

TAKING  
COOPERATION  
FORWARD

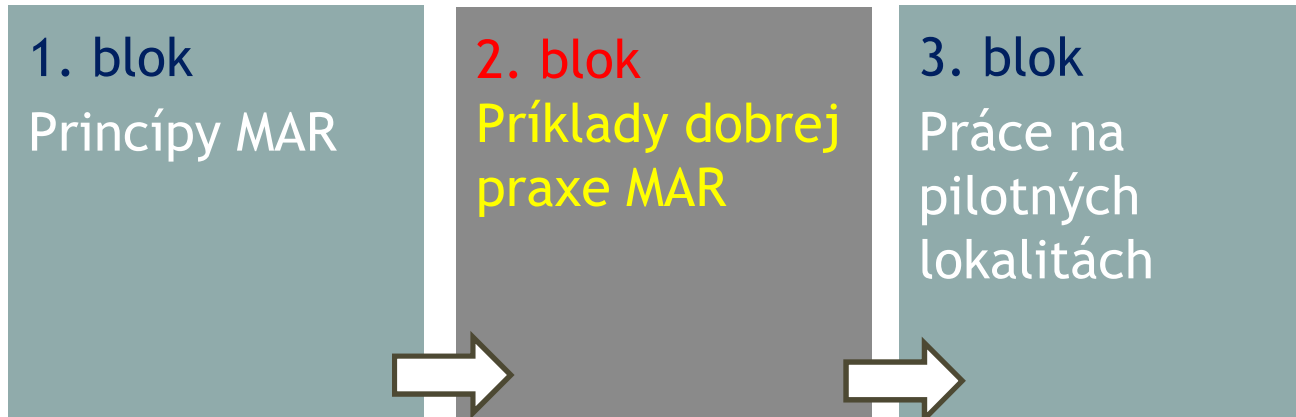
## 1 Školenie pre zainteresované strany



## Príklady dobrej praxe riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd (MAR)

A.T1.3 Budovanie kapacít zainteresovaných strán s cieľom zabezpečiť integrovaný environmentálny prístup k MAR

Organizácia školenia:



**D.T.1.3.2.**

***Príklady dobrej praxe a porovnávací analýza***



A.T1.3 Budovanie kapacít zainteresovaných strán s cieľom zabezpečiť integrovaný environmentálny prístup k MAR

TAKING COOPERATION FORWARD

## 2. blok Príklady dobrej praxe MAR



A.T1.3 Budovanie kapacít zainteresovaných strán s cieľom zabezpečiť integrovaný environmentálny prístup k MAR



TAKING COOPERATION FORWARD

## FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE REALIZOVATEĽNOSŤ A ÚČINNOSŤ RIADENÉHO DOPLŇOVANIA ZÁSOB PODZEMNÝCH VÔD

1. Hydrogeologické prostredie
2. Meteorologické a hydrologické podmienky (zmiernenie dopadov klimatickej zmeny, napr. pokles hladiny podzemnej vody, zhoršenie kvality vody, atď.)
3. Geochemické a mikrobiologické procesy
4. Monitorovanie
5. Náklady a riziká



# 1. Hydrogeologické prostredie (1)

- Rozhodujúce sú lokálne hydrogeologické podmienky
- Vhodné sú zvodnené vrstvy s vysokou retenčnou schopnosťou
- Základné údaje potrebné na rozhodnutie o vhodnosti MAR
  - rozsah a parametre hydrogeologického kolektora;
  - prirodzené dopĺňanie zásob podzemnej vody (dostupnosť zdroja vody)
  - kladná hydrologická bilancia



# 1. Hydrogeologické prostredie (2)

**Vhodné prostredie pre systémy riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd:**

- **Vysoko priepustné nespevnené sedimenty**
- **Zvetrané skalné horniny - preferované retenčné zóny**
- **Spevnené pieskovce - dobrá zásobnosť a priepustnosť**
- **Vápence a dolomity (karbonátové horniny) - krasové útvary**



## 2. Klimatické podmienky a hydrológia

- **Klimatické podmienky** - na základe klimatických modelov určiť potrebu inštalácie a vhodný typ MAR (zohľadnené parametre - priemerné ročné zrážky, počet daždivých dní, výskyt suchých období, frekvencia zrážok vysokej intenzity, extrémny teplot, apod.)
  - **Hydrológia** - kľúčový faktor pri lokalizácii vhodných oblastí pre MAR - množstvo vody dostupnej na dopĺňanie.
- + Zhodnotenie prietoku v povrchových tokoch, vzdialenosti od vodného zdroja, ale aj sklonu terénu, využitia krajiny, vegetačného pokryvu, apod.



### 3. Geochemické a mikrobiologické procesy

Geochemické a mikrobiologické procesy v nenasýtenej zóne počas infiltrácie povrchových vôd do podzemných umožňujú ich čistenie.

Hlavné faktory ovplyvňujúce geochemické a mikrobiologické procesy:

- (i) pH,
- (ii) redox potenciál,
- (iii) obsah organických látok,
- (iv) mineralógia





## 4. Monitorovanie (1)

Počas prevádzkovania systémov MAR je potrebné sledovať:

- kvalitu vody určenej na infiltráciu
- či nedochádza ku kontaminácii zvodnenej vrstvy
- zmeny kvality vody v zvodnenej vrstve
- mieru regenerácie (t.j. mieru infiltrácie/injektáže oproti množstvu odobratej vody)



## 4. Monitorovanie (2)

### *Spôsoby monitorovania:*

- Použitie viac-parametrových sondových systémov s kontinuálnou detekciou viacerých chemicko-fyzikálnych parametrov.
- Sledovanie kolmatácie zdroja povrchovej vody, v prípade vrtov aplikovať inhibítory
- Použitie izotopov na štúdium pôvodu a veku podzemných vôd, procesov miešania, rýchlosti prúdenia a biogeochemických procesov (napr. denitrifikácia, redukcia síranov, pôvod organického uhlíka a rozpúšťanie minerálov)
- Modelovanie zmien prietoku a kvality vody pri prevádzkovaní systému MAR kvôli efektívnemu riadeniu a predpovedaniu správania sa systému MAR



## 5. Náklady a riziká (1)

Finančná a ekonomická efektívnosť MAR je kľúčovým faktorom využitia týchto systémov v praxi

Príklady štúdií:

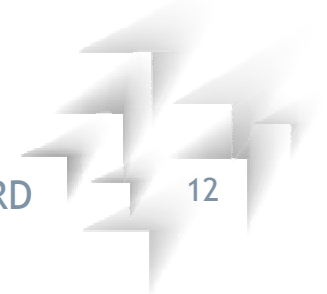
- **Dillon et al. (2018):** Pokroky vo viacstupňovom plánovaní a vykonávaní riadeného doplňovania kolektorov podzemnej vody na integrované vodné hospodárstvo
- **Rodriguez-Escales et al. (2018):** Metodika hodnotenia rizika na vyhodnotenie rizika zlyhania riadeného doplňovania kolektorov podzemnej vody v povodí Stredozemného mora
- **Ross and Hasnain (2018):** Faktory ovplyvňujúce náklady na systémy riadeného doplňovania kolektorov podzemnej vody (MAR)



## 5. Náklady a riziká (2)

### *Kroky hodnotenia nákladov a rizík MAR:*

- I. Prehodnotiť realizovateľnosť systému dopĺňania zásob podzemných vôd na vybranom mieste na základe dostupných údajov a modelovania;
- II. Navrhnúť typ systému dopĺňania zásob podzemných vôd;
- III. Vypracovať podrobnú štúdiu lokality za účelom overenia/doplnenia výsledkov získaných v prvom kroku;
- IV. Vybudovať pilotný/experimentálny systém na vykonávanie predbežných testov;
- V. Extrapolovať výsledky do prevádzkového rozsahu.



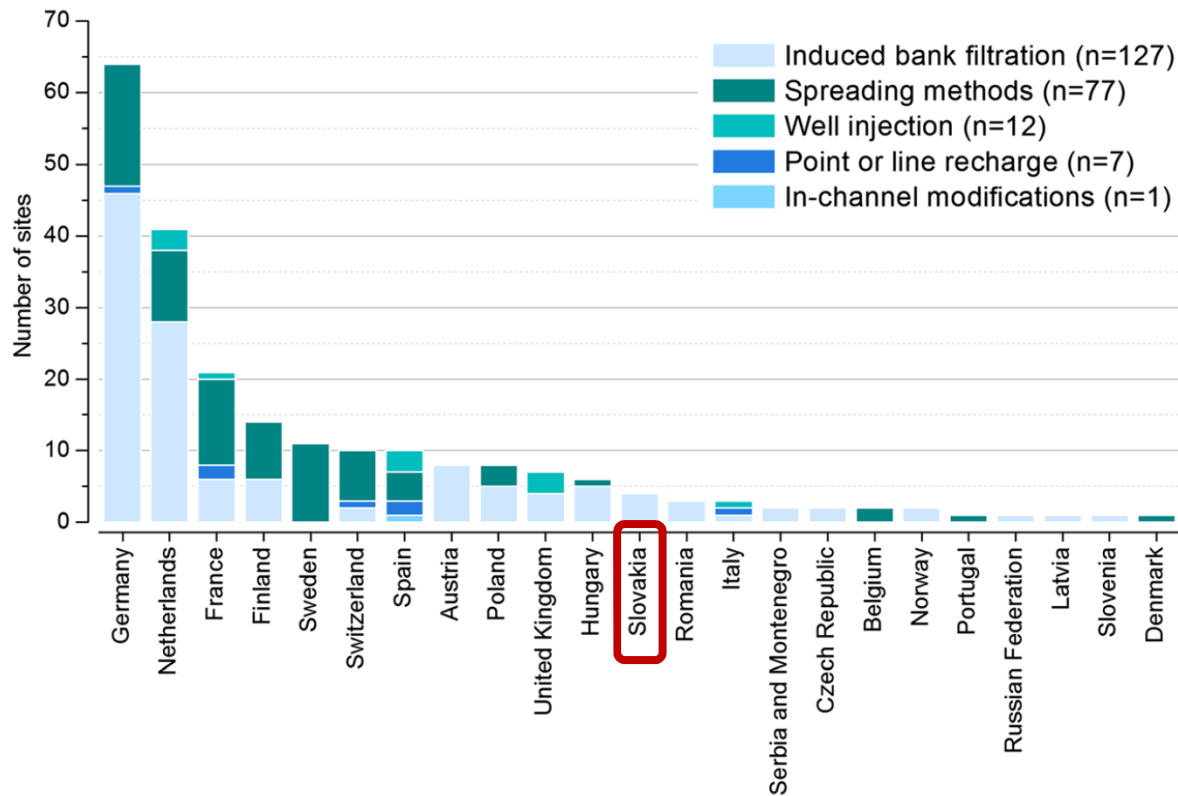
## 5. Náklady a riziká (3)

Priemerné náklady systémov MAR, podľa typu MAR  
(Ross and Hasnain, 2018)

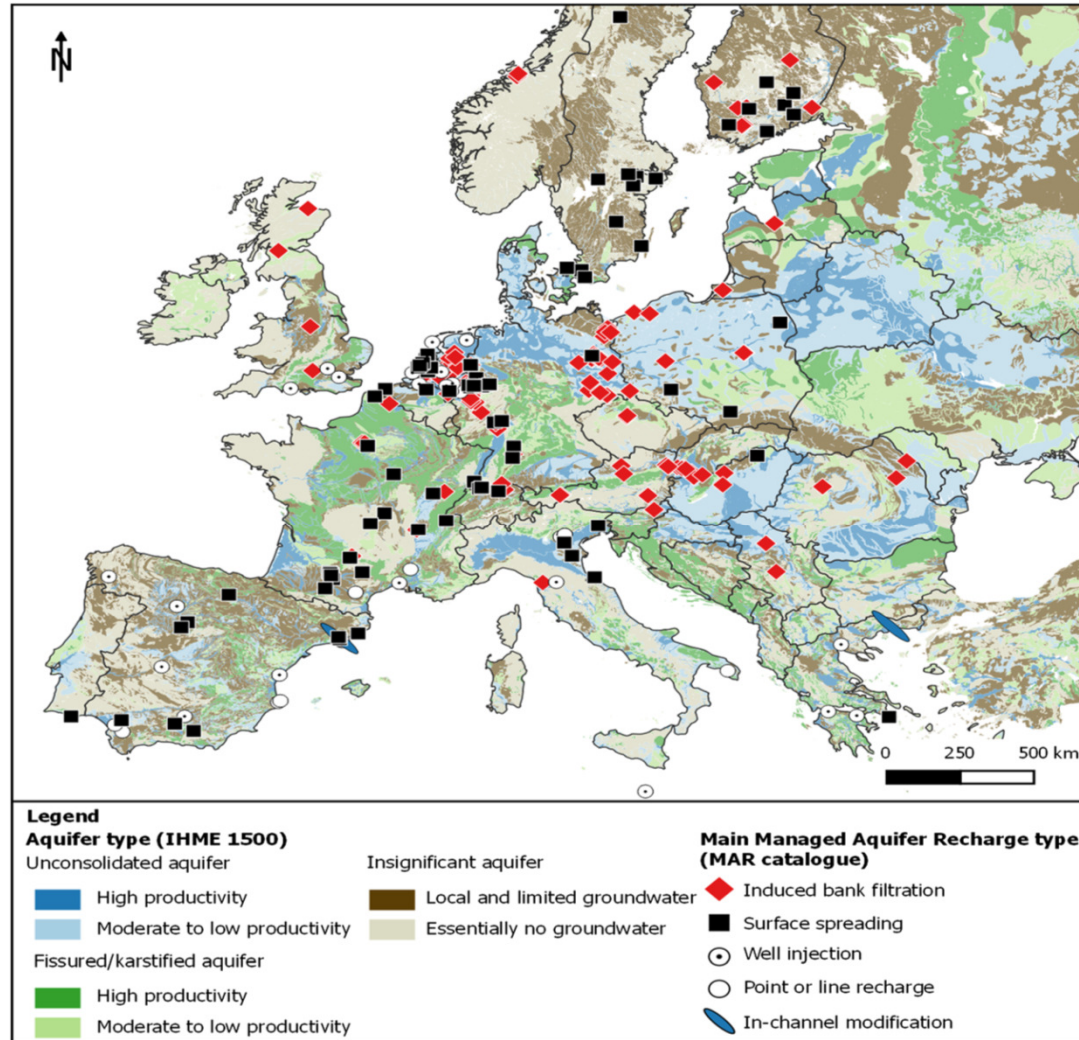
Typ MAR / zdroj vody	Investičné náklady na doplnený m <sup>3</sup>	Náklady na prevádzku a údržbu na doplnený m <sup>3</sup>	Bilancia nákladov (US\$) na doplnený m <sup>3</sup>
Infiltračné vrty / recyklovaná voda	\$ 8,07	\$ 0,53	\$ 1,16
Infiltračné nádrže/ recyklovaná voda	\$11,41	\$ 0,84	\$ 1,89
Infiltračné vrty/ prírodná voda	\$ 3,29	\$ 0,19	\$ 0,45
Infiltračné nádrže/ prírodná voda	\$ 0,77	\$ 0,13	\$ 0,19



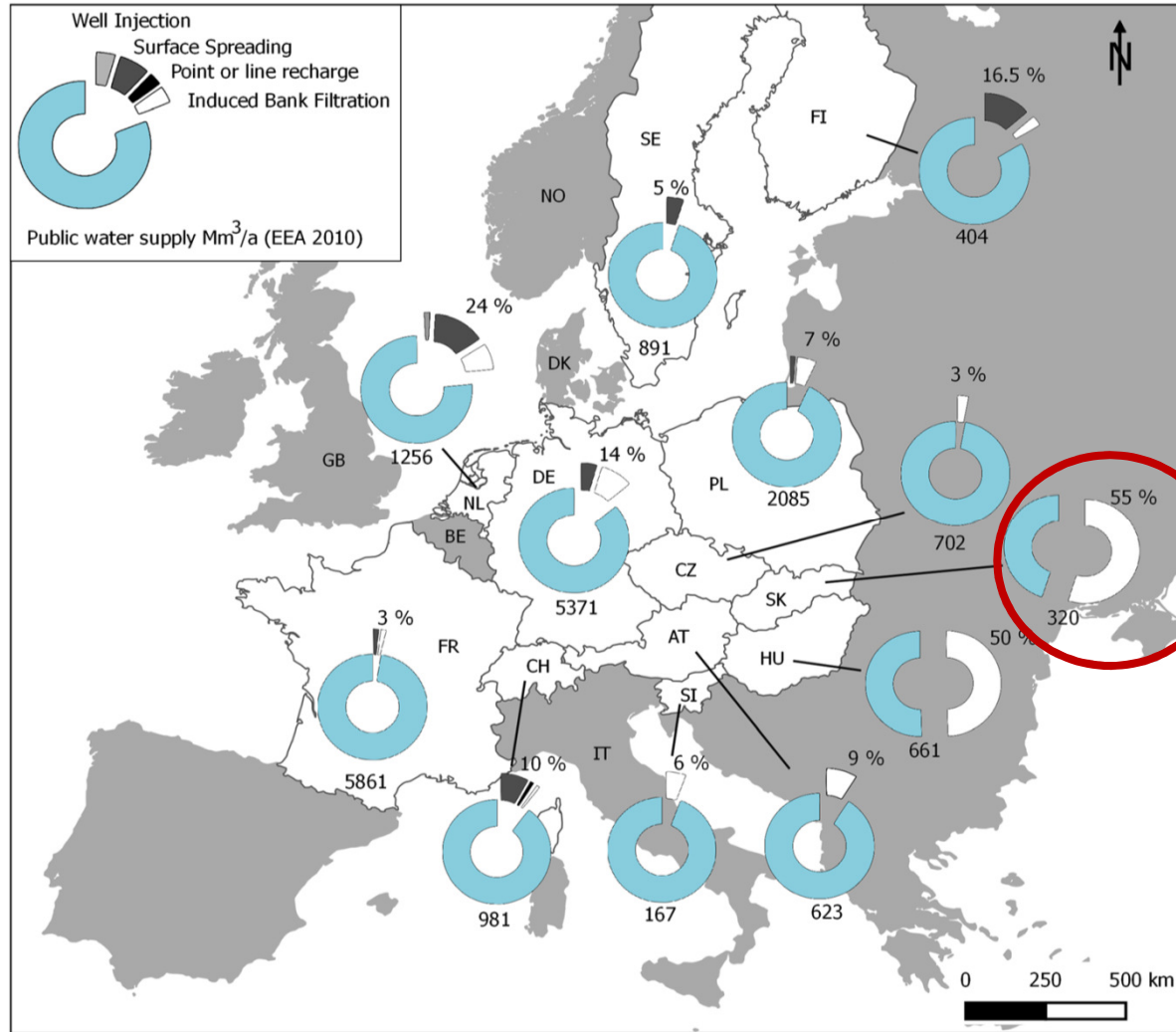
## RIADENÉ DOPŕŇANIE ZÁSOB PODZEMNÝCH VÔD V EURÓPE



# MAR v Európe

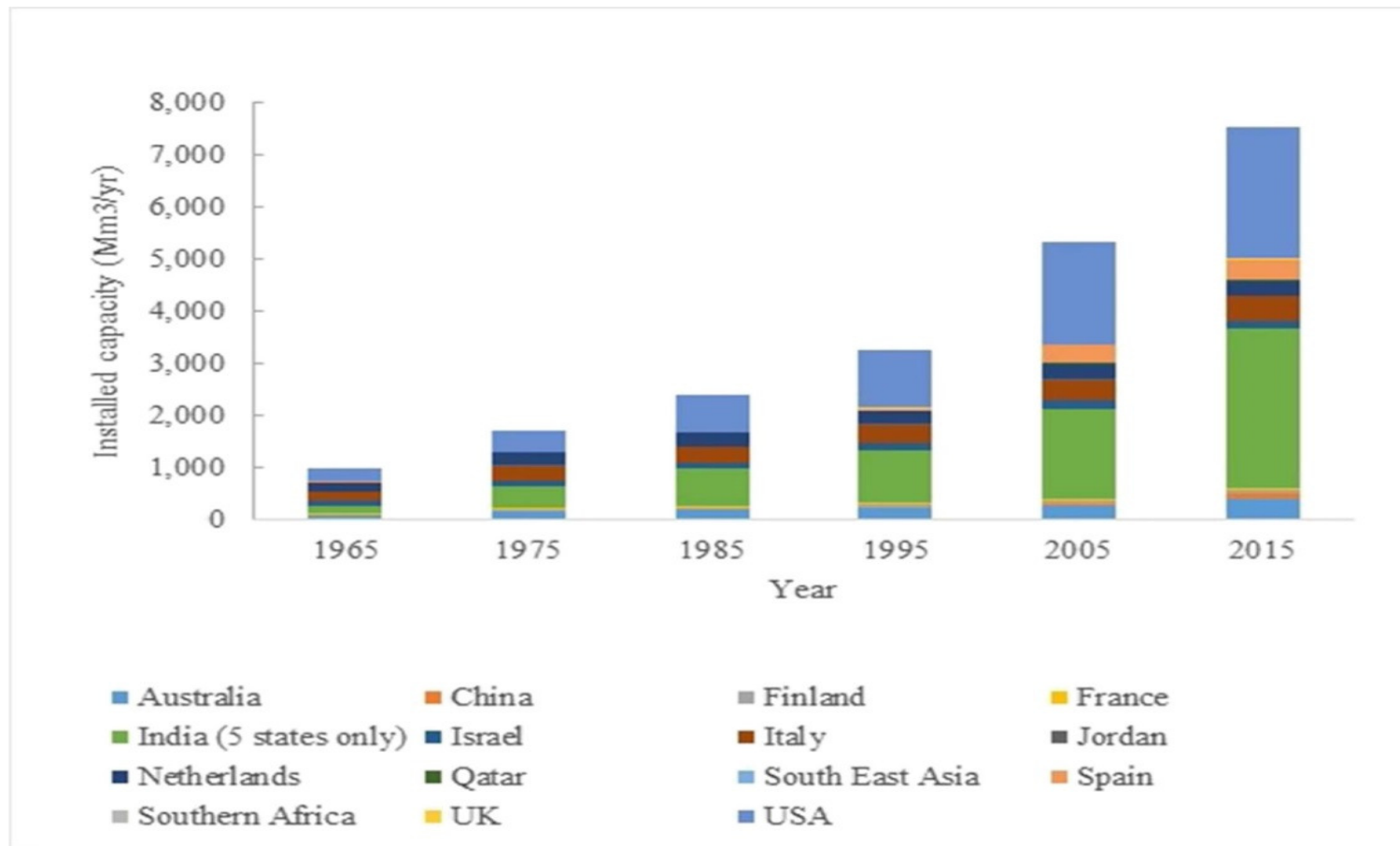


# MAR v Európe



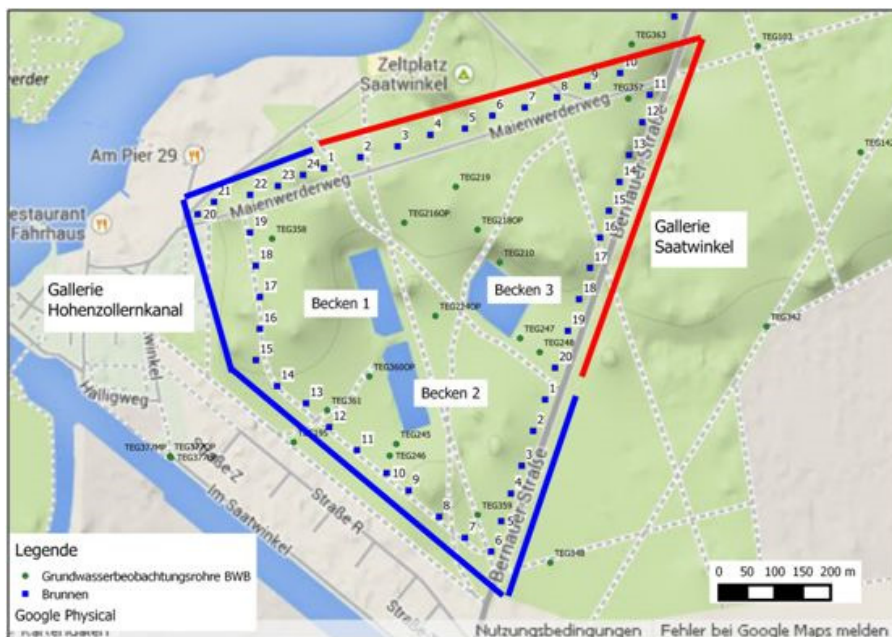


## RIADENÉ DOPŔŔNANIE ZÁSLOB PODZEMNÝCH VÔD VO SVETE



# Typ MAR - Infiltračné jazerá a nádrže

## Berlin - jazero Tegel (Nemecko)



<https://demeau-fp7.eu/toolbox/demeau-case-studies-operation/mar-profiling/berlin-tegel-germany>

**Vodný zdroj:** jazero Tegel  
3 infiltračné nádrže

**Predúprava:** mikro sito (priemer pórov 28  $\mu\text{m}$ ) zabráni upchávaniu riasami počas leta

**Pórové prostredie**

- 40 produkčných vrtov

Čas zdržania: >50 dní

**Dodatočná úprava:**

prevzdušňovanie a pomalá piesková filtrácia

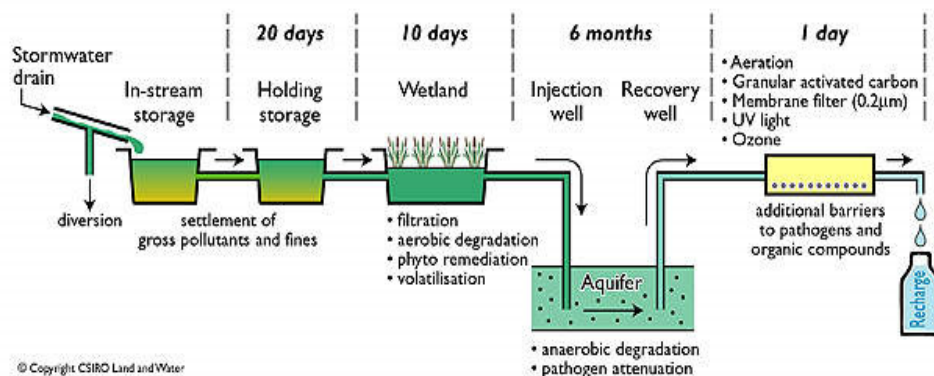
Regenerácia vody: 21 mil  $\text{m}^3$ /rok

**Konečné použitie:** zásobovanie pitnou vodou



# Typ MAR - *Injektovanie dažďovej vody*

## Salisbury (južná Austrália)



<https://www.water-technology.net/projects/aquiferstoragetransp/>

*Typ zvodnenej vrstvy:* málo až stredne puklinovitý vápenec, cca 60 m hrúbky

Vrty (hĺbka 165-182 m)

- 4 infiltračné vrty
- 2 produkčné vrty

Monitorovanie kvality injektovanej vody

Doba zdržania v zvodnenej vrstve je 12-15 mesiacov

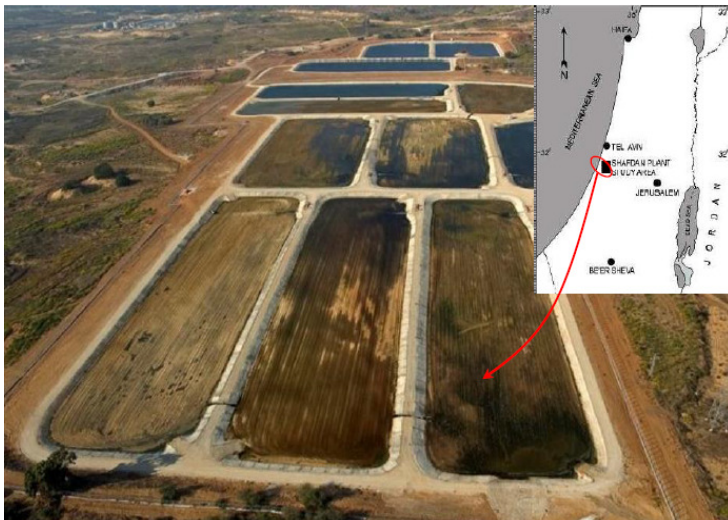
Následná úprava: UV filtre, ozonizácia, odstránenie Fe...

**Konečné použitie:** zásobovanie pitnou vodou



# Typ MAR - Infiltračné jazierka

## Shafdan Plant -Tel Aviv (Izrael)



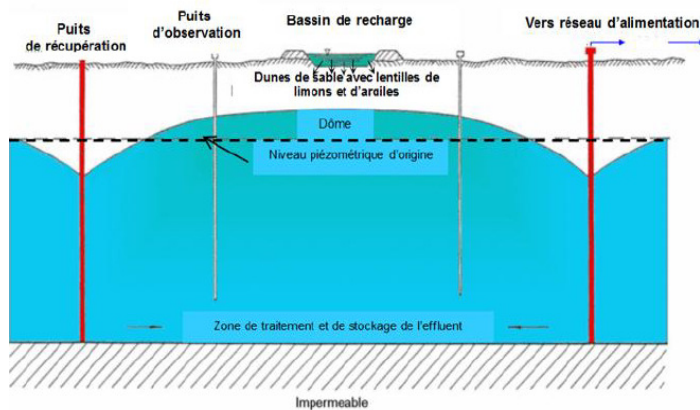
*Typ zvodnenej vrstvy:* pobrežný piesok + siltové a ílové šošovky

*Zdroj vody:* upravená odpadová voda

- 6 infiltračných jazierok (65 ha)
- 130 produkčných vrtov
- Nasýtená zóna: 20-50 m
- Doba zdržania: 6-12 mesiacov
- Regenerácia:  $\approx 100\%$

*Konečné použitie:* zavlažovanie

- 350 mil. m<sup>3</sup> (2005) (75% odpadovej vody sa recykluje)
- Problém - kolmatácia



(J.Casanova et al.2013)



# Typ MAR - Infiltračné jazierka, nádrže



## Gujra povodie (India)

System zberu dažďovej vody

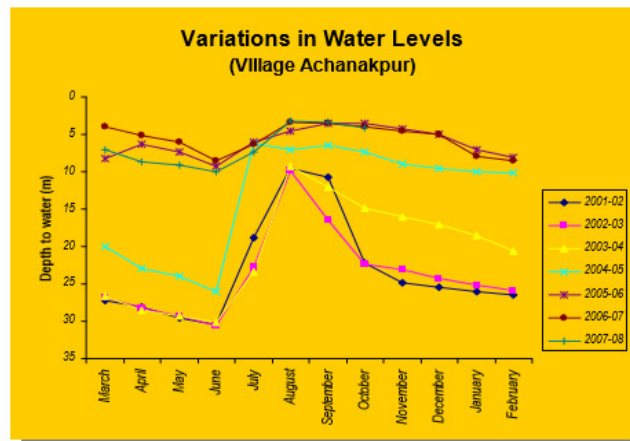
Rok dokončenia: 2003-2005

Priem.ročné zrážky: 1200 mm

- 23 hrádzí (1-1.5 m)
- 28 usadzovacích nádrží
- 13 lapačov nečistôt
- 8 monitorovacích vrtov

### *Konečné použitie:*

poľnohospodárstvo, zavlažovanie



(Central Ground Water Board, Ministry of Water Resources,  
New Delhi, 2011)



Ďakujem za Vašu pozornosť

<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/DEEPWATER-CE.html>

