An aerial photograph of a landscape. In the foreground, there is a large, paved area that appears to be an airport runway or taxiway, running diagonally from the bottom left towards the top right. To the right of the paved area, there is a dense forest. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall scene is a mix of natural and man-made elements.

**VLIV DLOUHODOBÝCH HYDROLOGICKÝCH CYKLŮ NA  
VÝSKYT LNAPL NA HLADINĚ PODZEMNÍ VODY**

***Jiřina Macháčková, Karel Horák, Jiří Vaněk,  
Miroslav Minařík, Zdeněk Vilhelm***

# Zkoumaná lokalita

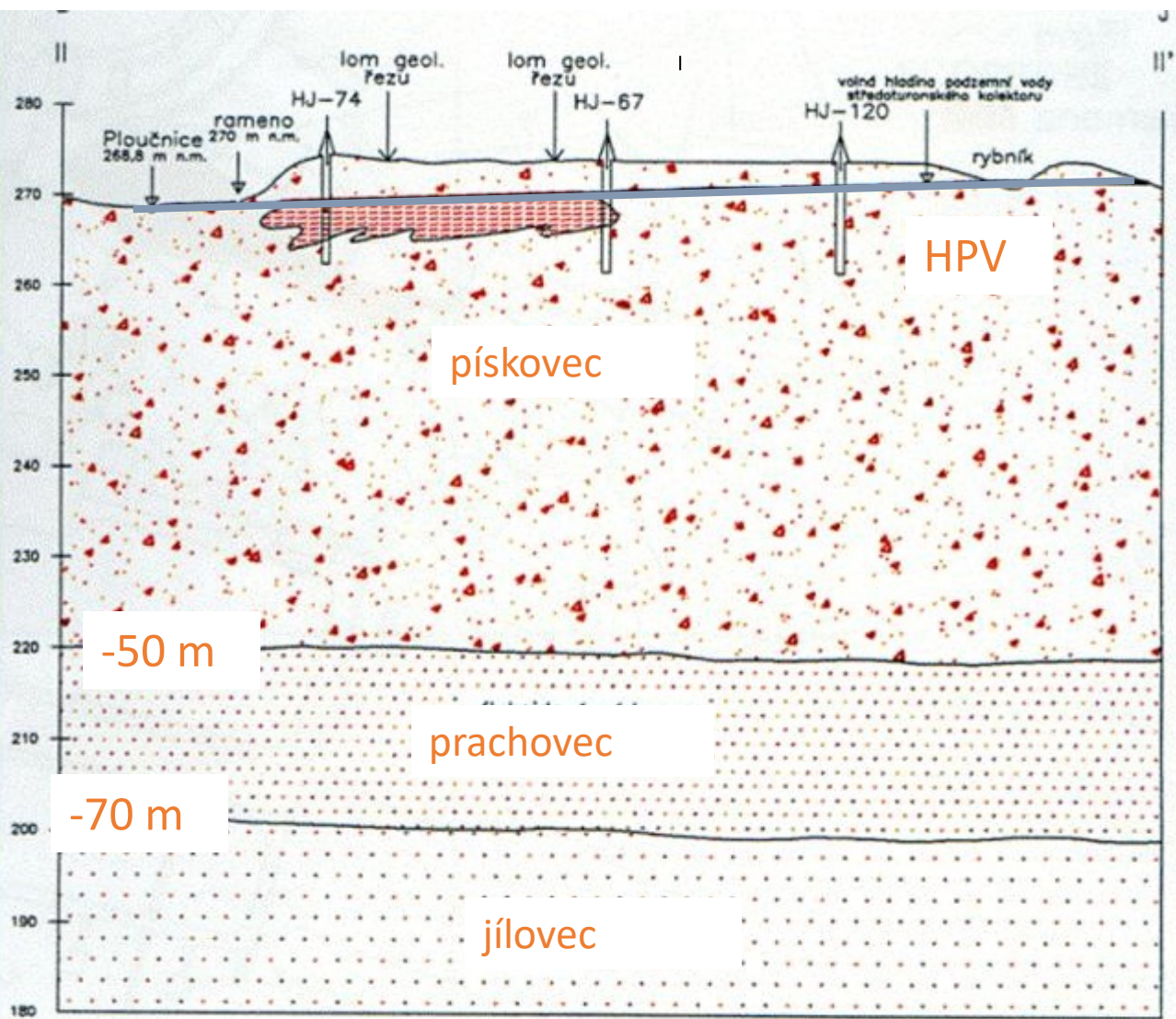
## Bývalé vojenské letiště Hradčany

- lokalita v severních Čechách u Mimoně
- založeno německou armádou v roce 1940, později provozované československou armádou, po roce 1968 do roku 1991 provozováno sovětskou armádou
- významný strategický bod Varšavské smlouvy, blízko železné opony, intenzivní činnost zejména během 80. let v době eskalace studené války, sloužilo pro 42 strojů MIG 21 (dnes má AČR 14 Gripenů) , základna spojena s malým městečkem pro sovětské vojsko – 5000 obyvatel



# Zkoumaná lokalita

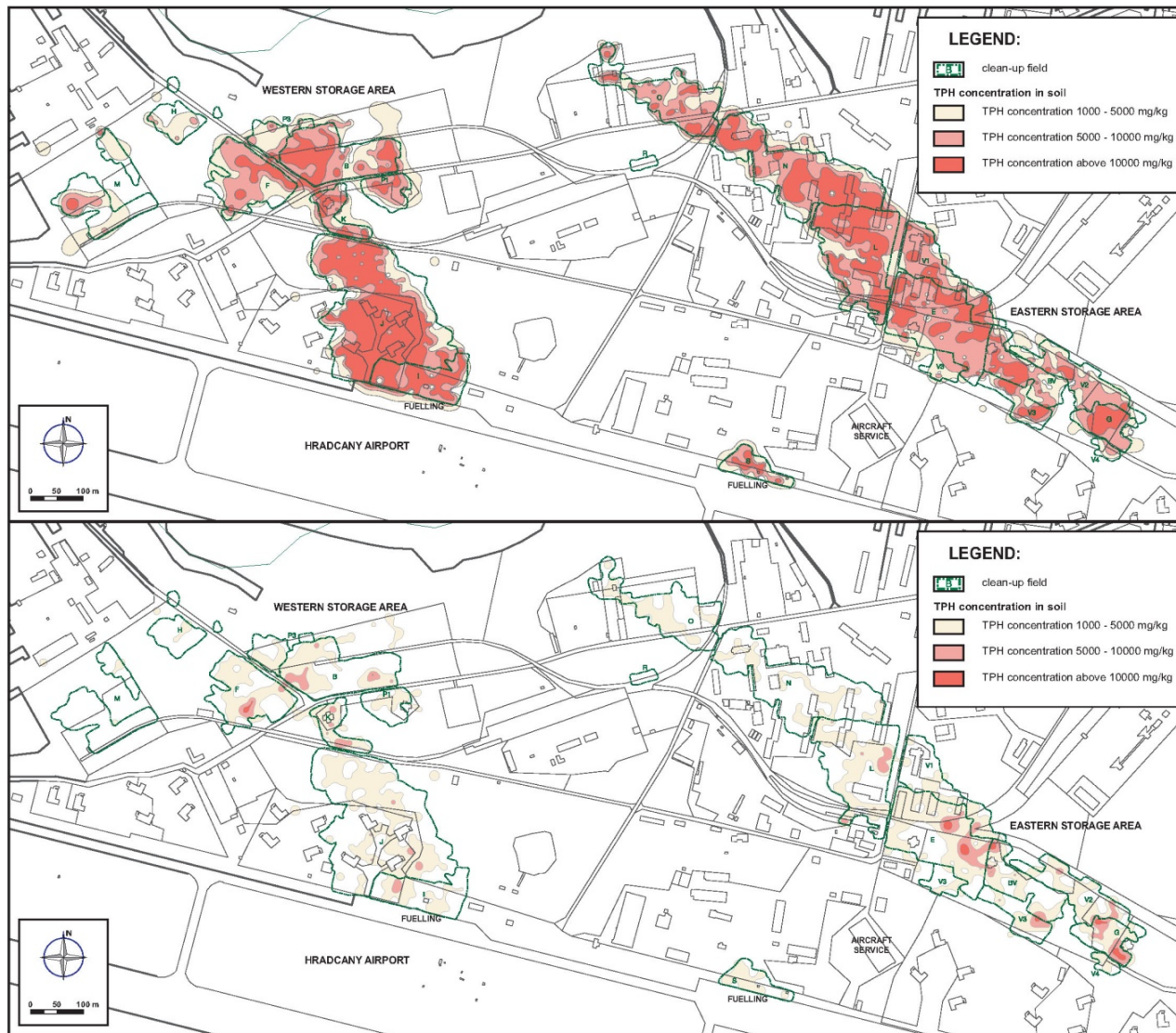
## Geologie



- součást sedimentárního komplexu České křídové tabule
- křídové sedimenty překryty kvarténními říčními sedimenty (2 - 7 m) HPV 3-8 m p.t.
- kolektor vázaný na středoturonské pískovce je významnou a široce využívanou zásobou kvalitní pitné vody
- součást CHOPAV Česká křídová tabule

# Výsledky sanace lokality

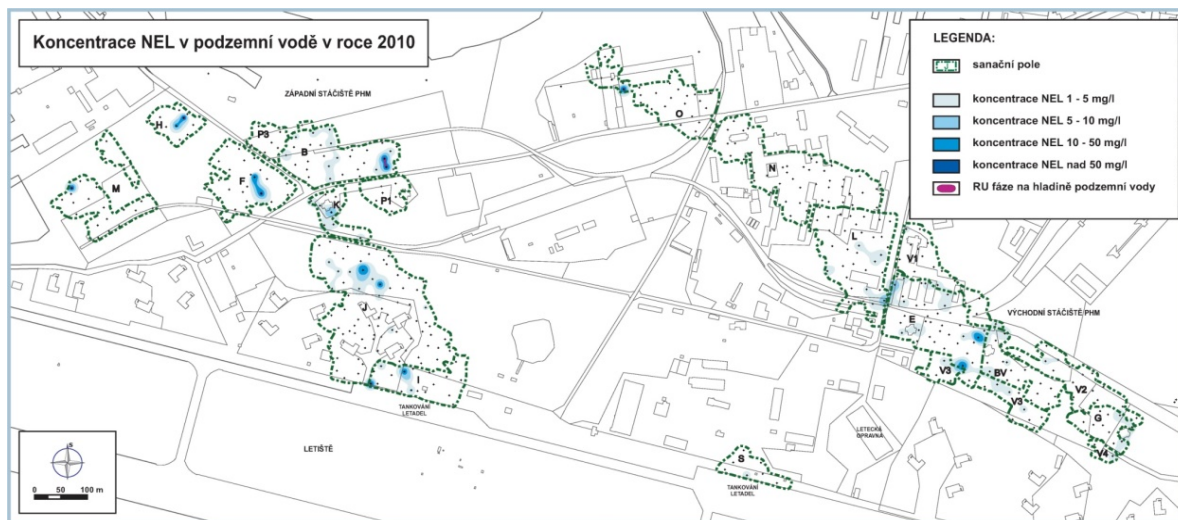
## Kontaminace území - NEL zeminy



- území s rozsáhlou kontaminací leteckým petrolejem, první projev v roce 1986, havarijní sanace čerpáním, později ověřování *in situ* metod
- 1996 analýza rizik
- v letech 1998 – 2008 intenzivní provoz sanace kombinací sanačních technik v ploše 28,2 ha, hlavní roli měla biodegradace *in situ*

# Výsledky sanace lokality

## Kontaminace podzemní vody

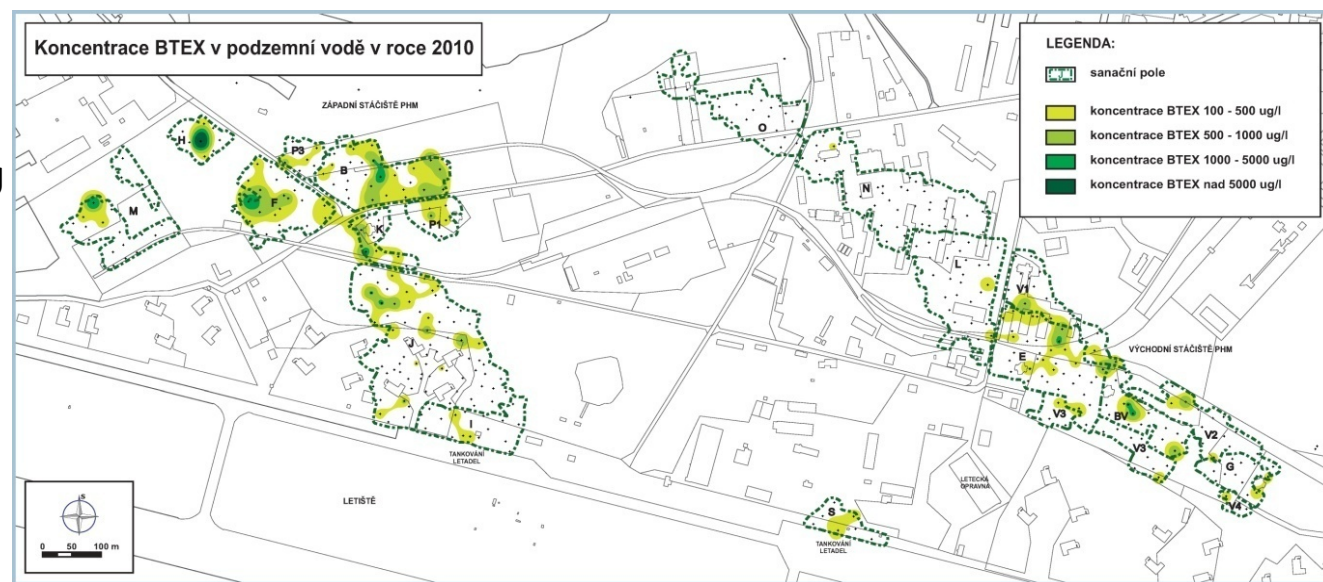


Rok 1998



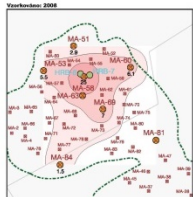
Rok 2010

Analýza rizik reziduálního znečištění - bilančně na lokalitě zůstalo 1.660 tun RU z původních 7.150 (chyba 30%), analýza rizik verifikovala dosažení sanačních limitů pro lokalitu a doporučila monitoring přirozené atenuace

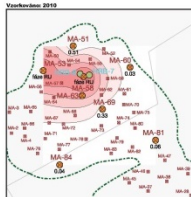


# Monitoring atenuace 2008 – 2015 v dílčích plochách

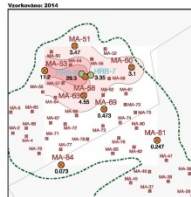
2008



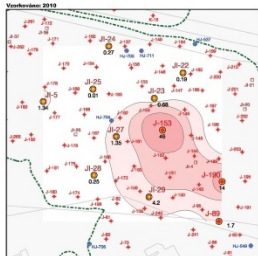
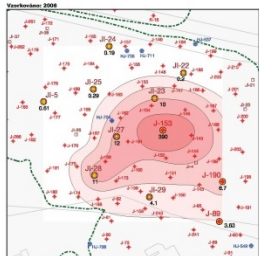
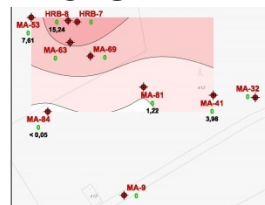
2010



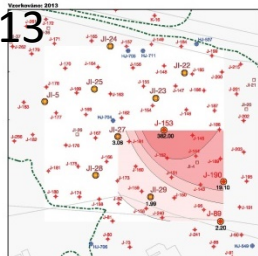
2014



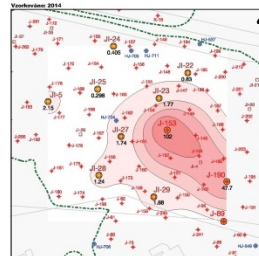
2015



2013



2014



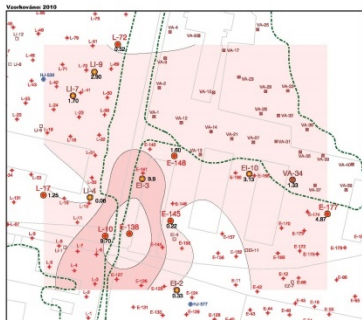
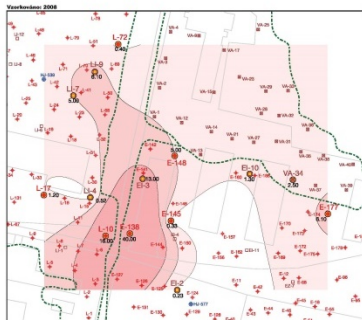
2015



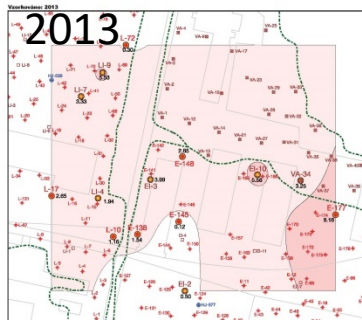
2013 – 2014 – atenuační procesy, dílčí snižování či stagnace úrovně kontaminace odpovídající roku 2010

2015 – pozorován rebounding daný režimem podzemní vody v monitorovaných částech lokality, znovuobjevení fáze v centimetrových mocnostech

2016, 2018 - monitoring výskytu fáze na celé lokalitě, 2016 monitoring čela mraku - kvalita



2013



2015



# Situace na lokalitě 2015 - 2018

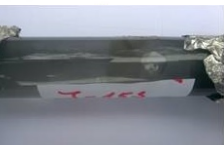


- mimo reboundingu zjištěno v roce 2015 poškození části monitorovacího systému lesnickými pracemi, cca 1 ha, v roce 2017 zlikvidován další 1 ha monitorovacího systému při vytváření plochy pro stavební odpady, minoritní poškození vrtů vandalismem
- zjištěn značný nezájem místní a regionální samosprávy a státní správy o situaci na lokalitě v souvislosti s přítomností staré zátěže, až snaha bojkotovat další práce na lokalitě na úrovni kraje – „sanace skončila, více pozornosti a veřejných financí věnovat netřeba“ – kraj a obec vlastníci pozemků na lokalitě, kolize s developerskými záměry???

# Monitoring atenuace 2008 - 2018

J-188 název vzorkovaného vrtu  
film  
71,02  
přítomnost/mocnost RU fáze [cm]  
koncentrace NEL [mg/l]

Koncentrace NEL v podzemní vodě



Vrt	2008	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018
JI-29	4,1 mg/l NEL	4,2 mg/l NEL	1,99 mg/l NEL	1,88 mg/l NEL	23 cm ropné fáze (odstraněna)	film		6 cm ropné fáze
J-153	390 mg/l NEL	46 mg/l NEL	382 mg/l NEL	102 mg/l NEL	19 cm ropné fáze (odstraněna)	film	film	5 cm ropné fáze
JI-23	10 mg/NEL	0,68 mg/l NEL		1,77mg/l NEL	0,99 mg/INEL	bez fáze		bez fáze
JI-22	0,2 mg/l NEL	0,19 mg/l NEL		0,8 mg/l NEL	0,05 mg/l NEL	bez fáze		film
JI-24	0,19 mg/l NEL	0,27 mg/l NEL		0,4 mg/l NEL	0,04 mg/l NEL	bez fáze		bez fáze

ve vrtech na lokalitě probíhají atenuační procesy (produkce sirovodíku, přítomny černé sraženiny železa a manganu, pozorováno snižování kontaminace, na výstupu z oblastí s kontaminací pozorovány reoxidace železa, silně demineralizovaná voda, v roce 2015 však pozorován v částech lokality rebounding





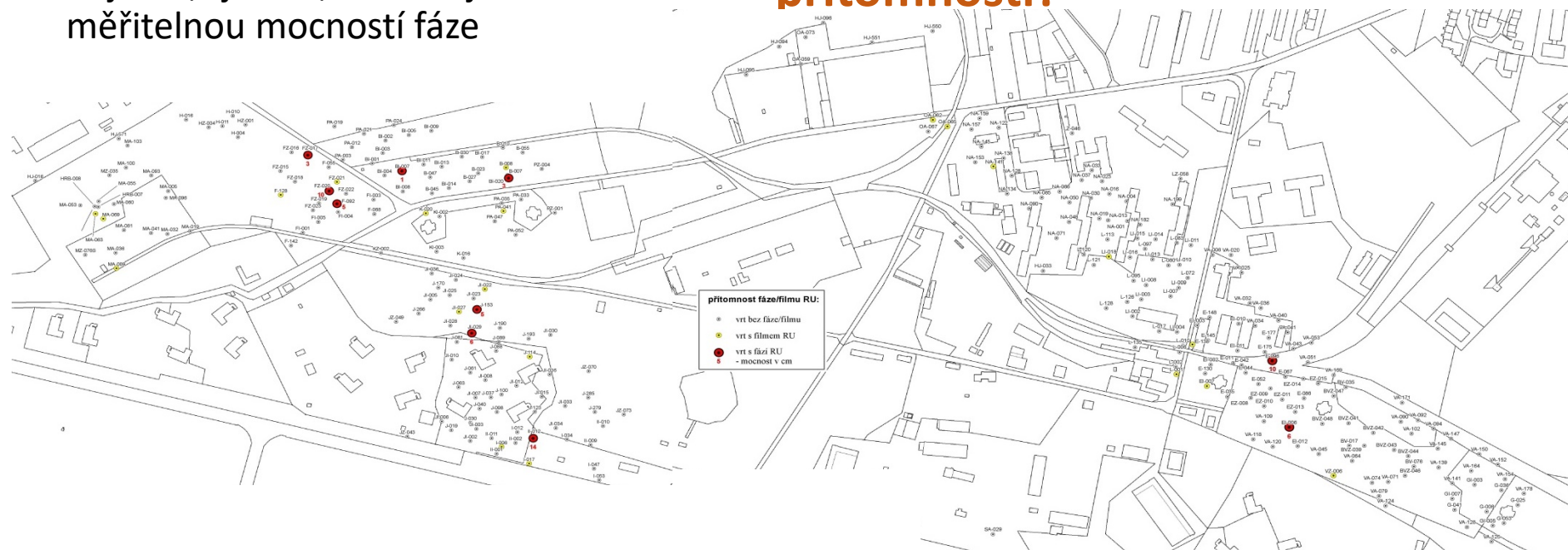
# Rozsah kontaminace NEL 2010 a výskyt

## RU fáze (LNAPL) 2016 a 2018

- **Rok 1997** - LNAPL na 23.8 ha
- **Rok 2010** - 0.01 ha - LNAPL přítomen v ve 4 vrtech z 1.893, tj. 0,2% monitorovaných objektů
- **Rok 2016** - LNAPL přítomen ve 35 z 298 objektů, tj. 12%, ve 3 třech objektech s měřitelnou mocností fáze
- **Rok 2018** - LNAPL přítomen v 31 z 300 objektů, tj. 10%, v 10 objektech s měřitelnou mocností fáze

Situace znovuobjevení fáze ve vysanovaných plochách na lokalitě byla již pozorována v roce 2003

**Co je příčinou návratu fáze po řadě let bez detekce její přítomnosti?**



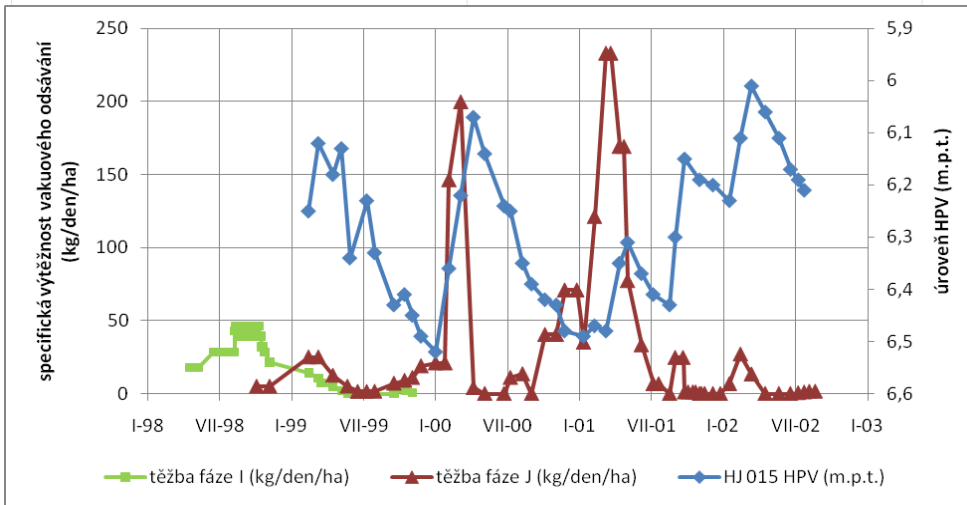
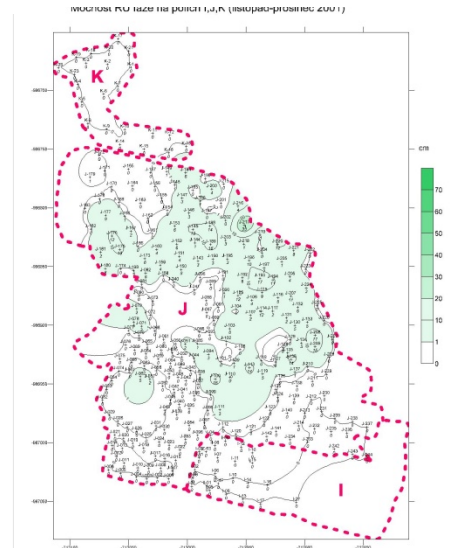
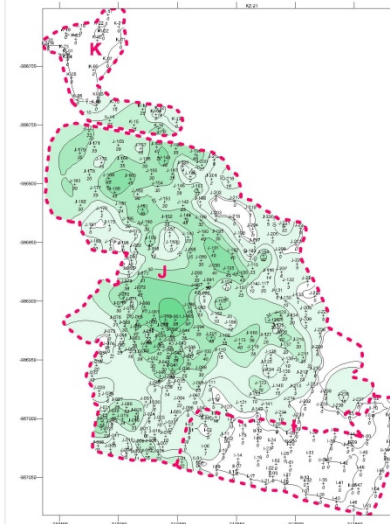
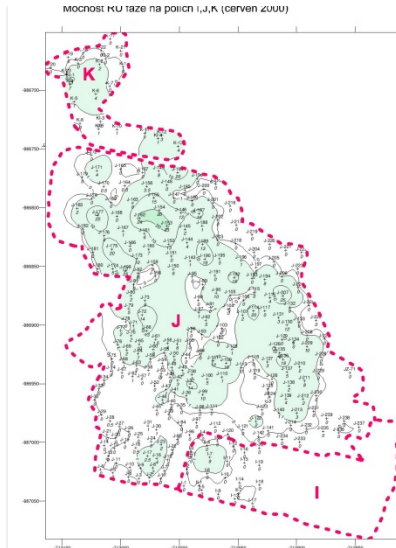
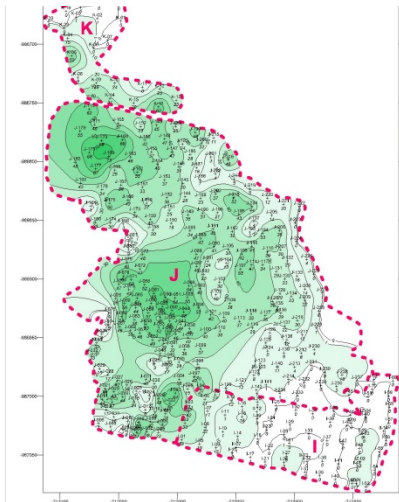
# Vliv kolísání hladiny na mocnost fáze a výtěžnost sanační technologie při aktivní sanaci

mocnost fáze –  
březen 2000

červen 2000

prosinec 2000

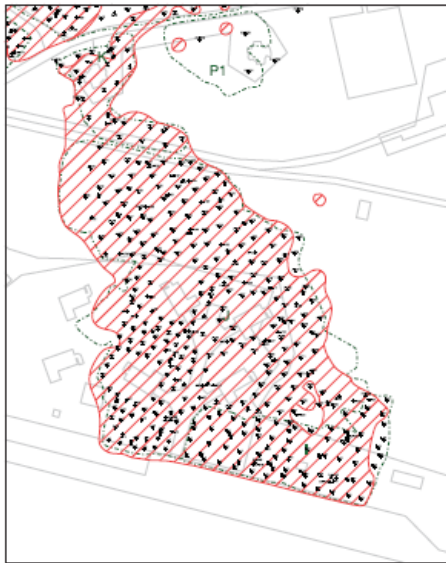
prosinec 2001



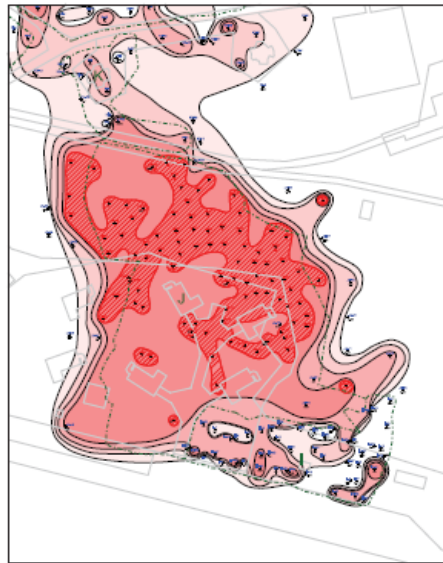
V průběhu sanace byla pozorována závislost výtěžnosti technologie na ročním režimu HPV. Pravděpodobný důvod je rozdílná viskozita vody a RU, kdy při kolísání HPV migrují v horninovém profilu rozdílnou rychlostí a dochází k enkapsulaci fáze v pórovém prostředí.

# Rok 2003 – znovuobjevení fáze v již vysanovaných plochách – jaká je příčina?

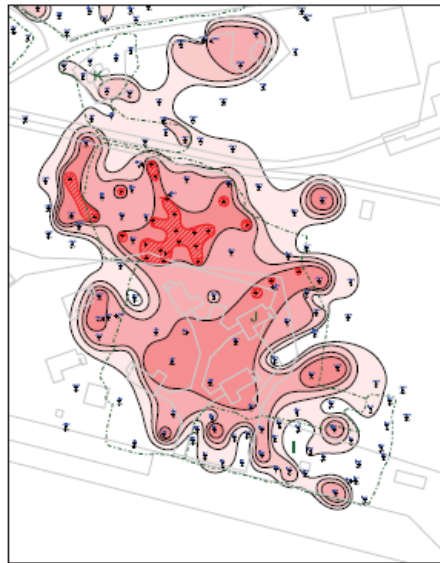
Počátek sanace



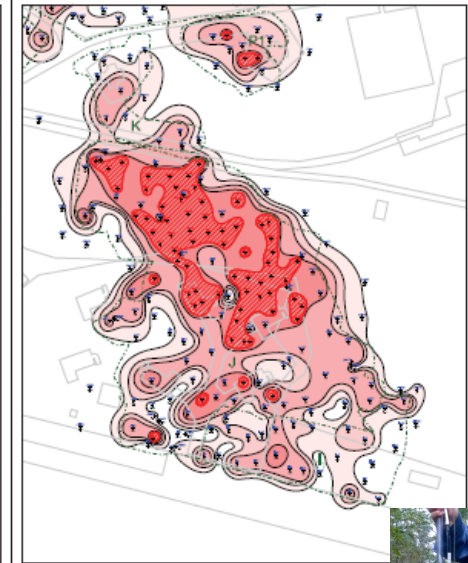
Podzim 2001



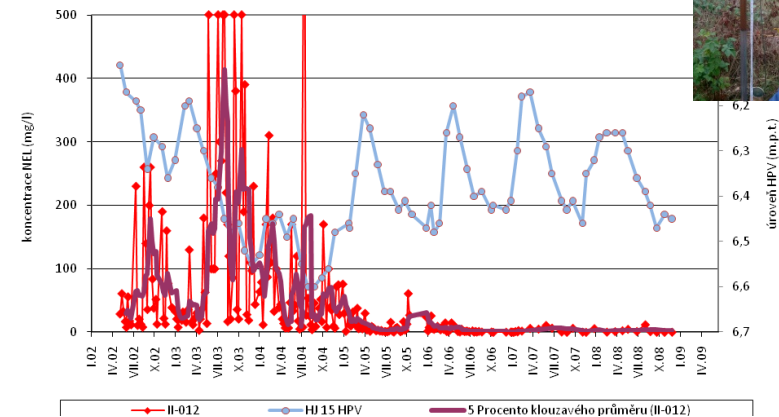
Podzim 2002



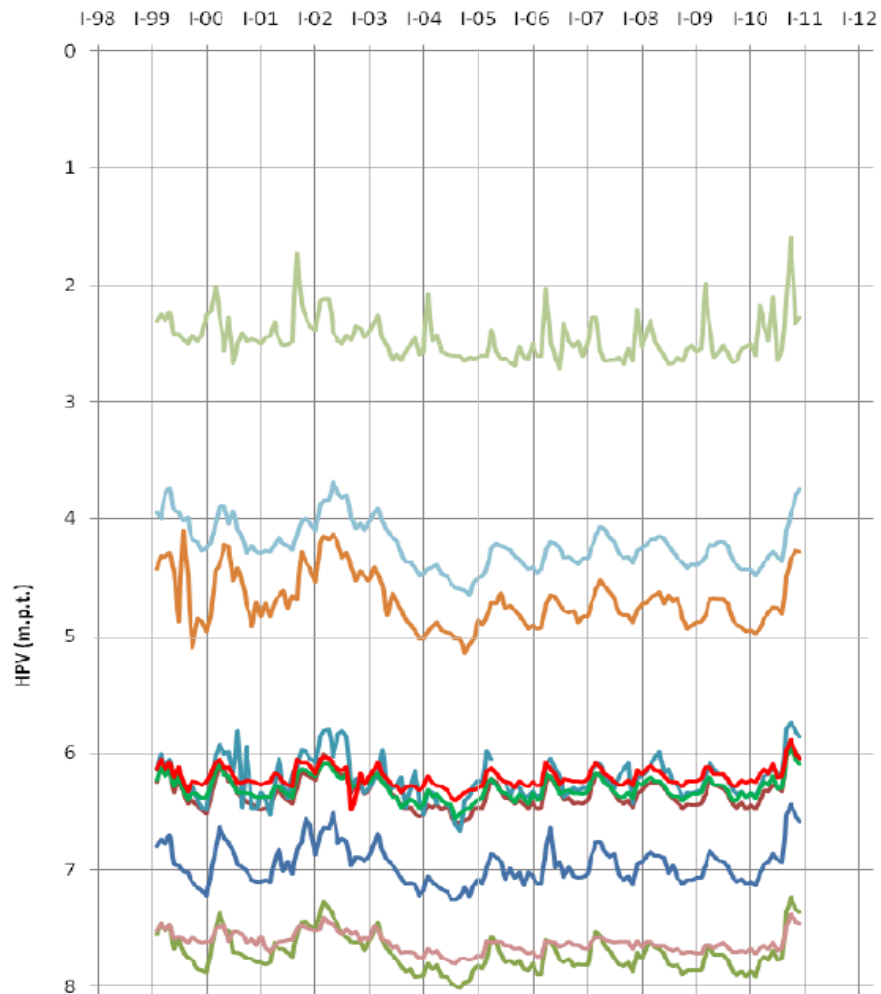
Podzim 2003



Rok 2003 - rok s extrémně nízkým srážkovým úhrnem **504 mm** (nejméně v období 1961 -2018) – došlo k objevení fáze v plochách, kde již po tříletém provozu sanační technologie vakuového odsávání nebyla přítomna.



# Kdo za to může? 1) režim hladiny podzemní vody na lokalitě



Obr. 4 Vývoji hladin podzemní vody ve vrtech ČGS v období 2015-2018

- HJ 010
- HJ 015
- HJ 017
- HJ 024
- HJ 027
- HJ 039
- HJ 103
- HJ 121
- HJ 525
- HJ 528
- HJ 556

## Nejteplejší léta od roku 1961

2003 2018

Rok 2018 byl na území ČR mimořádně teplý a velmi suchý. Průměrná roční teplota vzduchu na území ČR (9,6 °C) byla o 1,7 °C vyšší než normál 1981–2010. Roční srážkový úhrn na území ČR za rok 2018 (521 mm) činil pouhých 76 % normálu 1981–2010. Nižší úhrn srážek byl v období od roku 1961 zaznamenán pouze v roce 2003, a to 504 mm. V suchém roce 2015 spadlo na území ČR v průměru 532 mm srážek.

**SRAŽKOVÉ A TEPLOTNÍ CHARAKTERISTIKY ROKU 2018**

Nejnižší úhrny srážek ve srovnání s normálem byly v roce 2018 dosaženy na severu a východě Čech. V krajích Libereckém, Pardubickém, Královéhradeckém a Ústeckém spadlo za rok 2018 méně než 70 % srážkového normálu.

Rok 2018 měl 9 měsíců teplotně nadnormálních až mimořádně nadnormálních

Úhrn srážek v roce 2018 (mm)

Úhrn srážek v roce 2018 v porovnání s normálem 1981-2010

(výstava Voda a sucho, AV)

Úhrny srážek

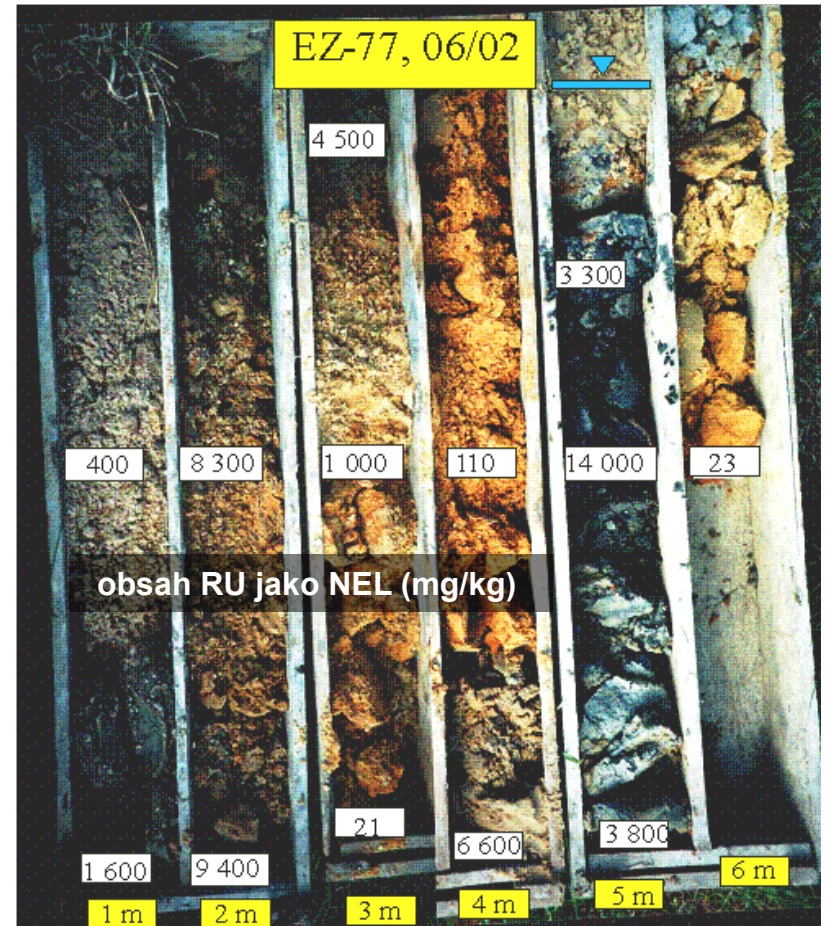
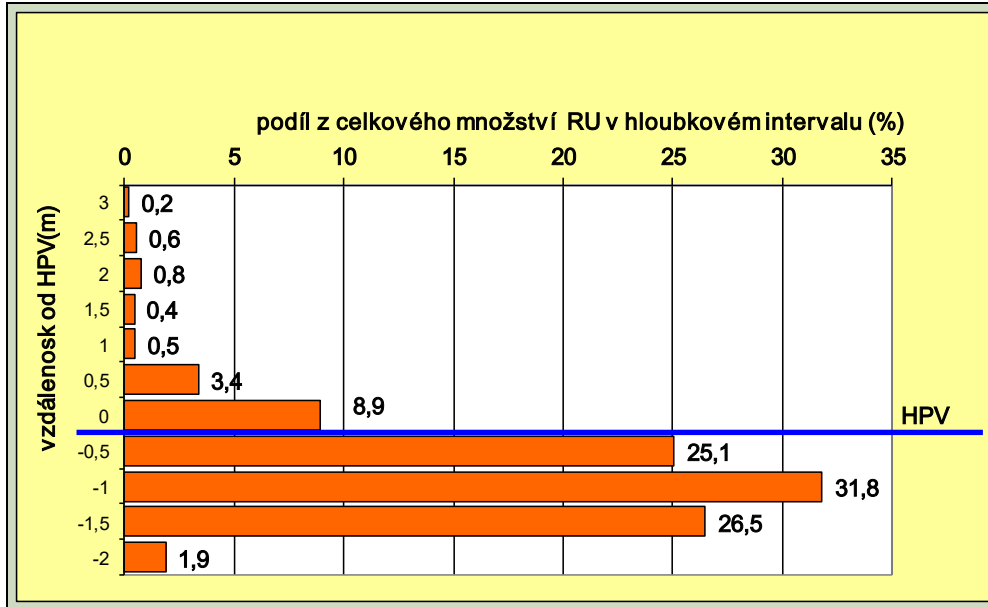
2003 - **504 mm** (nejméně 1961 -2018)

2015 - **532 mm**

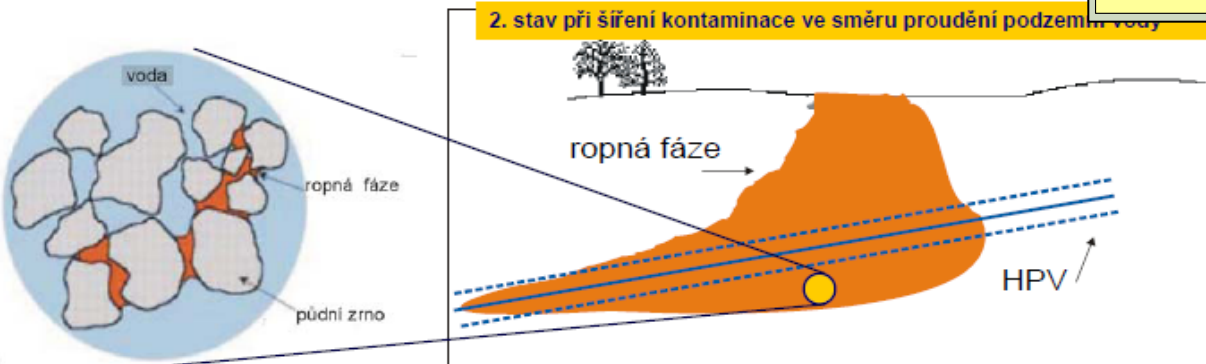
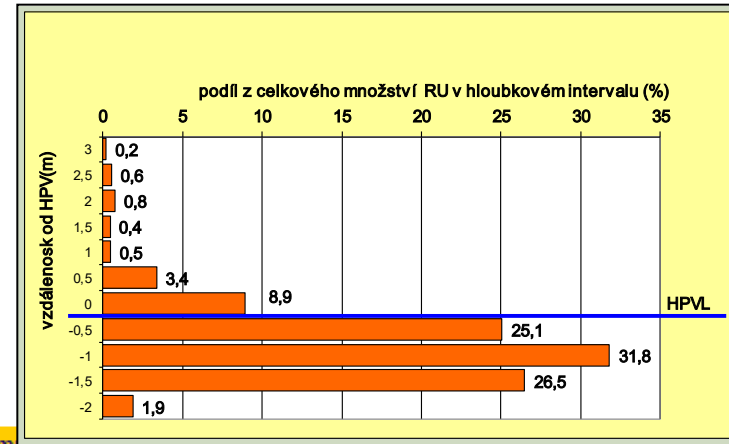
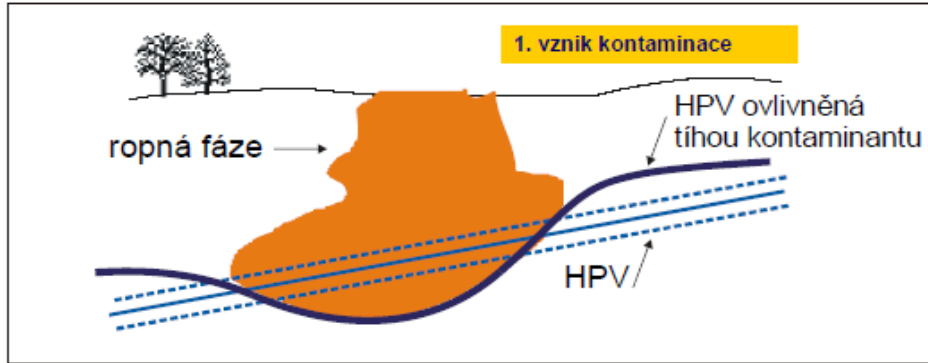
2018 - **521 mm** (v Libereckém kraji méně než 70% srážkového normálu)

# 2) distribuce kontaminace v horninovém profilu

vzorkování na 10 ha 2000 – 2002

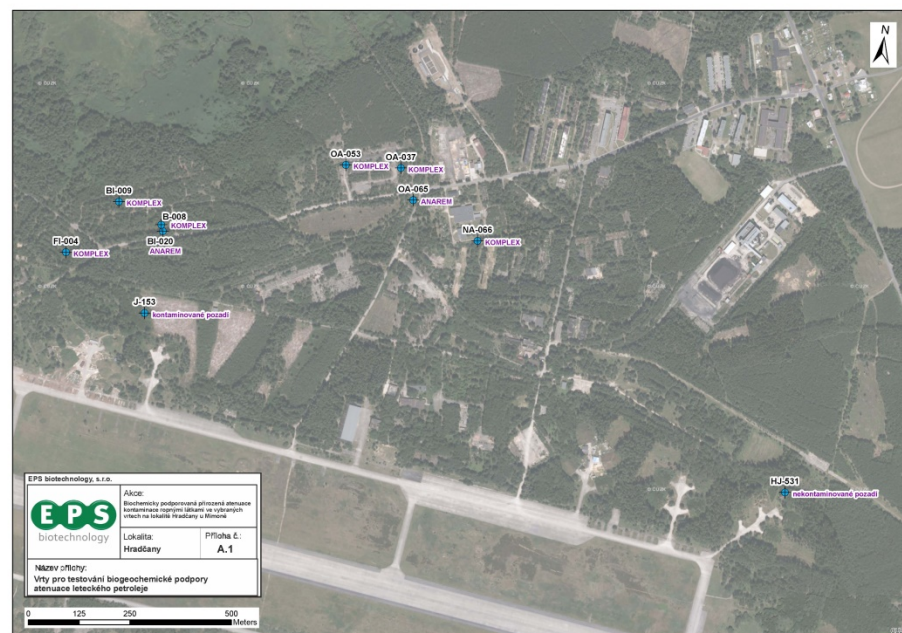


# Mechanismus znovuoobjevení fáze v suchém období



Srážkově podprůměrné roky 2015 a 2018 (druhý nejnižší od roku 1961) způsobily pokles hladiny na dlouholeté minimum a uvolnily reziduální fázi vázanou ve zvodnělých pórech imobilně, při osušení profilu se však uvolnila. Roční rozkyv HPV pozorovaný na lokalitě činil 0,5 m, dlouholetá minima v nejsušším roce 2003 pak přidávají 0,3m – 0,4m, opakované sucho v letech 2015 a 2018 pravděpodobně ještě prohloubilo pokles – v monitorovacím vrtu ČGS středoturonského kolektoru Ralsko je v období 2015 -2018 pozorován setrvalý pokles hladiny

- Pilotní testování biogeochemické podpory atenuace leteckého petroleje zasakováním terminálních akceptorů elektronu – dusičnanů, síranů a trojmocného železa - se ukázalo jako potenciálně velmi slibná metoda pro řešení reboundingu – pasivní přístup, ekonomická nenáročnost
- Byl pozorován úbytek polutantu a rozvoj anaerobní mikroflóry nástroji molekulární biologie
- Výrazně větší administrativní nároky a obstrukce při získání povolení k aplikaci látek do podzemních vod

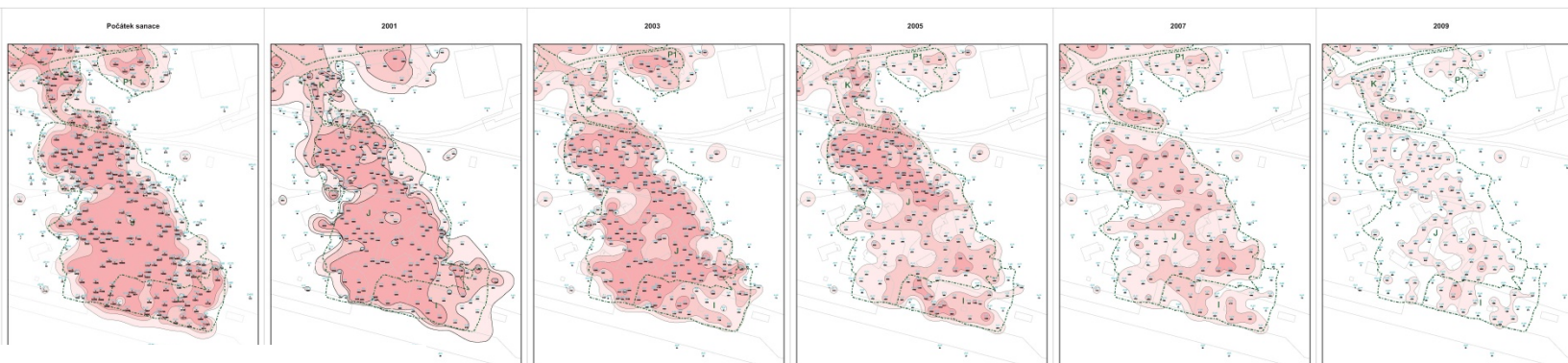




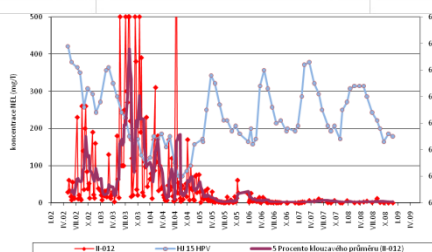
# Shrnutí

- Pokles hladiny podzemních vod na dlouholeté minimum ovlivnil výskyt volné fáze RU jak v období sanace (2003 -2004), tak v období sedm až deset let po jejím ukončení (2016 – 2018).
- V době dlouholetých maxim, které připadly na období ukončování sanace a následných monitoringů (2008 – 2014) byly zjištěny výrazně pozitivnější výsledky pro podzemní vodu.
- Dobrá zpráva na závěr – ropných látek v zeminách nepříbylo, pozorovaný rebounding je výsledkem uvolňování RU ze zemin v důsledku režimu HPV – nicméně předpoklad analýzy rizik z roku 1996 (potvrzen aktualizací 2002) 5000 mg/kg NEL v zemině = absence fáze na HPV = 5 mg/l NEL v podzemní vodě se neukázal být správným

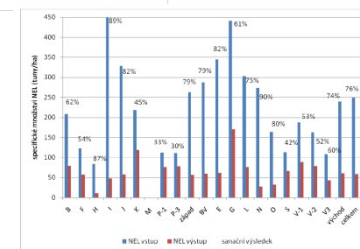
Obr. 7 Vývoj plošného rozsahu kontaminace zemin ve vybraných sanačních plochách



## Vývoj NEL v zeminách 1998 - 2009



2015







# Výhled atenuace z AR 2010

## BILANCE RU NA LOKALITĚ – vázaná v zeminách/rozpuštěná ve vodě 2009

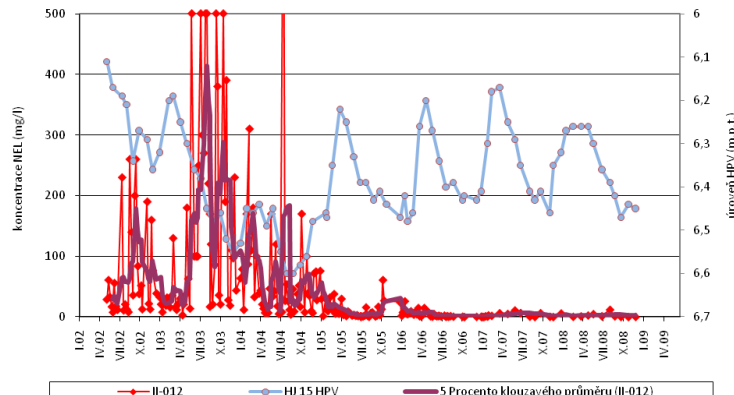
Lokalita Hradčany	plocha (ha)	střední množství	rozpuštěné množství NEL v podzemní vodě		podíl rozpuštěné a vázané kontaminace	
		NEL v zeminách	podle arit. prům	podle geom. prům.		
		tuny	kg	kg	podle arit. prům	podle geom. prům.
Mrak západ	13,4	752	238	37	0,03%	0,005%
Mrak východ	14,9	913	79	38	0,01%	0,004%
<b>Celkem</b>	<b>28,3</b>	<b>1665</b>	<b>317</b>	<b>75</b>	<b>0,02%</b>	<b>0,0045%</b>

## Odhad doby atenuace zbytkového znečištění - 2009

bilance zbytkové kontaminace		simulovaná kapacita atenuace (procento maximální odhadnuté intenzity 5,5 t/RU/rok)		
		10%	50%	100%
	(tuny)	doba atenuace (roky)		
minimální	1155	2119	424	212
střední	1665	3056	<b>611 let</b>	306
maximální	2173	3988	798	399

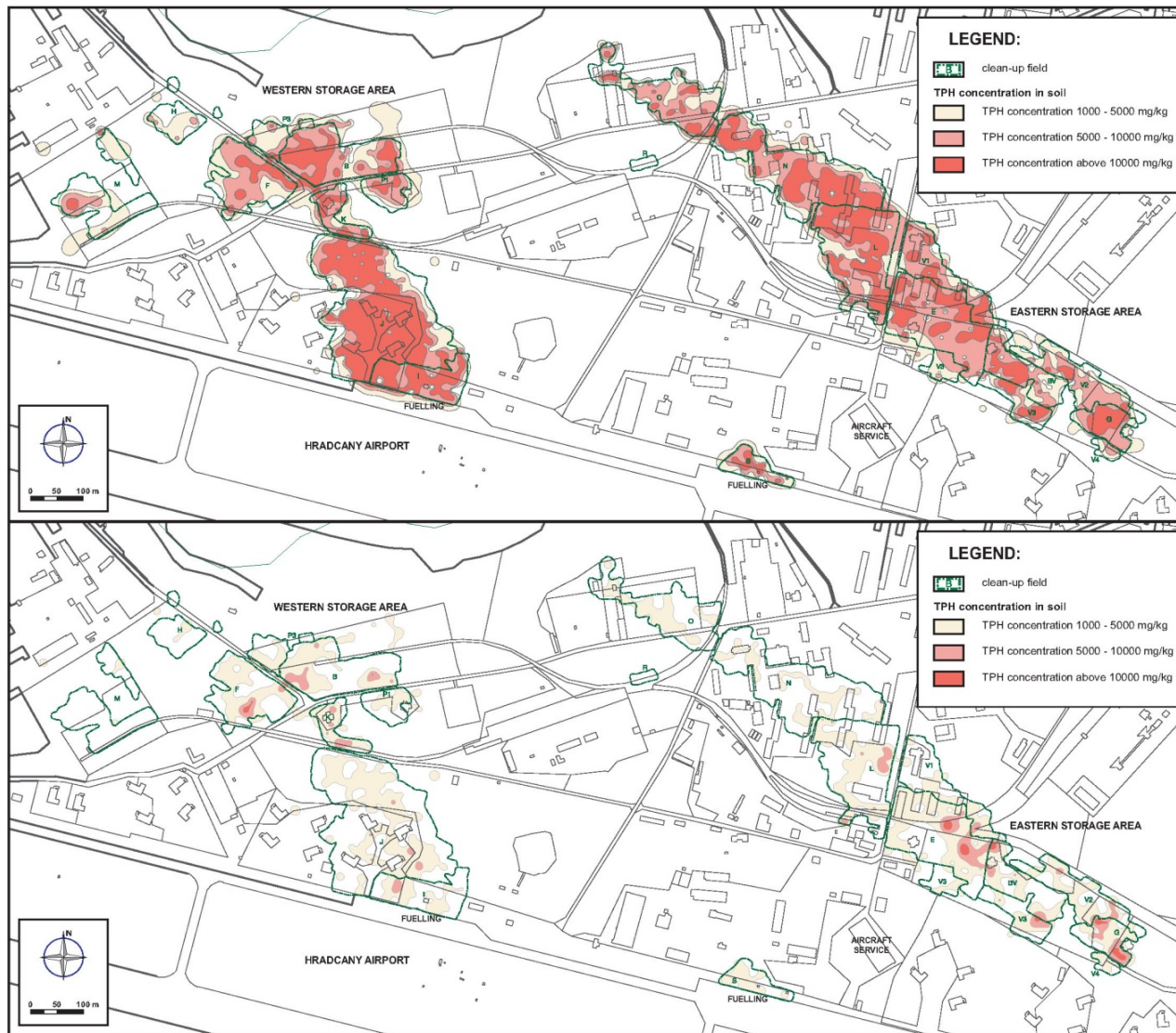
# Závěr

- Zjištěné skutečnosti ukazují, že bez přihlédnutí k dlouhodobým trendům hydrologických cyklů a jejich vlivu na pozorované obsahy kontaminujících látek mohou být výsledky sanačních zásahů vnímány pozitivněji, než skutečně jsou, nelze pominout i vlivy klimatické změny, které mohou rozkvy hladiny oproti předchozím letům prohlubovat
- Pozitivní skutečnosti - osušení větší mocnosti kontaminovaného profilu umožňuje lepší průběh aerobní atenuace v nenasatované zóně (pasivní aerace), ověřené postupy podpory anaerobní biodegradace v saturované zóně, přirozené procesy biologické atenuace znečištění na lokalitě běží
- Zástupci investora byli o možných vlivech kolísání HPV na sanační výsledek informováni v roce 2006, **současná samospráva obce Ralsko nulové povědomí o přítomnosti zbytkové kontaminace na lokalitě a výhledu atenuace, KÚLK – představa, že sanace proběhla a problém tím vyřešen** - AR zbytkové kontaminace (2010) odhadla střední dobu setrvání kontaminace v horninovém prostředí na stovky let – **rizikový geofaktor životního prostředí.**



# Sanační výsledek - kontaminace území

- NEL zeminy – se nezměnil!



Nutnost  
propíchnout  
sociální bublinu  
směrem ke státní  
správě a  
samosprávě

Dosažení sanačních  
limitů neznamená  
konec péče o  
lokalitu

**Např. lokalita  
Hradčany –  
zbytková zátěž s  
odhadem  
odbourávání na  
200 – 4000 let  
(střední odhad 611  
let)**

# Děkuji za pozornost

## Otázky?

