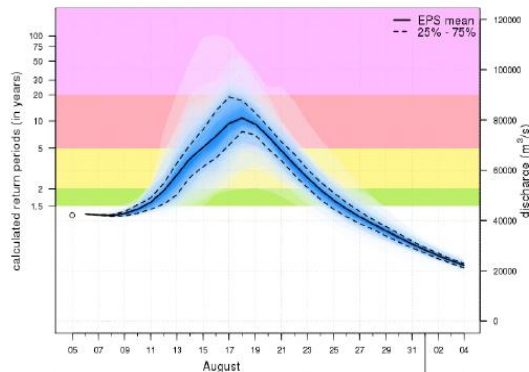


# 2017 emergency management initiative before flood

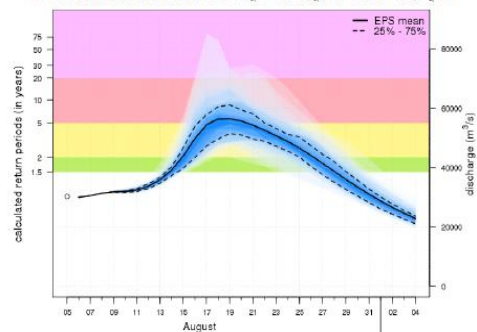
## GloFAS forecast hydrograph

নদী পানি প্রবাহের সম্ভাব্য (Probabilistic) পূর্বাভাস

Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) এর Medium-Range Ensembles পূর্বাভাসের উপর ভিত্তি করে দেখা যাচ্ছে যে, ৮ অগস্ট হতে বদনা নদীর পানি সৃষ্টির প্রবাহ ক্রমাগত বৃদ্ধি পেতে পারে বা চলতি অগস্ট মাসের ১৭ হতে ১৮ তারিখ পর্যন্ত বৃদ্ধি হতে পারে। এই সময়ে পানি সৃষ্টির কারণে বদনা নদীর পানি সমস্ত কোথাও বিপরীত সীমার কাছাকাছি আসতে পারে বা অতিক্রম করতে পারে। অতএব পানি প্রবাহ ৯ অগস্ট হতে ক্রমাগত বৃদ্ধি পেতে পারে বা চলতি অগস্ট মাসের ১৭ হতে ১৮ তারিখ পর্যন্ত বৃদ্ধি হতে পারে। এই সময়ে পানি সৃষ্টির কারণে গঙ্গা নদীর পানি সমস্ত কোথাও বিপরীত সীমার কাছাকাছি আসতে পারে।



চিত্র: Global Flood Awareness মডেলের বদনা নদীর বায়দুরাবাদ পয়েন্টের প্রবাহের পূর্বাভাস



চিত্র: Global Flood Awareness মডেলের গঙ্গা নদীর হাজিগঞ্জ ব্রিজ পয়েন্টের প্রবাহের পূর্বাভাস (সূত্র: Global Flood Awareness মডেল)

## Sandbags are prepared to prevent overtopping embankment and potential breach



(Brahmaputra river, Location: Sirajganj)

Photo courtesy: Executive Engineer, BWDB  
Sirajganj

Sazzad Hossain (mdsazzad.hossain@pgr.reading.ac.uk)



# 2018 anticipated flooding

Government press release  
Ministry of Water Resources, Bangladesh

According to GloFAS  
extended range  
forecast , “there may  
be one peak flow mid  
of September, that will  
not create flooding  
situation”

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার  
পানি সম্পদ মন্ত্রণালয়  
প্রশাসন-২ শাখা  
বাংলাদেশ সচিবালয়, ঢাকা।  
[www.mowr.gov.bd](http://www.mowr.gov.bd)

বিষয়: চীনে অতিবৃষ্টিজনিত কারণে ব্রহ্মপুত্র নদীতে পানি বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে চীন কর্তৃক ভারতকে সতর্ক বার্তা এবং ভারত কর্তৃক বাংলাদেশকে সতর্ক বার্তা প্রেরণের কারণে আকস্মিক দুর্যোগ মোকাবেলার ব্যবস্থা গ্রহণ সম্পর্কিত সভার কার্যবিবরণী।

সভাপতি : কবির বিন আনোয়ার  
ভারপ্রাপ্ত সচিব, পানি সম্পদ মন্ত্রণালয়  
সভার তারিখ : ০৬ সেপ্টেম্বর ২০১৮  
সময় : বিকাল ০৪.৩০ টা।  
স্থান : সভাকক্ষ, পানি সম্পদ মন্ত্রণালয়, বাংলাদেশ সচিবালয়।

সভায় উপস্থিত কর্মকর্তাগণের নামের তালিকা পরিশিষ্ট-ক-তে সংযুক্ত।

২। সভাপতি উপস্থিত কর্মকর্তাবৃন্দকে স্বাগত জানিয়ে সভার কাজ শুরু করেন। তিনি সভায় বিভিন্ন সংস্থা থেকে আগত প্রতিনিধিবৃন্দকে চীনে অতিবৃষ্টিজনিত কারণে ব্রহ্মপুত্র নদীতে পানি বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে ভারত এবং বাংলাদেশ প্রাপ্ত হওয়ার আশংকা দেখা দেয়ার বিষয়টি তুলে ধরেন। তিনি জানান, এ বিষয়ে চীন কর্তৃক ভারতকে সতর্ক বার্তা এবং ভারত কর্তৃক বাংলাদেশকে সতর্ক বার্তা প্রেরণ করা হয়েছে। সভাপতি সভায় আগত বাংলাদেশ পানি উন্নয়ন বোর্ডের প্রতিনিধিকে উদ্ধৃত্ত পরিস্থিতির সঠিক তথ্য উপস্থাপন ও এ বিষয়ে করণীয় সম্পর্কে সকলের মতামত আহ্বান করেন।

৩। বাংলাদেশ পানি উন্নয়ন বোর্ডের 'বন্যা পূর্বাভাস ও সতর্কীকরণ কেন্দ্র' এর নির্বাহী প্রকৌশলী পাওয়ার পয়েন্ট Presentation এর মাধ্যমে চীনে ব্রহ্মপুত্র নদীর পানির অবস্থান তুলে ধরেন এবং সভাকে নিম্নবর্ণিত বিষয়সমূহ অবহিত করেন:

- ব্রহ্মপুত্র অববাহিকার উৎসমুখে চীনের তিব্বতে অতি ভারী বৃষ্টিপাতের প্রভাবে গত ২৩ আগস্ট, ২০১৮ হতে নদের চীন-ভারত সীমান্ত সংলগ্ন অংশে পানি প্রবাহ দ্রুত বৃদ্ধি পায়। ২৩ আগস্ট ব্রহ্মপুত্র নদের উল্লেখ্য অংশে চীনের Nuxia স্টেশনে প্রবাহ ছিল ৭০০০ কিউমেক, যা ৯ দিনে ৪০০০ কিউমেক বৃদ্ধি পেয়ে ১ সেপ্টেম্বর ১১০০০ কিউমেক এ পৌঁছে এবং পরবর্তীতে ক্রমান্বয়ে হাস পেতে থাকে।
- চীন হতে আগত ব্রহ্মপুত্র নদের মূল প্রবাহ ভারতের অরুণাচলের পার্বত্য এলাকার আরও উপনদীসমূহের মিলনের ফলে ডিব্রুগড় ব্রহ্মপুত্র সুপ্রশস্ত রূপ ধারণ করে। সুপ্রশস্ত রূপ ধারণের ফলে এখানে নদের প্রবাহ ধারণ ক্ষমতা চীনের অংশ থেকে বিপুল পরিমাণে বৃদ্ধি ঘটে। উল্লেখ্য, বাংলাদেশ সীমান্ত হতে ডিব্রুগড়ের দূরত্ব প্রায় ৫০০ কিমি, এবং ডিব্রুগড় থেকে Nuxia র দূরত্ব প্রায় ২০০ কিমি।
- চীন অংশ হতে ধারণক্ষমতার বৃদ্ধির ফলে ব্রহ্মপুত্র নদের ডিব্রুগড়ে ৯ দিনে ৪০০০ কিউমেক প্রবাহ বৃদ্ধির কোনো উল্লেখযোগ্য প্রভাব পরিলক্ষিত হয়নি এবং বর্তমানে ডিব্রুগড়ে ব্রহ্মপুত্র নদের পানি সমতল হাস পাচ্ছে।
- ব্রহ্মপুত্র নদের বাংলাদেশ অংশ অধিকতর সুপ্রশস্ত এবং চীন অংশ হতে পানি ধারণ ক্ষমতা এখানে ৮-১০ গুণ বেশি। উল্লেখ্য যে চীন এবং অরুণাচলের পার্বত্য এলাকায় নদী সমতল অংশের তুলনায় বেশ সরু।
- ২৮/০৮/২০১৮ তারিখে বাংলাদেশের বাহাদুরাবাদ পয়েন্টে ব্রহ্মপুত্র নদের প্রবাহ ছিল প্রায় ৩৮০০০ কিউমেক। উল্লেখ্য যে, ব্রহ্মপুত্র নদ স্বাভাবিকভাবে ৬০০০০ কিউমেক প্রবাহ পরিবহনে সক্ষম। তাই অতিরিক্ত ৪০০০ কিউমেক প্রবাহ নদের ধারণক্ষমতা অতিক্রম করবে না। অধিকন্তু চীনের Nuxia হতে বাংলাদেশের বাহাদুরাবাদ পয়েন্টের দূরত্ব প্রায় ৮০০ কিমি হওয়ায় এই প্রবাহের মাত্রা আরও হ্রাস পাবে।
- স্যাটেলাইট চিত্র বিশ্লেষণে দেখা গেছে, চীন অংশে বৃষ্টিপাত কমে এসেছে এবং আগামী সপ্তাহে ওখানে বৃষ্টিপাতের দরুণ উল্লেখযোগ্য হারে প্রবাহ বৃদ্ধির সম্ভাবনা নেই। এ সকল বিষয়বলীর প্রেক্ষিতে প্রতীয়মান, চীনে বন্যাজনিত কারণে ব্রহ্মপুত্র নদে বাংলাদেশ অংশে বন্যার সম্ভাবনা নেই। বাহাদুরাবাদ পয়েন্টে ৫ দিনের পূর্বাভাস অনুযায়ী পানি সমতল স্থিতিশীল থাকবে।
- বন্যা পূর্বাভাস ও সতর্কীকরণ কেন্দ্র, Global Flood Awareness System এবং আবহাওয়ার মধ্যমেয়াদী পূর্বাভাস হতে দেখা যাচ্ছে যে, মৌসুমী বৃষ্টিপাতের প্রভাবে আগামী সপ্তাহের শেষ নাগাদ ব্রহ্মপুত্র নদের পানি প্রবাহের বৃদ্ধি ঘটতে শুরু করতে পারে যা একটি স্বাভাবিক ঘটনা। চীনে বন্যাজনিত কারণে উক্ত প্রবাহ বৃদ্ধির কোনো সম্ভাবনা নেই।

*Sazzad*

# Summary

**GloFAS ensemble forecasts successfully predict the flood events analysed with lead-time 15-30 days for the Brahmaputra, Ganges and Meghna River basins:**

1. Observed river flows are well within the range of the ensemble members at 15-day lead time
  2. GloFAS predicts very well the timing and duration of flooding for all the three basins
  3. For the exceptional 2017 flood a few ensemble members show a clear signal of severe flooding around a month ahead...
- The strength of ensembles!**

## Next steps

Forecast skill will be further evaluated:

- Using other skill scores: Bias, CRPS, Brier score, Reliability
- Over a larger sample of flood events

# Thank you

*mdsazzad.hossain@pgr.reading.ac.uk*