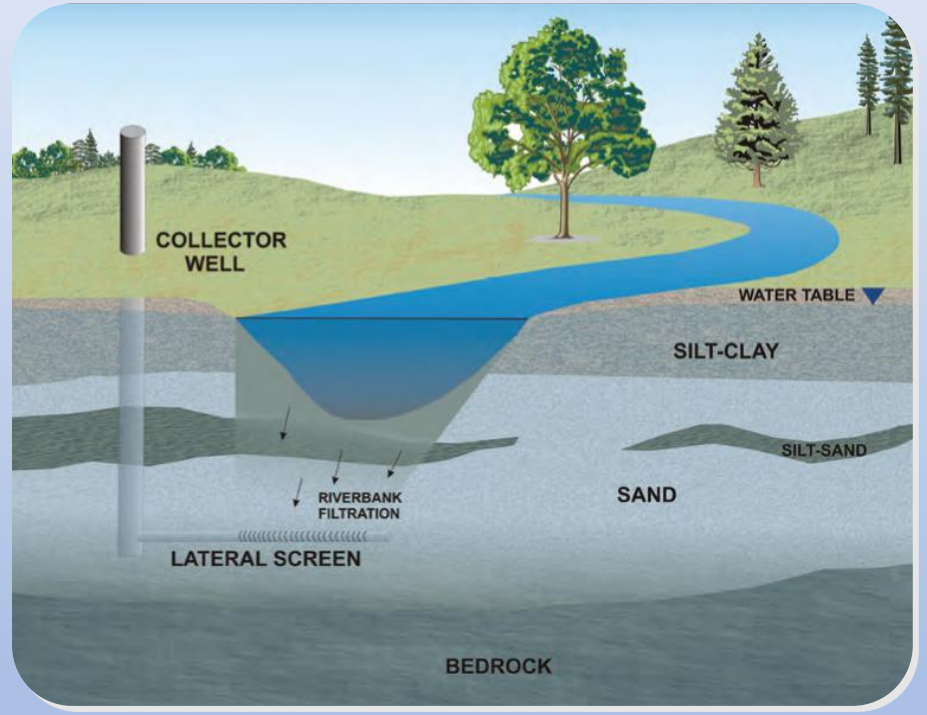
“การพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่”

โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration)



นายสิทธิศักดิ์ มั่นอยู่

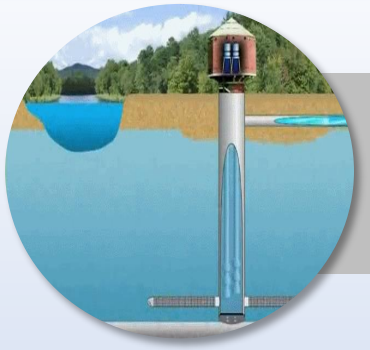
ผู้อำนวยการสำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 8 ราชบุรี

Outline

1. ข้อสังเกตการสูบน้ำบาดาลขนาดใหญ่ บริเวณ อ.บ้านโป่ง จ. ราชบุรี
2. หลักการและวิธีการในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่
3. ตัวอย่างการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ในต่างประเทศ
4. ความจำเป็นในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ของประเทศไทย
    - 4.1 ปัญหาปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ / แม่น้ำโขง / แม่น้ำปิง
    - 4.2 ปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม /แม่น้ำบางปะกง / แม่น้ำท่าจีน
    - 4.3 ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม (การสูบน้ำบาดาลที่เกินเกณฑ์สมดุลในบริเวณพื้นที่ จ.นครปฐม สมุทรสาคร สมุทรสงคราม)
5. แนวทางการพัฒนาน้ำบาดาลขนาดใหญ่ที่ต้องรีบดำเนินงาน (จาก vertical wellไปสู่ collector well)

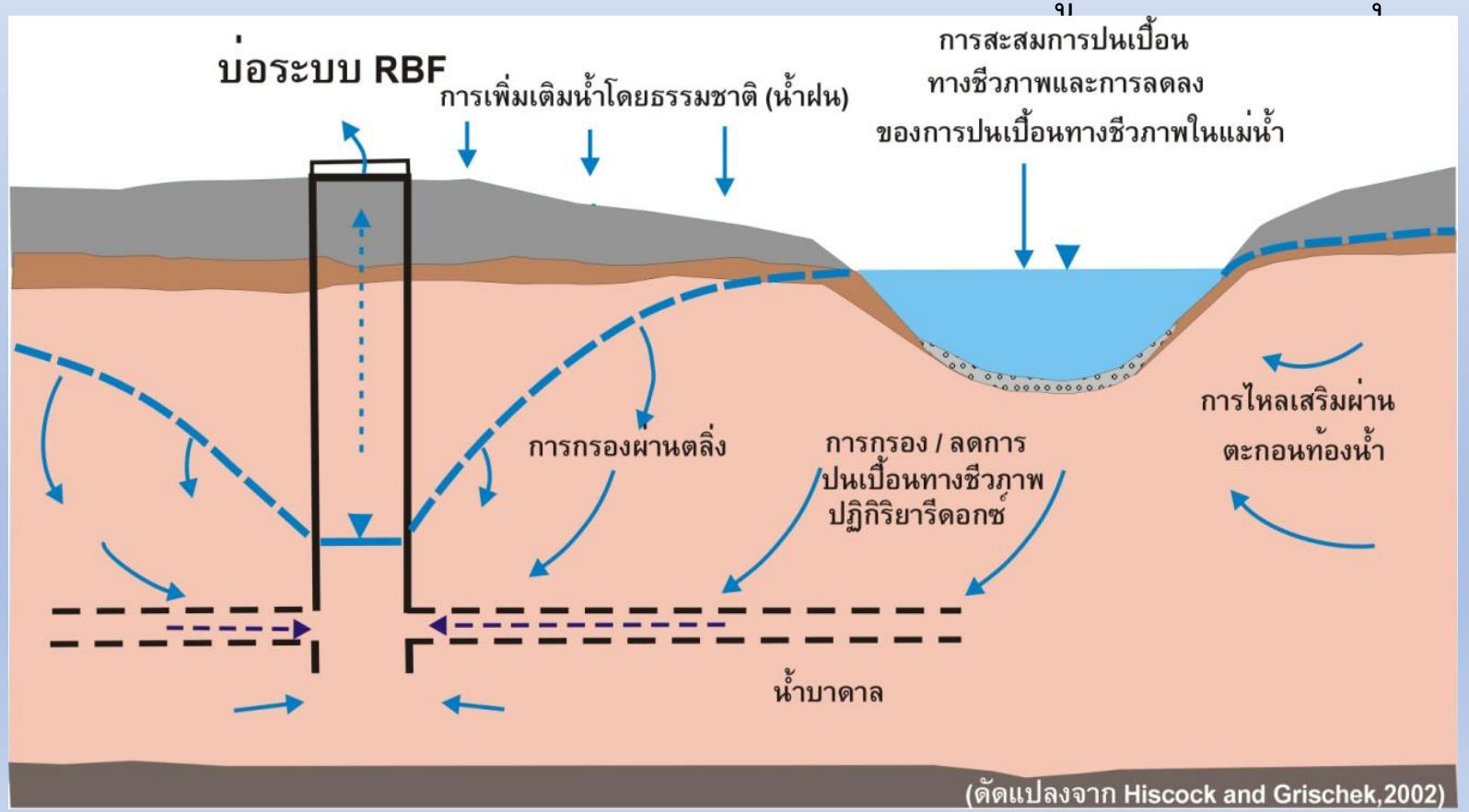
ข้อสังเกตการสูบน้ำบาดาลขนาดใหญ่ บริเวณ อ.บ้านโป่ง จ. ราชบุรี

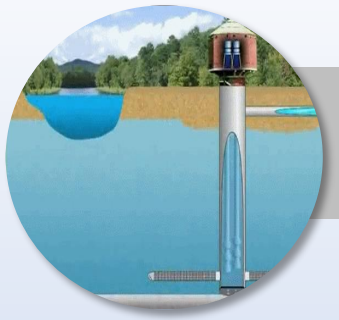
1. แม่น้ำแม่กลอง



หลักการของระบบการสูบน้ำบาดาลร่วมน้ำผิวดินที่ผ่านการกรองจากธรรมชาติ Riverbank Filtration (RBF)

RBF เป็นระบบสูบน้ำผสมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลที่ซึมผ่านชั้นกรวดทรายสู่ชั้นน้ำบาดาลตามชายฝั่งแม่น้ำ ถือเป็นการผลิตน้ำที่ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดคุณภาพน้ำ

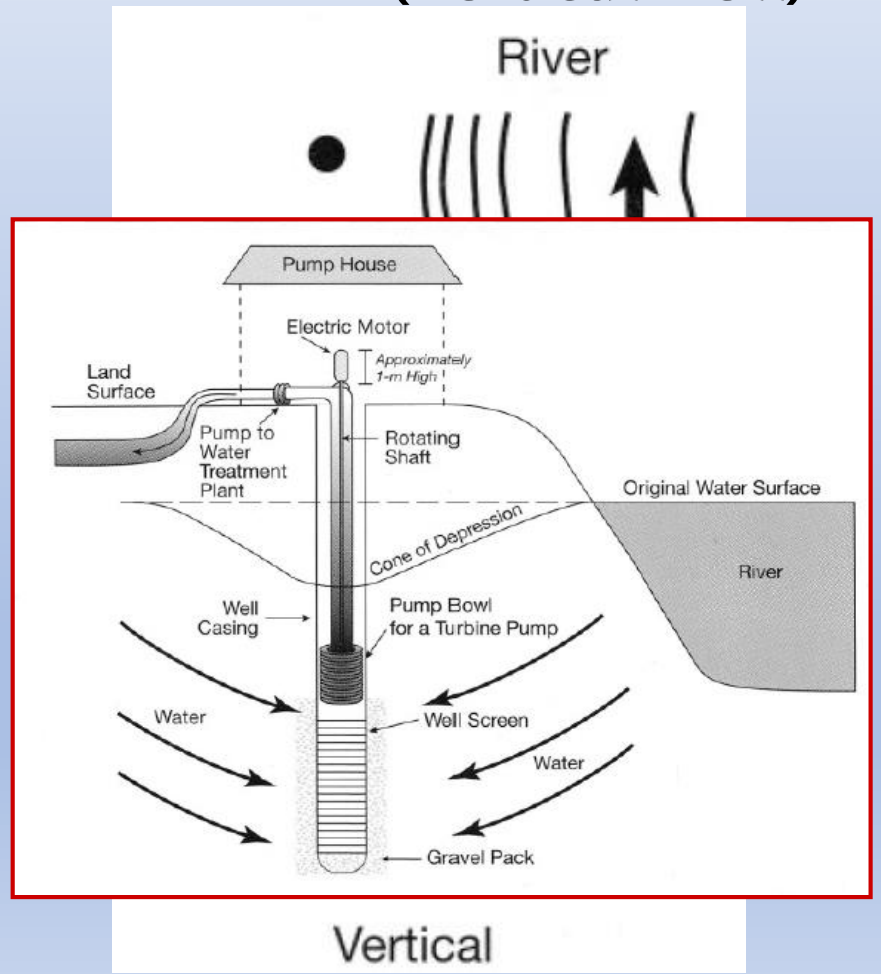


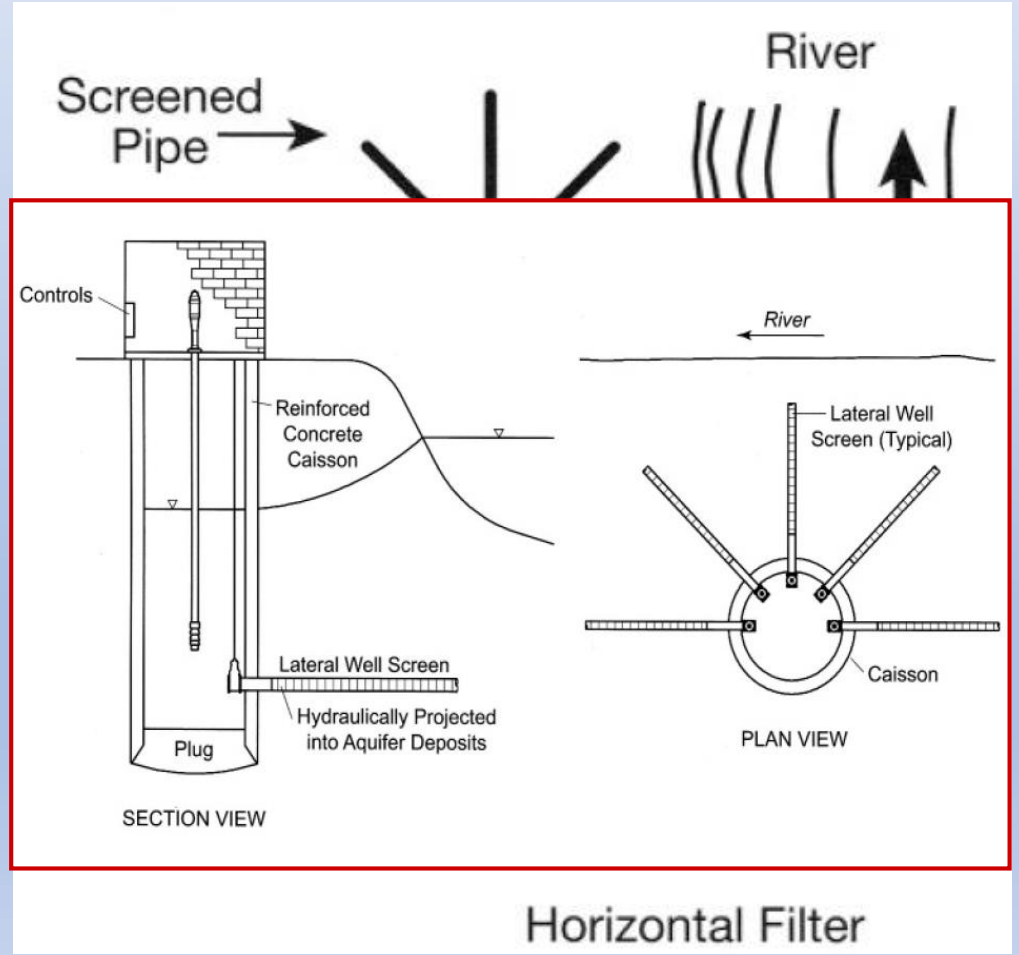


ประเภทของบ่อน้ำบาดาลในระบบ RBF

- บ่อแนวดิ่ง (Vertical well)

บ่อแนวนอน (Horizontal collector well)

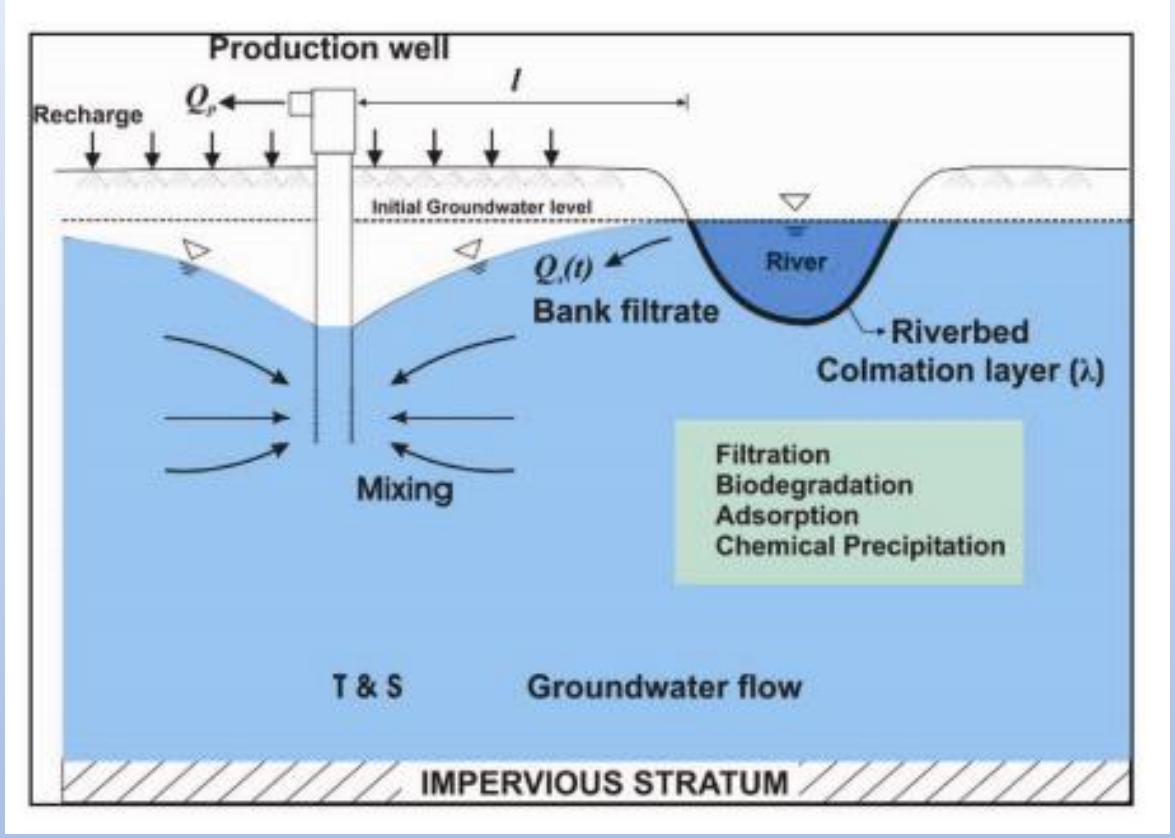




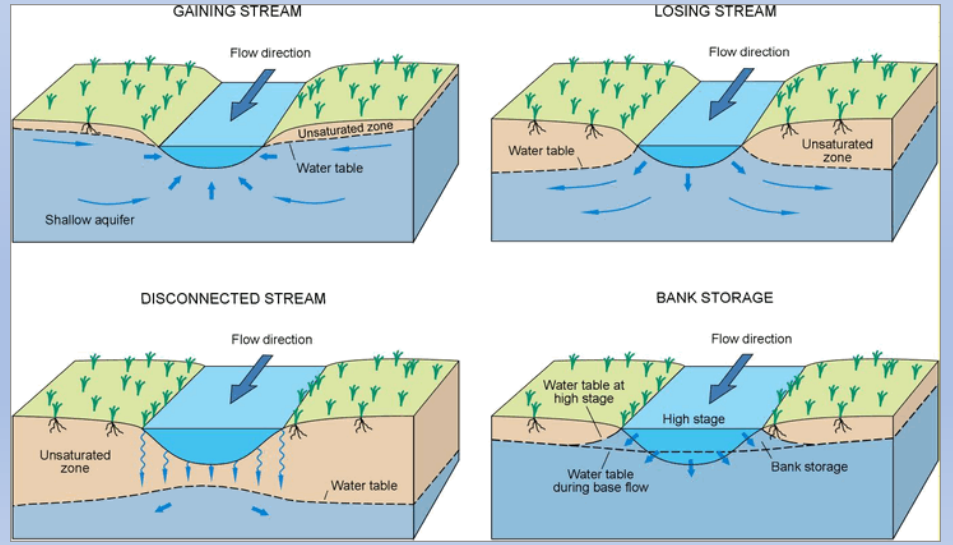
Removal of Pathogens & Organic Compounds

	Indicators	Bank filtration sites in Germany
Log removal of microbial pathogens	Total coliform	> 99.9 %
	E. coli	
	Clostridia	
	Enteric viruses	
Percent removal of organics	BOD	up to 82
	COD	up to 42
	DOC	> 40 %
	Atrazine	14 - 80

Stream-Aquifer Interactions



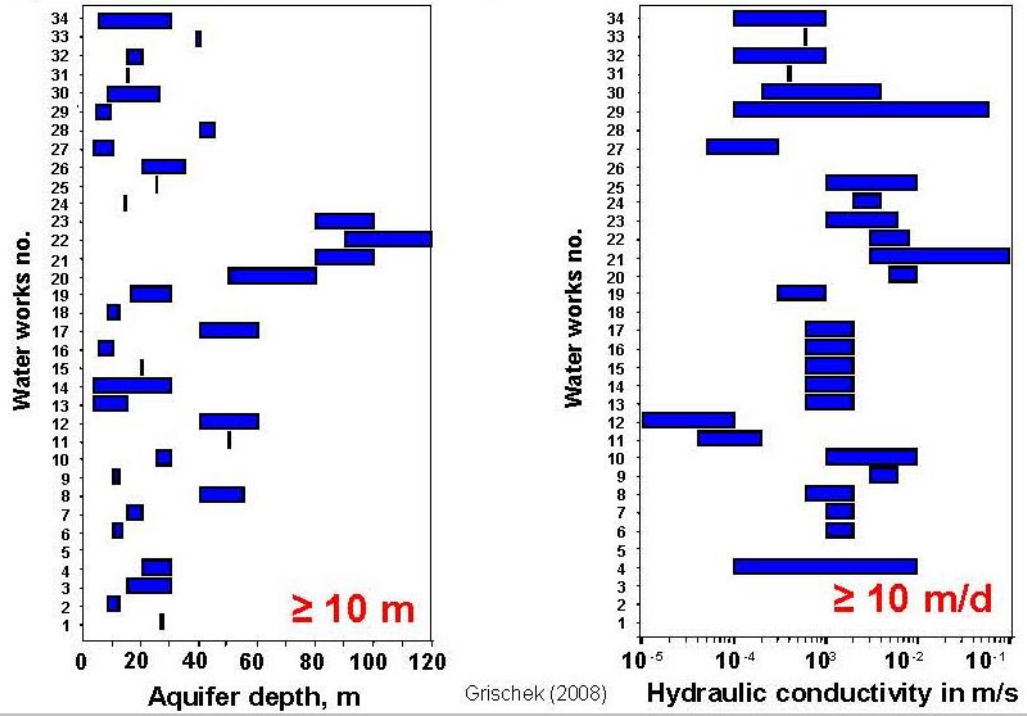
Production well between distance 20 m and 250 m depending upon hydrogeological and connectivity between river & underneath aquifer.



Hydrogeology

- Hydraulic connection between river and aquifer
- Unconfined or confined aquifer
- Aquifer thickness and hydraulic conductivity
- Distance to river

Aquifer Thickness and k-value

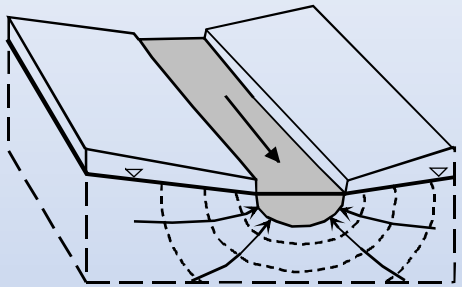


Appropriate Conditions for RBF

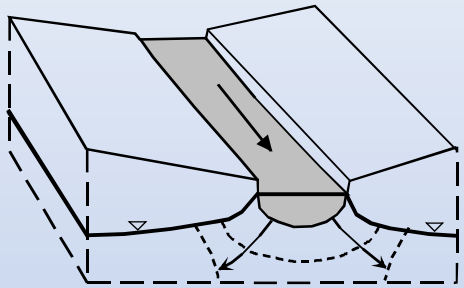
- Continuous river flow, stable river banks
- Sand and gravel river bed, bed erosion
- Average infiltration rates < 0.2 $m^3/(m^2 \times day)$
- Sand and gravel aquifers with a hydraulic conductivity > 1×10^{-4} m/s (about 10 m/d)
- Aquifer thickness > 10 m
- Distance between wells and river bank depending on objective

Grischek (2009)

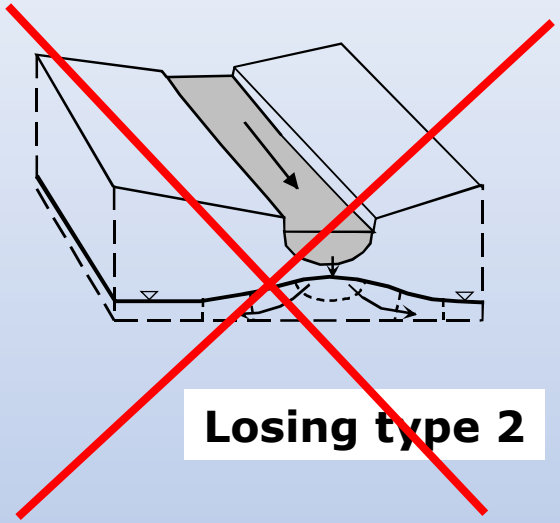
Surface Water – Groundwater Interaction



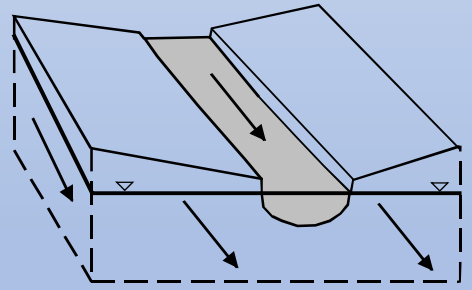
Gaining



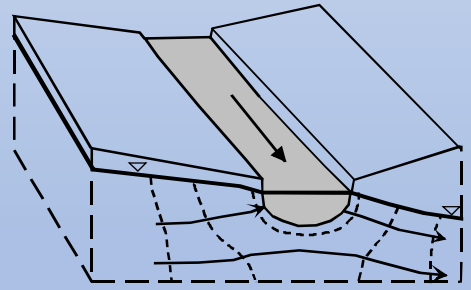
Losing type 1



Losing type 2

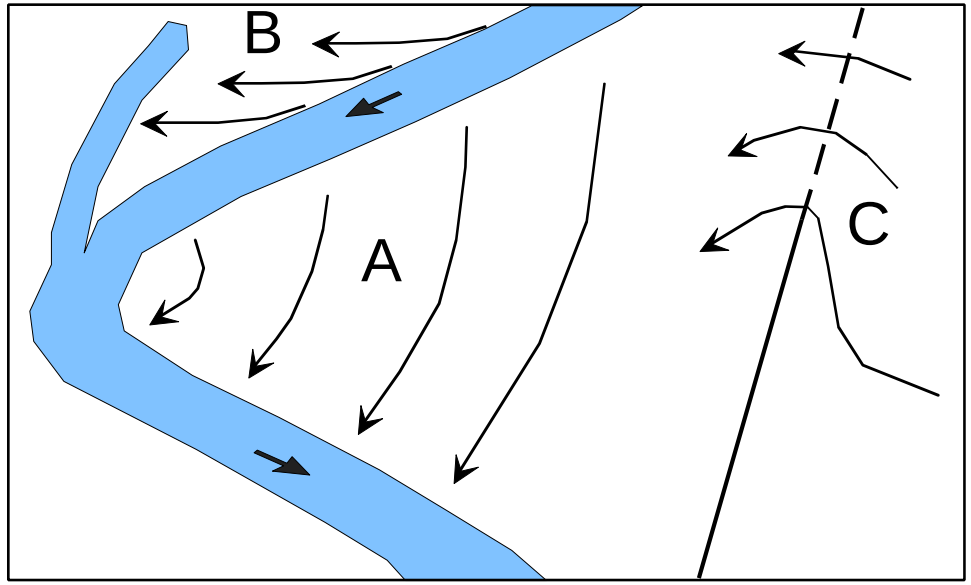


Parallel flow without exchange



Cross flow

Find a new Site for RBF



- A: Meanders influence groundwater flow
- B: Old branches can have lower water level
- C: Boundaries along river basins
- Anisotropy of the aquifer

11 Delineated area for potential RBF system

1. Chiangsan, Chiang Rai Province
2. Muang, Chiang Rai Province
3. Chiang Mai-Lam Phoon Province
4. Muang, Lam Phang
5. Muang, Phrae Province
6. Muang, Kamphaengphet Province
7. Muang, Phichit Province
8. Krokphra, Nakhonsawan Province
9. Muang, Chainat Province
10. Srichiangmai, Nongkhai Province
11. Phoon Phin, Suratthani Province

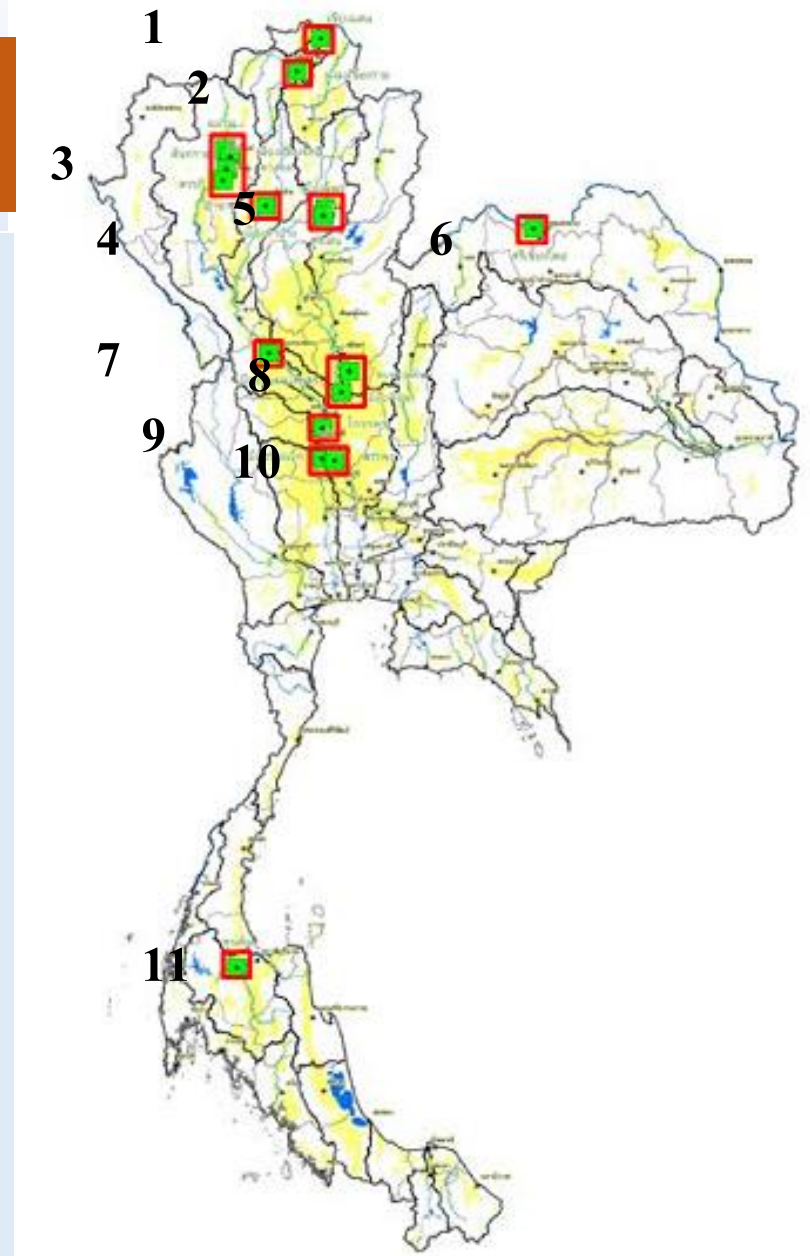
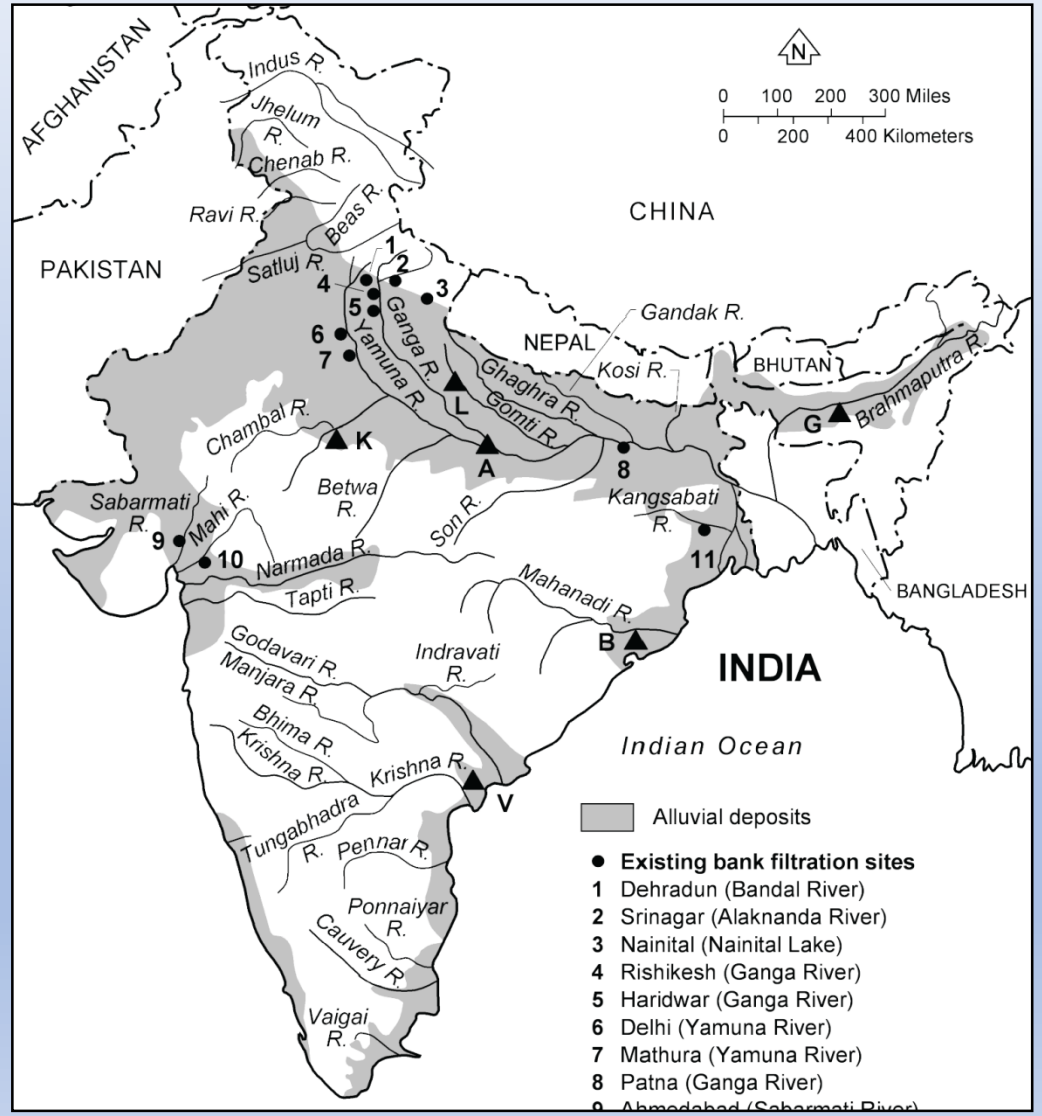


Figure 20. Eleven (11) areal zoning delineated for potential RBF system detailed feasibility study and design

การศึกษาดูงาน

India

Existing & potential bank filtration sites in India



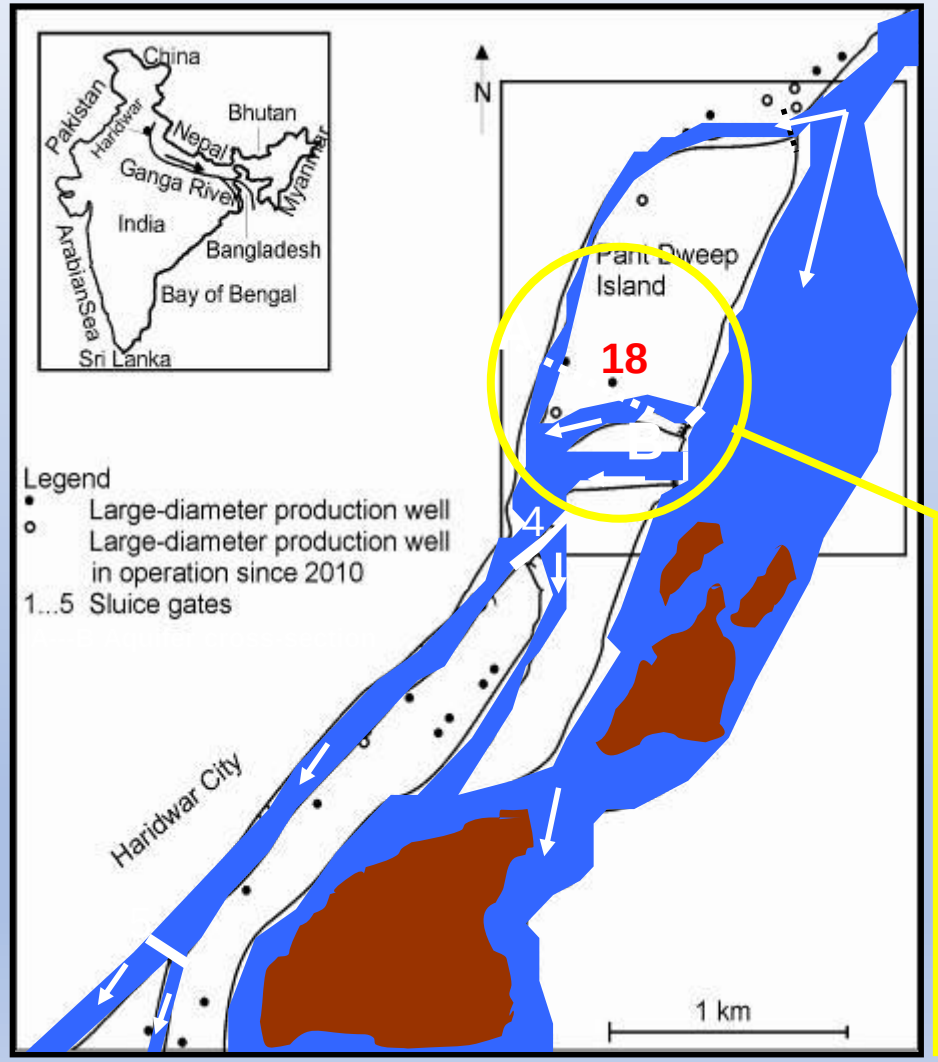
Alluvial deposits

- **Existing bank filtration sites**
1. Dehradun (Bandal River)
2. Srinagar (Alaknanda River)
3. Nainital (Nainital Lake)
4. Rishikesh (Ganga River)
5. Haridwar (Ganga River)
6. Delhi (Yamuna River)
7. Mathura (Yamuna River)
8. Patna (Ganga River)
9. Ahmedabad (Sabarmati River)
10. Vadodara (Mahi River)
11. Medinipur (Kangsabati River)

▲ **Potential bank filtration sites**

- A Allahabad (Yamuna River)
- B Bhubaneswar (Mahanadi River)
- G Guwahati (Brahmaputra River)
- K Kota (Chambal River)
- L Lucknow (Gomti River)
- V Vijayawada (Krishna River)

Haridwar India



- 22 RBF wells (Ø ~ 10 m)

  incl. 6 new RBF wells (2010)

- Daily production > 32,000 m^3/day

- Depth = 6.5 - 10.7 m bgl

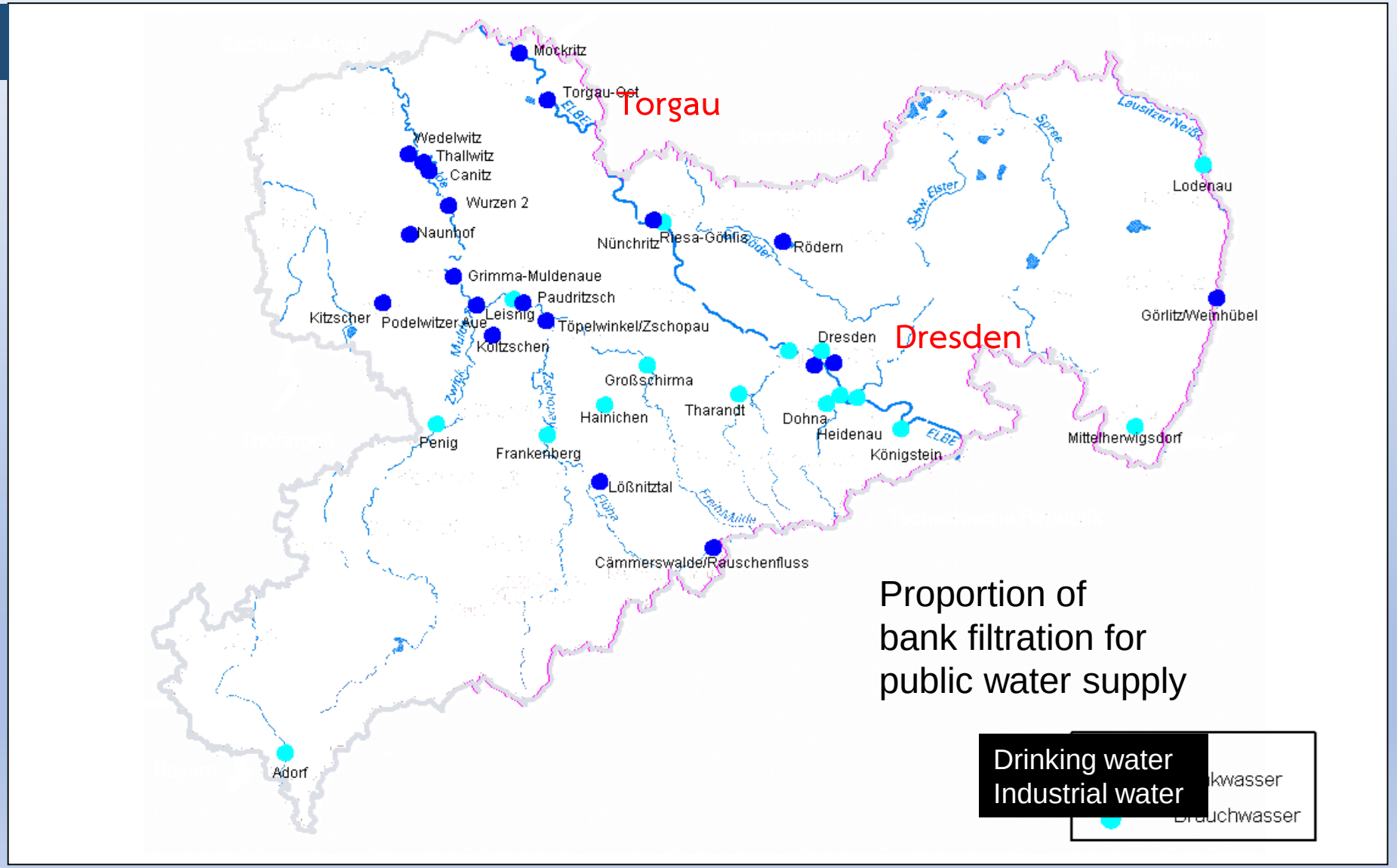
Haridwar India

Removal of Pathogens & Organic Compounds

Parameter	Surface water R. Ganga + Canal	Well water Bankfiltrate + GW
Coliforms [MPN/100 mL]	4,300 - 93,000	<2 - 23
Faecal Coliforms [MPN/100 mL]	1,500 - 43,000	<2
Turbidity [NTU]	1 - 200	0.2 - 0.6
DOC [mg/L]	0.9 - 1.2	0.7 - 1.2

Germany

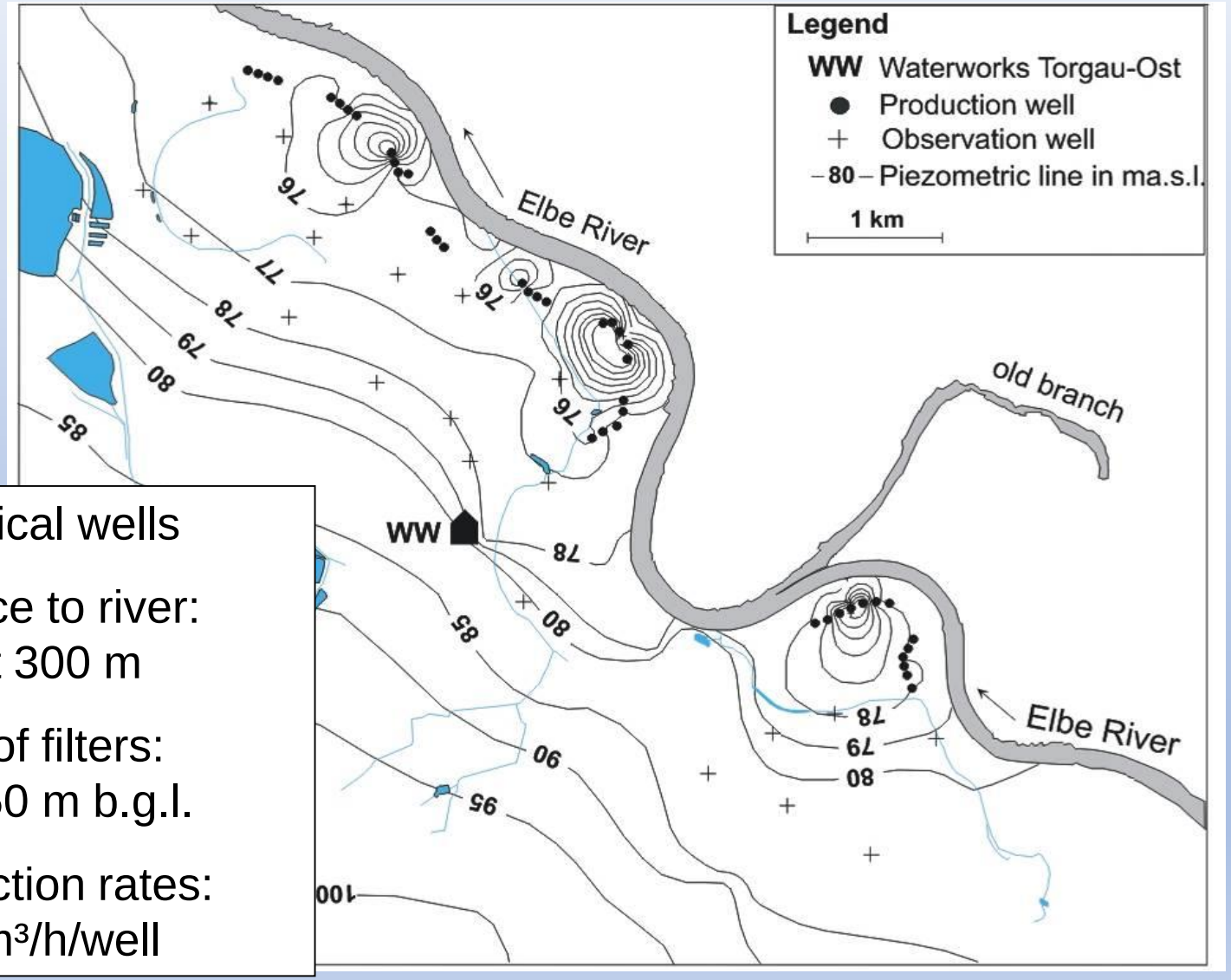
RBF in Saxony



Torgau Germany

Water Works Torgau, Q = 100,000 m^3/d

Torgau Germany



- 42 vertical wells
- Distance to river:
  about 300 m
- Depth of filters:
  30 - 50 m b.g.l.
- Abstraction rates:
  150 m³/h/well

Torgau Germany

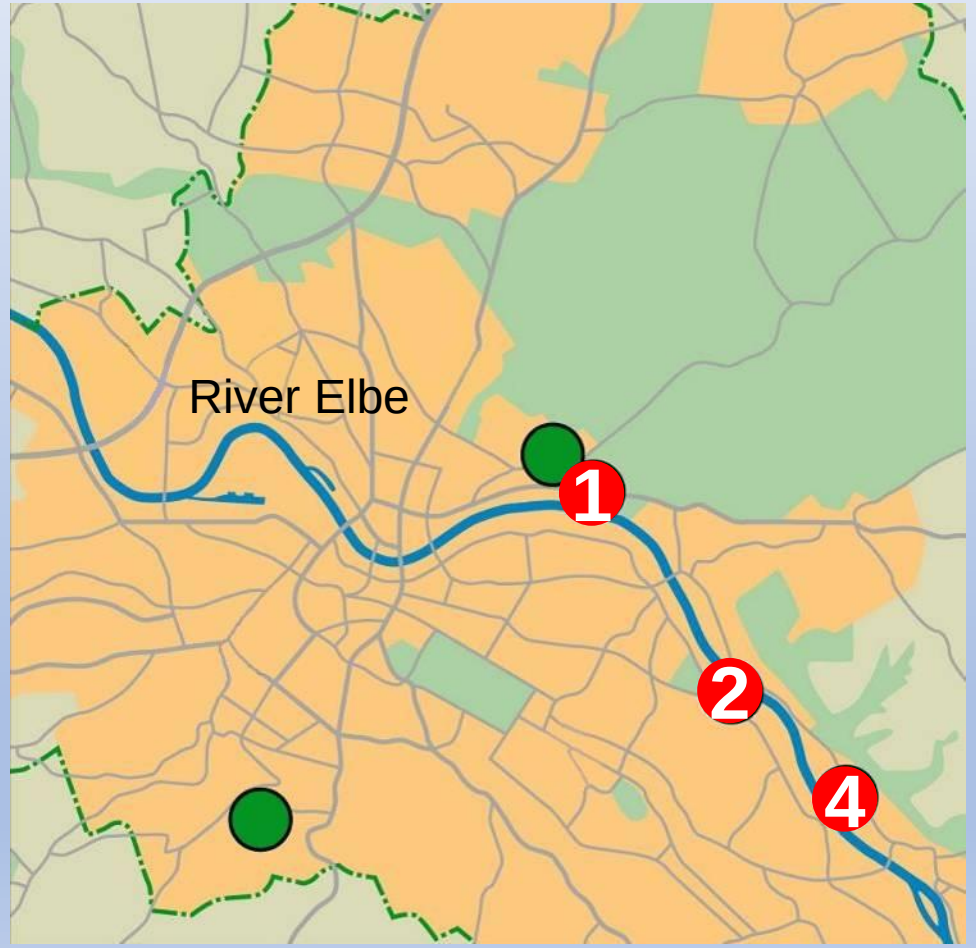
Monitoring Cross-Section I

Torgau Germany

Drinking Water Supply during Floods

Dresden-Tolkewitz Germany

Water Works in Dresden



1 Saloppe 1875

2 Tolkewitz 1898

3 Albertstadt 1902

4 Hosterwitz 1908

5 Coschütz 1946

Dresden-Tolkewitz Germany

Capacity:

35,000 m^3/day

Retention time about

15 days

Dresden-Tolkewitz Germany

Flooding at RBF Site Dresden-Tolkewitz

Dresden-Tolkewitz Germany

Flood-proof Abstraction Wells

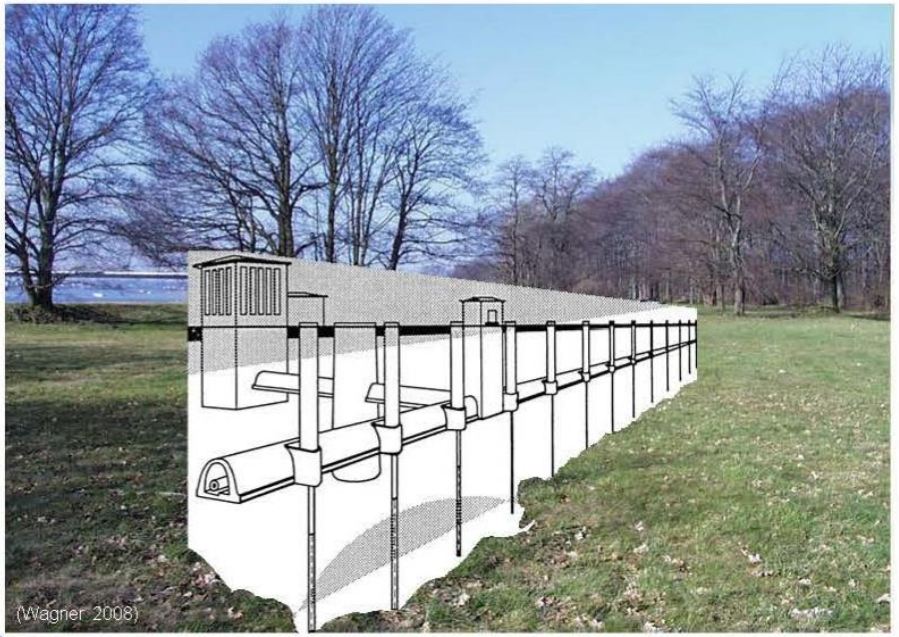
Duesseldorf Germany

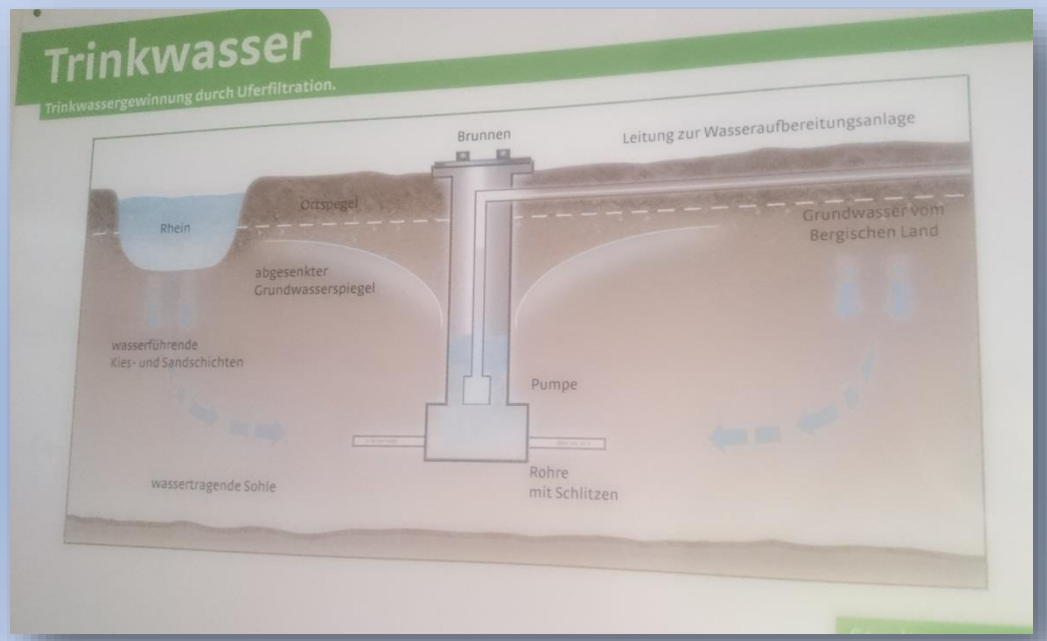
Water Works Flehe, Düsseldorf (1870)

Q = 41,000 $m^{3/}d$

Duesseldorf Germany

Siphon Pipe Systems





Vertical RBF ในประเทศไทย

1. แม่น้ำแม่กลอง

Vertical RBF ในประเทศไทย

2.แม่น้ำเพชรบุรี

ขั้นตอนการจัดทำระบบ RBF แบบ Collector well

ปรับระดับและขุดเปิดหน้าดิน

Initial Ring With leveling Course and Cutting Shoe

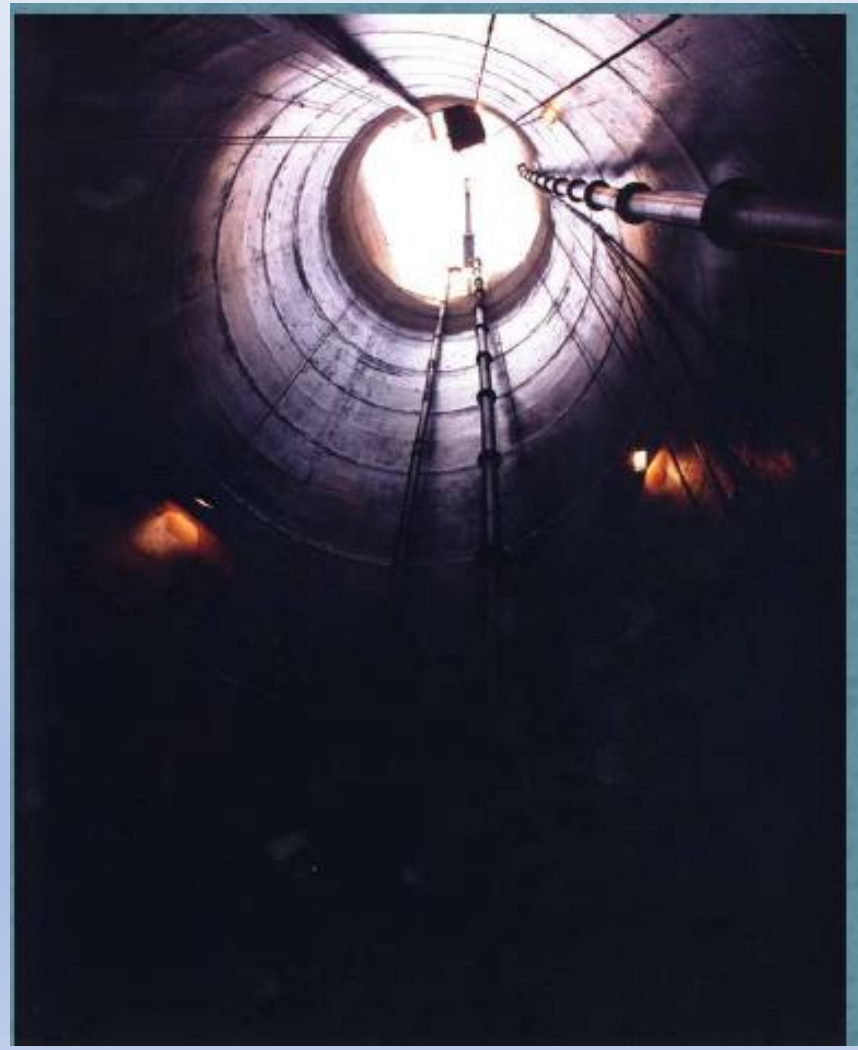
First Short Section

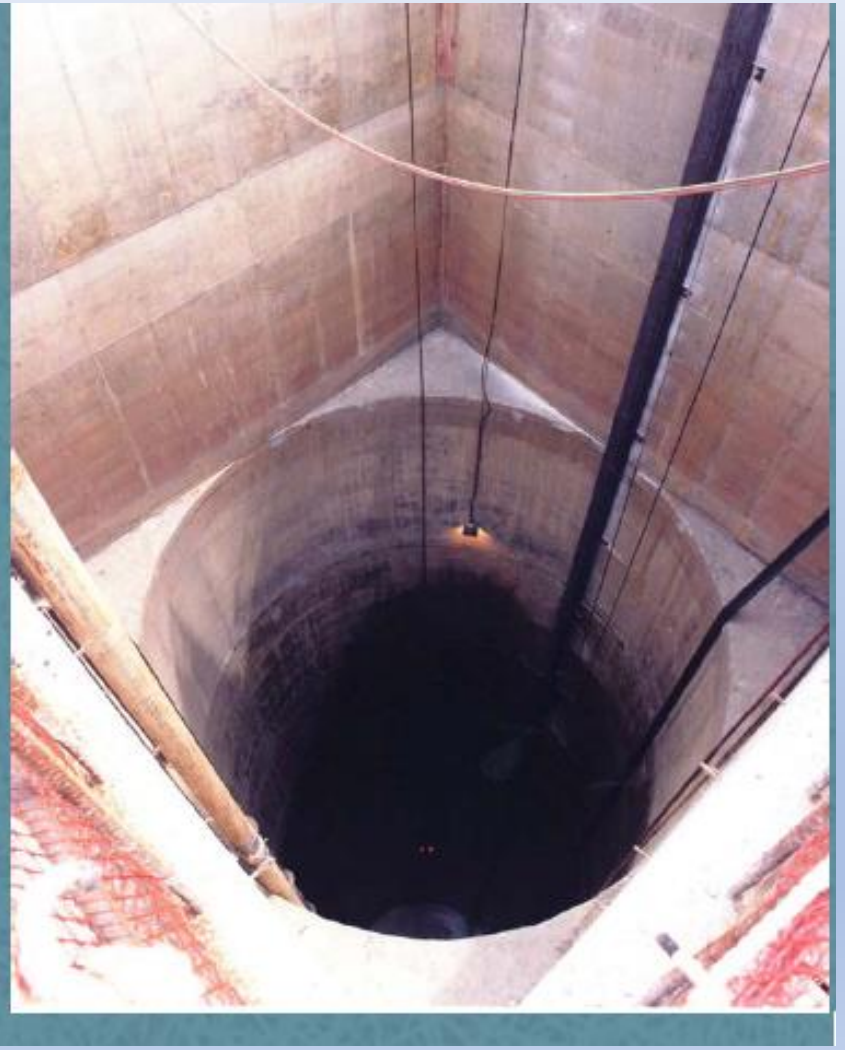
Place Inside Forms

Finish Inside Steel and Lower Outer Forms

Prepare the Bottom

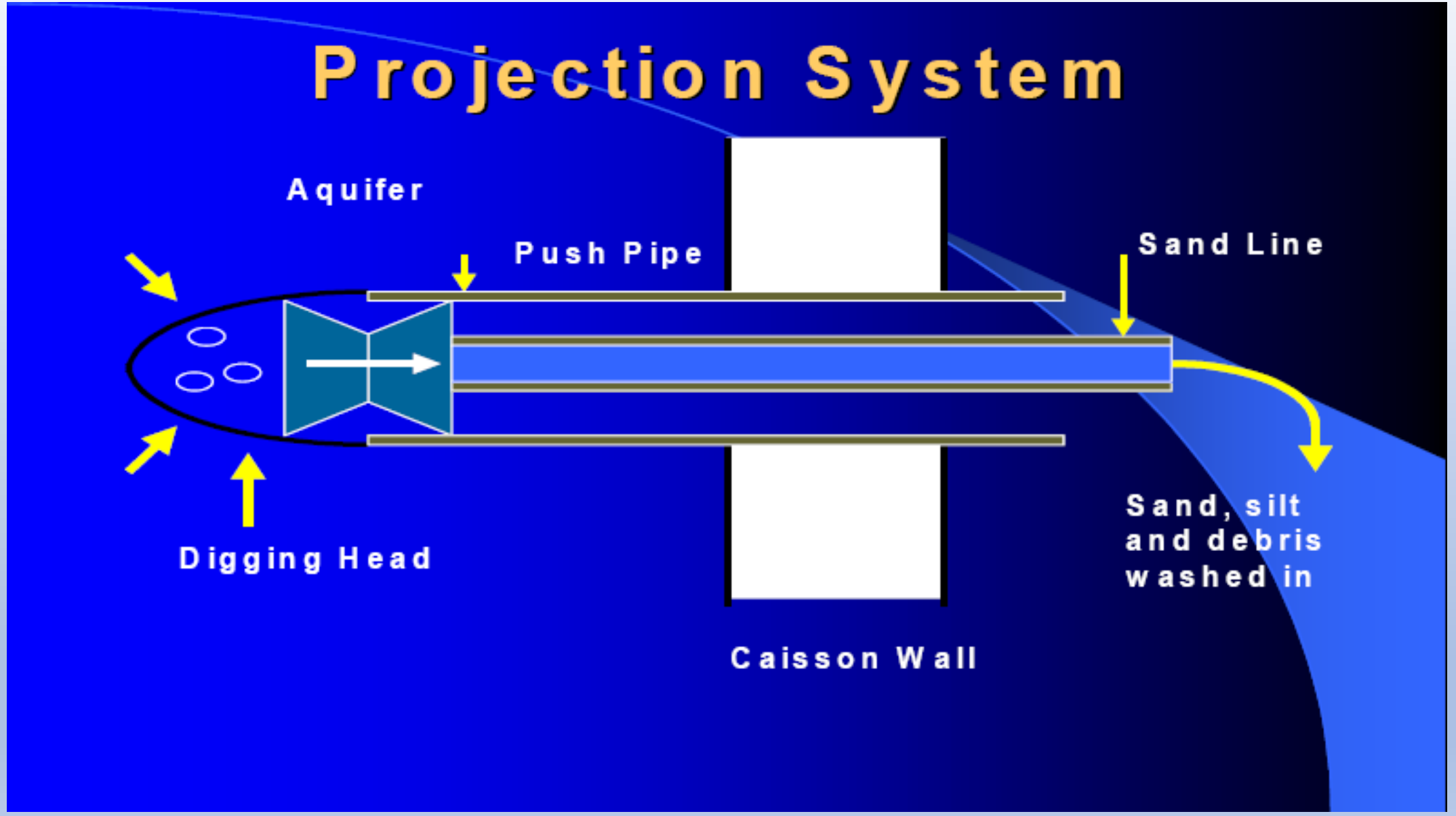
Going Down in the Caisson



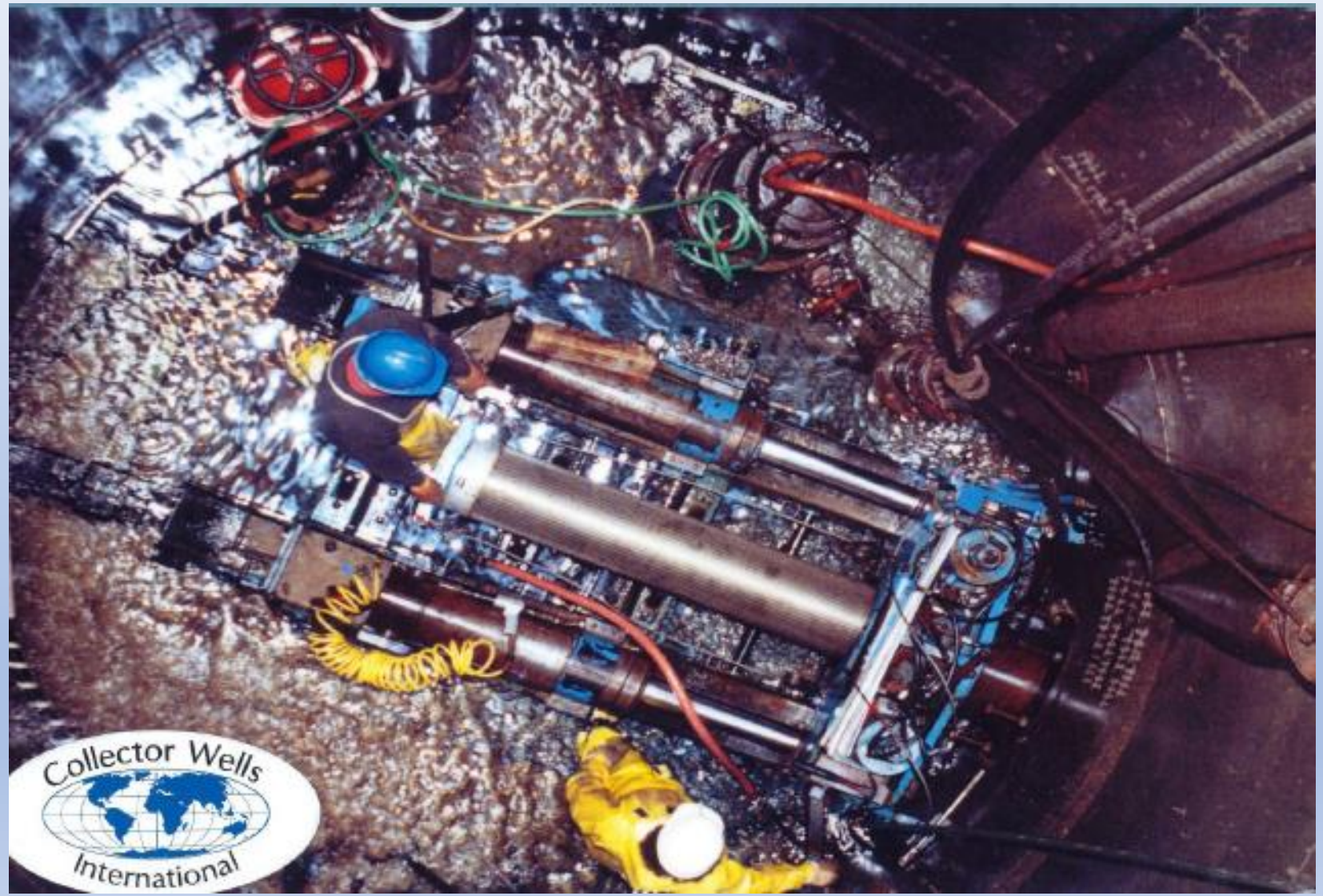


Projection Pipe

- 16 inch – 10 inch
- 12 inch or 8 inch laterals
- Screw joints
- Push and pull


Projection System
Aquifer
Push Pipe
Sand Line
Digging Head
Sand, silt
and debris
washed in
Caisson Wall

Screen Installation



Removing Sand Accumulation

Water is naturally filtered

Acceptance Pumping Test

ตัวอย่างระบบ RBF ในต่างประเทศ

Examples of RBF worldwide

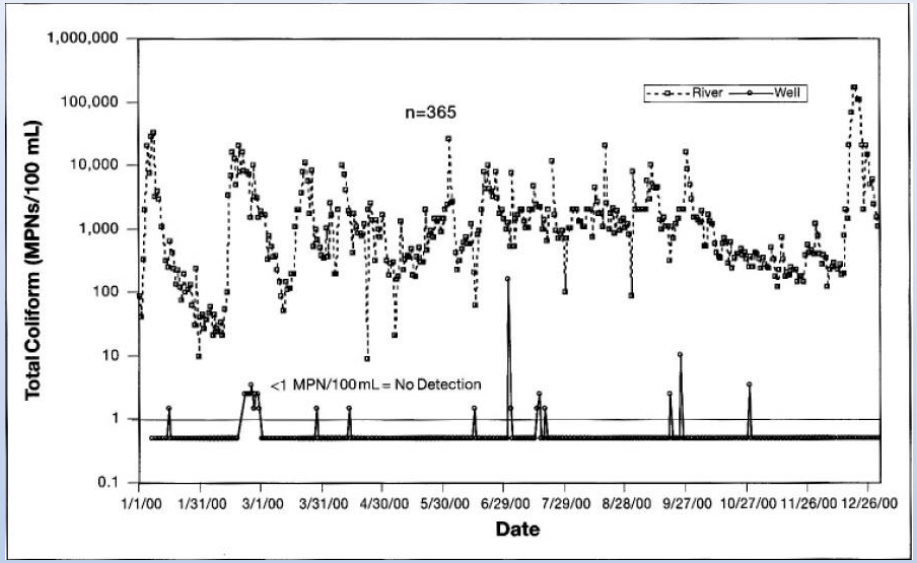
Location	Well field	Description	Production (m^3/day)
Rhine River in Germany	Düsseldorf	70 vertical wells, 18 radial collector wells	357,600
Llobregat River in Spain	Cornellá	26 extracting wells, 7 recharge wells	62,000
Limmat River in Swiss	Hardhof	9 vertical wells, 4 radial collector wells	15,000
Donau River in Austria	Lobau	8 radial collector wells	136,000
Donau River in Hungary	Csepel	256 vertical wells, 30 radial collector wells	150,000
Missouri River in USA	Nearman	single radial collector well	120,000
Kansas River in USA	Kansas City	1 collector well	151,200
Ohio River in USA	Louisville, Kentucky	2 collector wells	75,600
Nakdong River in Korea	Changwon	14 vertical wells	260,000

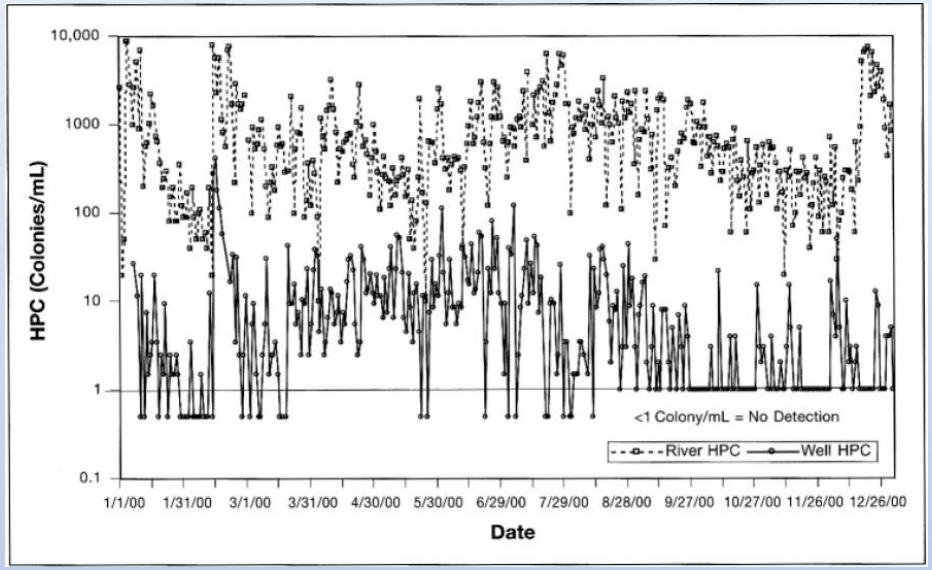
Source: Lee & Lee, 2008

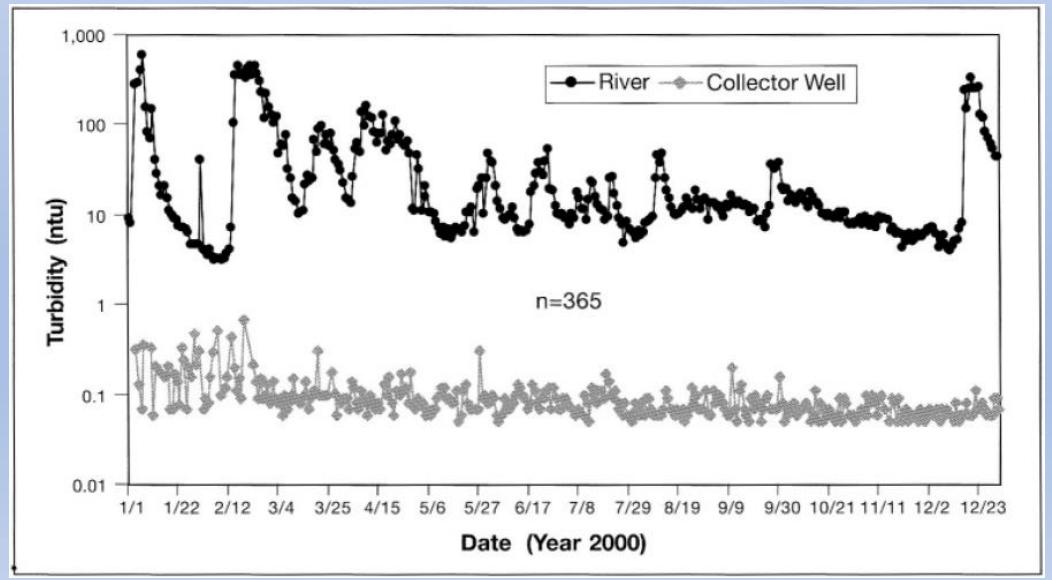
ระบบ RBF ที่เมือง Louisville, Kentucky, USA

ใช้บ่อแบบ collector well 1 บ่อ มีท่อกรอง 7 ท่อ มีความยาวในช่วง 61-73 ม.
ระยะห่างจากแม่น้ำ Ohio 30.5 ม. แม่น้ำกว้าง 600 ม. ลึก 10 ม. และมีอัตราการไหล 6,300 – 28,000 ลบ.ม./วินาที
กำลังการผลิตสูงสุด 76,000 ลบ.ม./วัน

ประสิทธิภาพการกรองของระบบ RBF ที่ Louisville







สำหรับน้ำดื่ม total coliform และ Heterotrophic plate count (HPC) bacteria คือ ตัวแทนแสดงคุณภาพน้ำ

ระบบ RBF ที่เมือง Lake Havasu City, Arizona, USA

Lake Havasu City ใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคแต่น้ำบาดาลคุณภาพเสื่อมโทรมลงเนื่องจากมีความเข้มข้นของธาตุเหล็กและแมงกานีสสูง จึงมีการนำเอาเทคนิค RBF ที่ใช้บ่อแนวนอนมาสร้างบ่อน้ำแห่งใหม่ใกล้ทะเลสาป Lake Havasu เพื่อใช้ข้อได้เปรียบของระบบในการกรองน้ำผิวดินที่มีคุณภาพดีกว่าน้ำบาดาลมาใช้ ท่อคอนกรีตรวมน้ำมีขนาดภายใน 4.9 ม. ขนาดภายนอก 6.4 ม. ลึก 31.7 ม. มีท่อรับน้ำสแตนเลสส์ 14 ท่อ ยาวรวม 533 ม. หลังจากพัฒนาบ่อพบว่าสามารถให้น้ำได้ 4,000 ลบ.ม./ชม.

ระบบ RBF ที่เมือง St. Joseph, Missouri, USA

หลังจากเกิดน้ำท่วมหนักใน Missouri and Mississippi Rivers ในปี 1994 Missouri American Water Company ได้ทำการปรับปรุงระบบประปาของเมือง St. Joseph โดยการสร้างบ่อบาดาลแนวดิ่งและบ่อแนวนอนจำนวนมาก บ่อแนวนอนสร้างโดยมีท่อรวมน้ำขนาดภายใน 4.9 ม. ขนาดภายนอก 6.1 ม. ลึก 36 ม. มีท่อรับน้ำสแตนเลสส์ 14 ท่อ ยาวรวม 396 ม. หลังจากพัฒนาบ่อพบว่าสามารถให้น้ำได้ 2,400 ลบ.ม./ชม.

ระบบ RBF ที่เมือง Kansas City, Kansas, USA

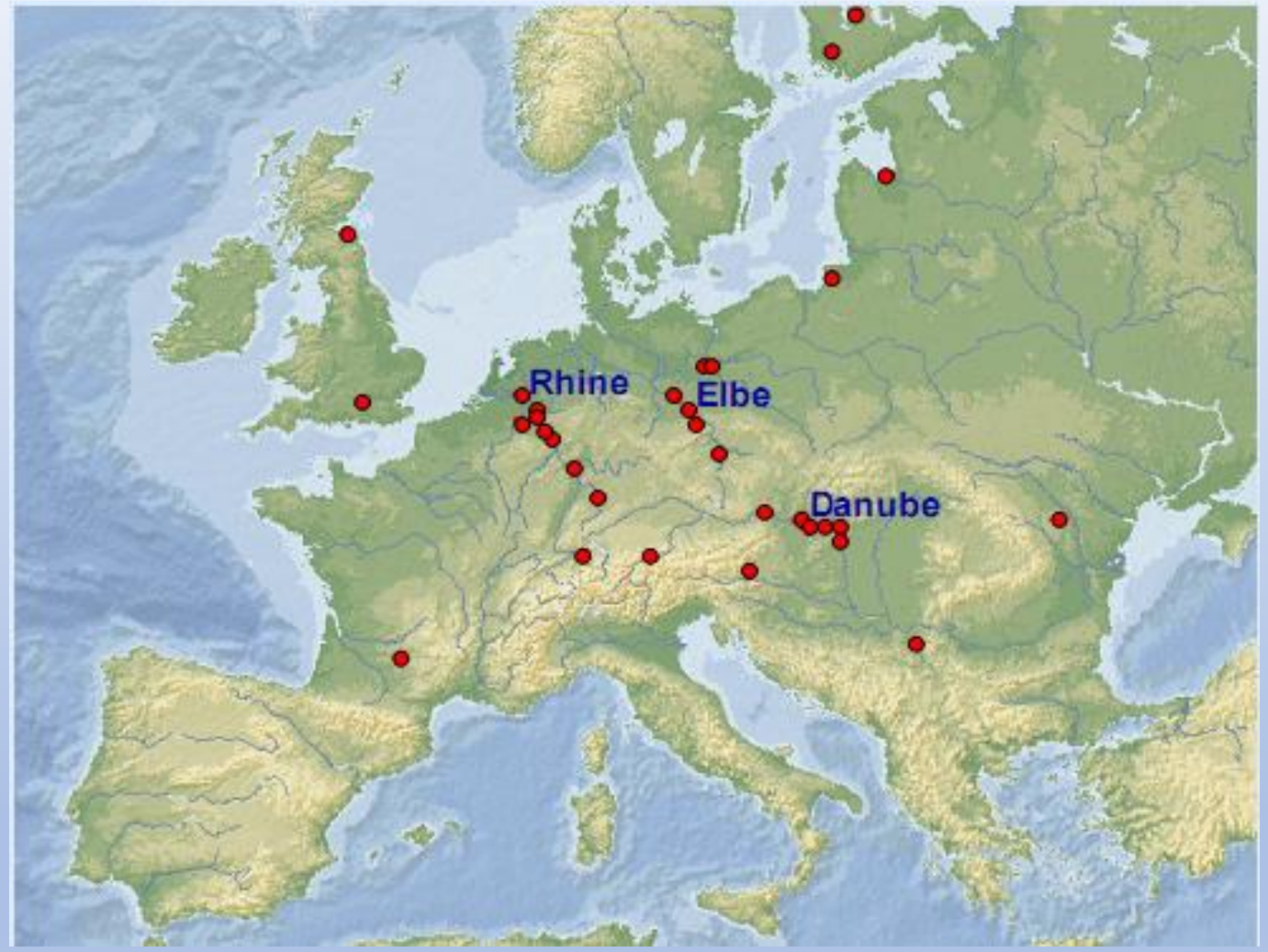
บ่อแนวนอนสร้างขึ้นในปี 1997 โดยมีท่อรวมน้ำขนาดภายใน 6.1 ม. ลึก 36.6 ม. ในตะกอนน้ำพาริมฝั่งแม่น้ำ Misouri มีท่อกรอง 14 ท่อ ยาวรวม 747 ม.โดยใช้ท่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว หลังจากพัฒนาบ่อสามารถสูบน้ำได้ประมาณ 4,000 ลบ.ม./ชม. ซึ่ง Board of Public Utilities ต้องการให้ระบบประปาใหม่นี้จ่ายน้ำได้ 95,000 ลบ.ม./วัน และต้องจ่ายน้ำได้มากถึง ในบางช่วงของฤดูร้อน

City of Prince George, B.C., Canada

เมือง City of Prince George ติดตั้งระบบบ่อแนวนอน 4 บ่อ เพื่อรองรับความต้องการน้ำ บ่อแนวนอนที่ Fishtrap Island ถูกสร้างในปี 2005 ในตะกอนน้ำพาของแม่น้ำ Nechako เพื่อให้ได้น้ำอย่างน้อย 100,000 ลบ.ม./วัน

บ่อแนวนอนมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.88 ม. ลึก 33 ม. มีท่อกรอง 10 ท่อ ยาวรวม 457 ม. เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จพบว่าสามารถสูบน้ำได้ 100,000 ลบ.ม./วัน และเพิ่มมากที่สุดได้ถึง 118,000 ลบ.ม./วัน

ระบบ RBF ในทวีปยุโรป



ระบบ RBF ได้เริ่มใช้ในทวีปยุโรปมาเป็นเวลามากกว่า 100 ปี โดยเฉพาะในช่วงหลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมมีการพัฒนาระบบระบบ RBF ขึ้นมากมาย เนื่องจากคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลักเสื่อมโทรมลงอย่างมากจากการระบายน้ำเสียอุตสาหกรรมและชุมชนเมือง โดยเฉพาะประเทศในลุ่มแม่น้ำ Rhine, Elbe และ Danube เป็นต้น

RBF ได้รับการยอมรับว่าสามารถลดสารปนเปื้อนอินทรีย์ในน้ำดิบได้ รวมทั้งเชื้อโรคอันตราย เช่น เชื้อ *Giardia* *เชื้อ Cryptosporidium และ เชื้อไวรัส*

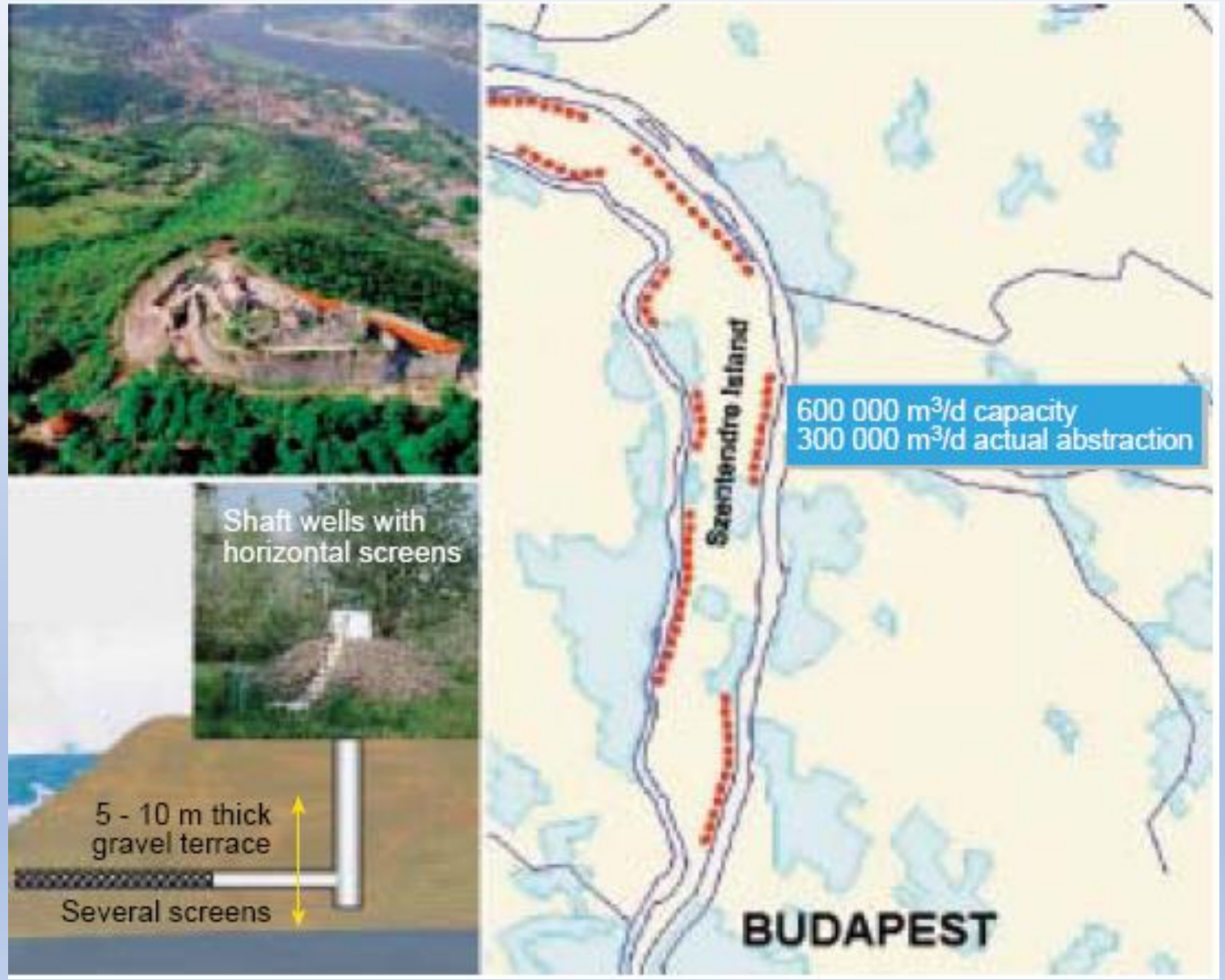
ระบบ RBF ในแม่น้ำดานูบ เมืองบูดาเบส ประเทศฮังการี

ในประเทศฮังการี 70% ของการใช้น้ำเป็นการสูบใช้น้ำบาดาล ทำให้เกิดปัญหาของสมดุลน้ำบาดาล ภายหลัง จึงมีการพัฒนาระบบ RBF และระบบ MAR มากขึ้น ปัจจุบันมากกว่า 1 ใน 3 ของการสูบน้ำบาดาลมาใช้ในฮังการีมาจากระบบ RBF โดยเฉพาะน้ำดื่มของ เมืองบูดาเบส ใช้น้ำจากระบบนี้ทั้งหมด

ระบบ RBF ที่ใหญ่ที่สุดของแม่น้ำดานูบ คือ ระบบที่ เมืองบูดาเบส ประเทศฮังการี ระบบตั้งอยู่ 2 แห่ง คือ ที่เกาะ Szentendre ทางเหนือน้ำและเกาะ Csepel ท้ายน้ำ

ที่มา: International Groundwater Resources Assessment Centre

ระบบ RBF ที่เกาะ Szentendre เมืองบูดาเบส ประเทศฮังการี



ระบบ RBF ที่เกาะ Szentendre มีกำลังการผลิตของแต่ละบ่อระหว่าง 10,000–20,000 ลบ.ม./วัน กำลังการผลิตรวม 600, 000 ลบ.ม./วัน มีการผลิตจริงประมาณ 300,000 ลบ.ม./วัน รองรับ 60% ของการใช้น้ำทั้งหมดของเมืองบูดาเบส

ถึงแม้มีเวลาเดินทางไม่มากแต่น้ำที่ได้ก็มีคุณภาพดีมาก เพียงแค่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้วก็สามารถส่งไปให้ผู้ใช้ได้เลย ทำให้ค่าเดินระบบถูกมาก

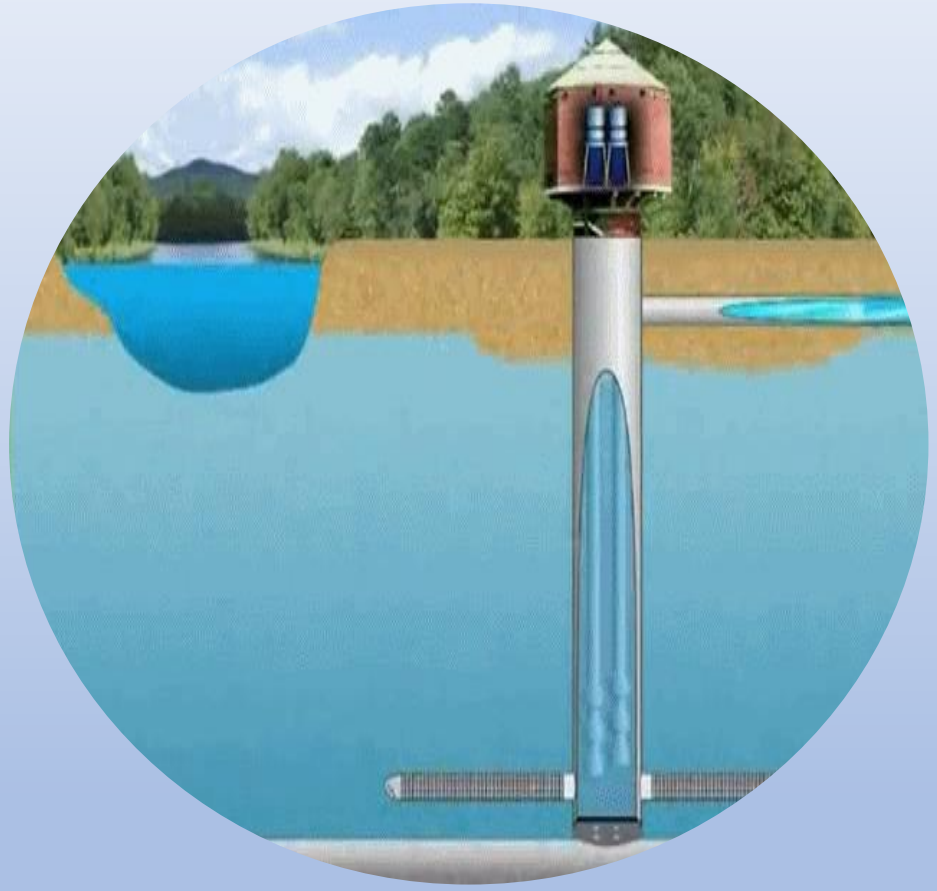
ที่มา Tuinhof and Heederik, 2002

ระบบ RBF แก้ปัญหาการปนเปื้อนฟูลออไรด์ในประเทศอินเดีย และสารหนูในประเทศบังคลาเทศ

ระบบ RBF ที่เมือง Chapai Nawabganj ประเทศบังคลาเทศ ซึ่งน้ำที่ปลอดสารหนูสูบขึ้นมาจากบ่อบาดาลริมแม่น้ำ

ระบบ RBF ในเขตแห้งแล้งใน Maharashtra ประเทศอินเดียที่สามารถสูบใช้น้ำบาดาลจากตะกอนชายฝั่งที่ไม่มีการปนเปื้อนฟลูออไรด์ได้ตลอดปี

ที่มา Van Steenbgen and Tuinhof, 2009



ขอบคุณครับ

Thank you