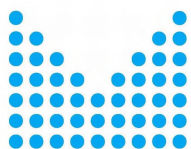


Obsah

Užívateľský manuál	1
1.1 Úvod	1
1.2 Štruktúra aplikácie	1
1.2.1 Bočný panel	2
1.2.1.1 Názov a súradnice vodárenského objektu	2
1.2.1.2 Deskriptívne údaje	3
1.2.1.3 Údaje o potenciálnych rizikách	3
1.2.1.4 Údaje o aktuálnej situácii	3
1.2.2 Hlavný panel	5
1.2.2.1 Navigačný panel s mapou	5
1.2.2.2 Navigačný panel bodovania	5
1.2.2.3 Navigačný panel “O programe”	6
1.2.2.4 Navigačný panel “O projekte”	6
1.3 Metodika	7
1.3.1 Význam tried zraniteľnosti vodárenského objektu	9
1.3.2 Vysvetlenie k odborným zadávaným parametrom	10
1.3.2.1 Zraniteľnosť horninového prostredia (krok 1)	10
1.3.2.2 Preventívne parametre zhoršujúce hodnotenie zraniteľnosti vodárenského objektu	11
1.3.2.3 Preventívne parametre zlepšujúce hodnotenie zraniteľnosti vodárenského objektu	14
1.3.2.4 Ďalšie kroky v prípade vzniku radiačnej havárie	15
1.4 Reference	17

Technická dokumentace	18
2.1 Produktová dokumentace	18
2.2 Architektonická dokumentace	19
Programátorský manuál	24
3.1 Dokumentace zdrojového kódu	24
3.2 Dokumentace testování	25
3.3 Instalační manuál	25
3.4 Ekonomické parametry a licenční podmínky	26

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA
veřejná výzkumná instituce



MINISTERSTVO VNITRA
ČESKÉ REPUBLIKY



Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.
National Radiation Protection Institute

„Hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu“

Uživatelský manuál

Praha, říjen 2022

Uživatelský manuál

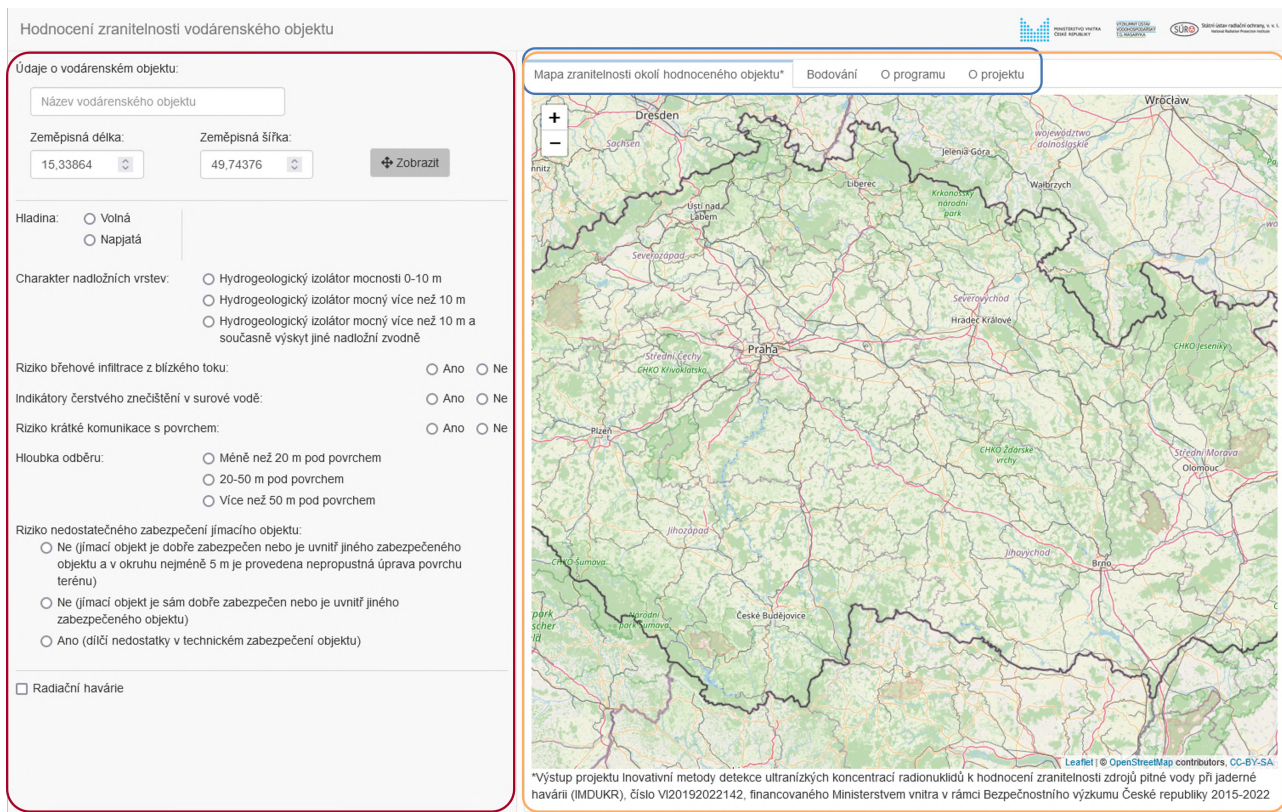
1.1 Úvod

Software **Hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu** je rozhodovacím nástrojem, tvořeným v rámci výzkumného projektu VI20192022142 s názvem „Inovativní metody detekce ultranízkých koncentrací radionuklidů k hodnocení zranitelnosti zdrojů pitné vody při jaderné havárii (IMDUKR)“, financovaného Ministerstvem vnitra v rámci Bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2015-2022.

Software je určen k hodnocení rizikivosti vodních zdrojů, a to jak v případě radiační havárie a zvládnutí radiační mimořádné události, tak i za běžných okolností s preventivními účely. Webové rozhraní softwaru je dostupné na adrese shiny.vuv.cz/imdukr. Hodnocení rizikivosti za pomoci vyvinutého algoritmu lze provést dle zadaných souřadnic na libovolném místě v rámci území České republiky. Základním podkladem pro výpočet slouží mapa specifické zranitelnosti podzemní vody. Od map zranitelnosti v okolí jaderných elektráren (Datel et al., 2022a,b), tvořených v rámci stejného výzkumného projektu, se tento podklad liší tím, že nezahrnuje údolí nivy a záplavová území kolem toků v nejzranitelnější kategorii, vzhledem k tomu, že tento parametr je zahrnut v následných krocích. Bližší informace o metodice tvorby map Datel et al. (2022c). Při preventivním hodnocení vodárenského objektu jsou do softwaru kromě souřadnic zadávány deskriptivní údaje objektu a údaje o potenciálních rizicích. V případě, že dojde k radiační havárii, jsou dále zadávány i údaje o aktuální situaci jakožto srážky a vymezení kontaminace v místě hodnocení, dle Národního radiačního havarijního plánu (NRHP), související legislativy typového plánu SÚJB „Radiační havárie“ (konkrétně Vyhláška č. 422/2016 Sb., Vyhláška č. 360/2016 Sb. a Vyhláška č. 359/2016 Sb.) a Směrnice Rady 2013/51/Euratom. Výpočet je tak reprezentován 8 (či 10, v případě havárie) kroky a výsledek vyhodnocení se shrnutím veškerých zadaných údajů je dostupný uživateli ke stažení formou textové zprávy ve formátu PDF.

1.2 Struktura aplikace

Uživatelské rozhraní aplikace (viz obrázek 1.1) se skládá z bočního a hlavního panelů, kde obsah hlavního panelu lze přepínat pomocí navigační lišty.



Obrázek 1.1: Uživatelské rozhraní aplikace: boční a hlavní panely, navigační lišta.

1.2.1 Boční panel

Boční panel aplikace je strukturován dle výpočetních kroků v rámci vyvinutého algoritmu a dle zadávaných dat s nimi souvisejících. Tyto údaje jsou shrnuty do tabulek 1.4 a 1.5. V bočním panelu jsou tedy přítomny veškeré přepínače a formuláře potřebné k vyhodnocení vodárenského objektu. Krok 1 je prezentován zadáním souřadnic objektu (Kapitola 1.2.1.1), kroky 2 až 3 deskriptivními údaji (Kapitola 1.2.1.2), dále kroky 4 až 8 údaji o potenciálních rizicích (Kapitola 1.2.1.3). Tyto kroky jsou určeny k preventivnímu hodnocení vodárenského objektu. V případě radiační havárie se zadají zbývající dva parametry v krocích 9 a 10 podle aktuální situace (Kapitola 1.2.1.4).

1.2.1.1 Název a souřadnice vodárenského objektu

Tyto formuláře se nachází v horní části bočního panelu (obrázek 1.2). Název vodárenského objektu je nepovinným údajem, který, pokud vyplněn, se zobrazí ve výsledné zprávě. Zadání souřadnic vodárenského objektu lze provést jak manuálně, tak i automaticky – kliknutím na mapu. Software pracuje se souřadnicovým systémem WGS 84. Zobrazení a vyhodnocení nejhorší vyskytující se kategorií zranitelnosti ve 100 m okolí objektu se spustí tlačítkem “Zobrazit”, které je dostupné pouze pokud se uživatel nachází v prvním (mapovém) panelu navigační lišty (viz Kapitola 1.2.2.1). V případě kliknutí na mapu je tento krok samočinný.

Údaje o vodárenském objektu:

Název vodárenského objektu

Zeměpisná délka: 15,33864

Zeměpisná šířka: 49,74376

Zobrazit

Obrázek 1.2: Formuláře zadání názvu a souřadnic vodárenského objektu.

Hladina: Volná Napjatá

Méně než 5 m pod terénem
 5-10 m pod terénem
 Více než 10 m pod terénem

Hladina: Volná Napjatá

Méně než 5 m nad strop kolektoru
 5-10 m nad strop kolektoru
 Více než 10 m

Charakter nadložních vrstev: Hydrogeologický izolátor mocnosti 0-10 m
 Hydrogeologický izolátor mocný více než 10 m
 Hydrogeologický izolátor mocný více než 10 m a současně výskyt jiné nadložní zvodně

Obrázek 1.3: Formuláře zadání deskriptivních údajů objektu.

1.2.1.2 Deskriptivní údaje

Mezi deskriptivní údaje o objektu spadají informace o typu hladiny podzemní vody (rozlišení na volnou a napjatou hladinu), jejich hloubce (dle typu rozlišení na hladinu pod terénem či nad stropem kolektoru) a charakteru nadložních vrstev v místě hodnocení. Přehled vyplňovaných údajů této skupiny a jejich příslušných formulářů je k dispozici na obrázku 1.3.

Deskriptivní údaje i dále uvedené údaje o rizicích pro vodárenský objekt by měly být provozovateli/majiteli vodárenského objektu známy. Pokud mu známy nejsou, je nezbytné si je nechat zpracovat od příslušné osoby s odbornou způsobilostí v hydrogeologii (Zákon č. 62/1988 Sb.).

1.2.1.3 Údaje o potenciálních rizicích

Jedná se o rizika, z nichž některé lze v rámci prevence snížit, pokud je s nimi provozovatel obeznámen. Přehled údajů a jejich příslušných formulářů je k dispozici na obrázku 1.4. Bližší vysvětlení jednotlivých parametrů je uvedeno v kapitole 1.3. Po vyplnění prvních osmi kroků lze práci ukončit a provede se vyhodnocení tzv. preventivní zranitelnosti vodárenského objektu.

1.2.1.4 Údaje o aktuální situaci

V případě vzniku radiační havárie se zadají další parametry v krocích 9 a 10 podle aktuální rizikové situace. Zadavatel si může hodnoty zadat i zkusmo v rámci preventivní přípravy. Hodnotí se zde maximální úhrn a typ srážek za první měsíc od vzniku kontaminace a aktuální radioaktivní riziko dle NRHP (SÚJB a MV ČR). Formuláře pro vyplnění těchto údajů jsou zobrazeny na obrázku 1.5.

Riziko břehové infiltrace z blízkého toku: Ano Ne

Indikátory čerstvého znečištění v surové vodě: Ano Ne

Riziko krátké komunikace s povrchem: Ano Ne

Hloubka odběru: Méně než 20 m pod povrchem
 20-50 m pod povrchem
 Více než 50 m pod povrchem

Riziko nedostatečného zabezpečení jímacího objektu:

Ne (jímací objekt je dobře zabezpečen nebo je uvnitř jiného zabezpečeného objektu a v okruhu nejméně 5 m je provedena nepropustná úprava povrchu terénu)

Ne (jímací objekt je sám dobře zabezpečen nebo je uvnitř jiného zabezpečeného objektu)

Ano (dílčí nedostatky v technickém zabezpečení objektu)

Chybějící vodotěsné zakrytí zhlaví objektu

Nedostatečné těsnění zaplášťového prostoru

Nevyspádování terénu směrem od jímacího objektu

Možnost přímé kontaminace vody v objektu z povrchu

Obrázek 1.4: Formuláře zadání údajů o potenciálních rizicích.

Radiační havárie


Aktuální srážková situace (max. úhrn za první měsíc od vzniku kontaminace): Trvale zmrzlý terén od začátku kontaminace
 Srážky od začátku kontaminace do 5 mm
 Srážky od začátku kontaminace do 20 mm
 Srážky od začátku kontaminace do 50 mm
 Srážky od začátku kontaminace více než 50 mm

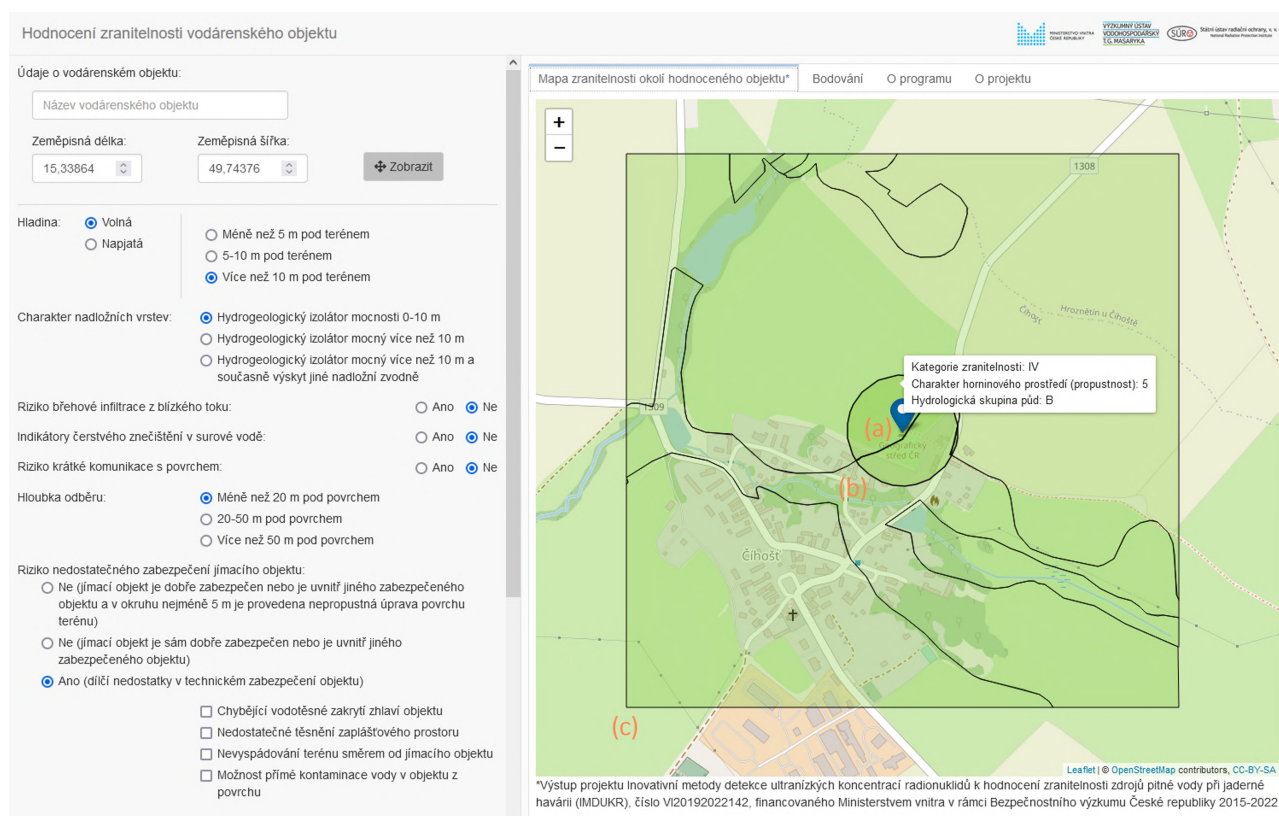
Aktuální vymezení kontaminace po radiační havárii v místě: Místo je mimo vyhlášené zóny
 Uvnitř zóny havarijního plánování (ZHP) kolem jaderného zařízení, kde došlo k havárii (vzdálenost 20 km od JE)
 Vyhlášená zóna s kontrolovaným pobytem
 Vyhlášená zóna s omezeným přístupem
 Vyhlášená nebezpečná zóna

Obrázek 1.5: Formuláře zadání údajů při radiační havárii.

1.2.2 Hlavní panel

1.2.2.1 Navigační panel s mapou

Tlačítkem “Zobrazit” či kliknutím na mapu se zpřístupní (a) zobrazení hodnoceného objektu na interaktivní mapě , včetně zobrazení několika výřezů z mapy zranitelnosti: (b) kruhový výřez v okolí 100 m od objektu s interaktivními informačními popisky a (c) kontextuální čtvercový výřez v okolí 500 m od objektu bez popisků (viz obrázek 1.6). Zároveň dojde k vyhodnocení nejhorší vyskytující se kategorií zranitelnosti v oblasti 100 m (b) a doplnění tohoto údaje do navigačního panelu bodování (Kapitola 1.2.2.2). Bez tohoto vyhodnocení nebude výpočet kompletní, a tedy nebude zpřístupněn ani export výsledků bodování.



Obrázek 1.6: První navigační panel – mapa.

1.2.2.2 Navigační panel bodování

V navigačním panelu bodování (obrázek 1.7) jsou k dispozici průběžné bodové vyhodnocení zranitelnosti vodárenského objektu. Bodování se provádí dle metodiky uvedené v kapitole 1.3, konkrétně pomocí vyhodnocení parametrů z vyplněných uživatelem formulářů v bočním panelu softwaru dle tabulek 1.4 a 1.5 metodiky. Přepínáním parametrů z formulářů vyplněných uživatelem či změnou souřadnic vodárenského objektu se bodování aktualizuje. Hodnocení nebude provedeno dokud všechny k tomu potřebné formuláře nebudou uživatelem vyplněny.

Výsledky výpočtu lze exportovat pomocí tlačítka  Stáhnout zprávu (PDF) v dolní části panelu, a to

Hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu

Údaje o vodárenském objektu:

Název vodárenského objektu

Zeměpisná délka: 15,33864 Zeměpisná šířka: 49,74376

Hladina: Volná Napjatá

Charakter nadložních vrstev: Méně než 5 m pod terénem 5-10 m pod terénem Více než 10 m pod terénem

Charakter nadložních vrstev: Hydrogeologický izolátor mocnosti 0-10 m Hydrogeologický izolátor mocný více než 10 m Hydrogeologický izolátor mocný více než 10 m a současně výskyt jiné nadložní zvodně

Riziko břehové infiltrace z blízkého toku: Ano Ne

Indikátory čerstvého znečištění v surové vodě: Ano Ne

Riziko krátké komunikace s povrchem: Ano Ne

Hloubka odběru: Méně než 20 m pod povrchem 20-50 m pod povrchem Více než 50 m pod povrchem

Riziko nedostatečného zabezpečení jímácho objektu:

Ne (jímací objekt je dobře zabezpečen nebo je uvnitř jiného zabezpečeného objektu a v okruhu nejméně 5 m je provedena nepropustná úprava povrchu terénu)

Ne (jímací objekt je sám dobře zabezpečen nebo je uvnitř jiného zabezpečeného objektu)

Ano (dílič nedostatky v technickém zabezpečení objektu)

Chybějící vodotěsné zakrytí zhlaví objektu

Nedostatečné těsnění zaplášťového prostoru

Nevyspádování terénu směrem od jímácho objektu

Možnost přímé kontaminace vody v objektu z povrchu

Mapa zranitelnosti okolí hodnoceného objektu* Bodování O programu O projektu

Kategorie zranitelnosti podzemní vody: IV (0 bodů)

Hladina volná (hloubka)	0
Charakter nadložních vrstev	0
Riziko břehové infiltrace z blízkého toku	0
Indikátory čerstvého znečištění v surové vodě	0
Riziko krátké komunikace s povrchem	0
Hloubka odběru	0
Dílič nedostatky v technickém zabezpečení objektu	2

Preventivní souhrn: 2 bodů

IV. kategorie - nízká zranitelnost vodárenského objektu

Radiační havárie – aktuální srážková situace (max. úhrn za první měsíc od vzniku kontaminace) 0

Radiační havárie – aktuální radioaktivní riziko v místě 0

Celkový souhrn: 2 bodů

IV. kategorie - nízká zranitelnost vodárenského objektu

Prohlašuji, že jsem údaje uvedl úplně a pravdivě.

Obrázek 1.7: Druhý navigační panel – bodování.

pouze po provedení vyhodnocení nejhorší vyskytující se kategorií zranitelnosti v navigačním panelu s mapou (Kapitola 1.2.2.1) a zaškrtnutí políčka s prohlášením o čestném a zodpovědném vyplnění jednotlivých kroků. Zprava obsahuje záběr mapového okna v okamžik generování souboru, též jako příslušný generaci datum a čas. Dále jsou zde uvedeny údaje o názvu (pokud byl vyplněn) a souřadnicích objektu, vzdálenosti vyhodnoceného okolí, nejhorší vyskytující se kategorii zranitelnosti a jejím bodovém vyhodnocení. Zprava je ukončena bodovým souhrnem a jeho slovním vyhodnocením. V případě hodnocení objektu během radiační havárie se zobrazí dvojí souhrn: preventivní zranitelnost a aktuální zranitelnost po vzniku havárie.

1.2.2.3 Navigační panel “O programu”

Navigační panel “O programu” obsahuje popis softwaru a jeho účelů. Dále je zde k dispozici prohlášení o nakládání s daty, též jako možnost stažení uživatelské příručky softwaru.

1.2.2.4 Navigační panel “O projektu”

Navigační panel “O projektu” obsahuje popis projektu, z něhož byl software financován. Dále jsou zde ke stažení metodika tvorby mapových podkladů projektu a jeho další výstupy, konkrétně specializované mapy s odborným obsahem – zranitelnost první zvodně pod terénem v území 30 km okolí od jaderných elektráren Dukovany a Temelín.

1.3 Metodika

Základním podkladem softwaru je mapa specifické zranitelnosti podzemní vody (PV) pro území celé České republiky. Podklad je tvořen s využitím dvou hlavních vstupních souborů – vrstvy charakteru horninového prostředí (VÚMOP, v.v.i. – GEOTest, a.s., 2012) a vrstvy hydrologické skupiny půd (VÚMOP, v.v.i., 2018). Kategorie hydrologické skupiny půd (HSP) jsou založeny především na jejich propustnosti a má čtyři kategorie značených písmeny A až D (kde A jsou půdy s vysokou a D s velmi nízkou rychlostí infiltrace i při úplném nasycení). Mezikategorie půd B/D a C/D zohledňující půdy s vysokou hladinou PV byly přiřazeny do zranitelnějších skupin, to znamená B, respektive C. Charakter horninového prostředí (CHP) je rozdělen do pěti kategorií, kde prostředí je značeno jako 1 – maximálně, 2 – silně, 3 – středně, 4 – slabě a 5 – minimálně zranitelné. Kritéria vyhodnocení kategorie zranitelnosti PV na základě průniku obou hlavních vrstev HSP a CHP jsou uvedena v tabulce 1.1. Slovní popis kategorií je uveden v tabulce 1.2. Do třídy zranitelnosti I byla dále zařazena záplavová a drenážní území, krasové oblasti, antropogenně postižené území důlní činností a rašeliniště. Vodní plochy jakožto řeky, potoky a nádrže mají též nejvyšší, prakticky okamžitou zranitelnost. Na rozdíl od specializovaných map zranitelnosti PV v okolí jaderných elektráren, tvořených v rámci stejného výzkumného projektu, podklad pro Českou republiku nezahrnuje údolí nivy a záplavová území kolem toků, jelikož tyto údaje jsou v softwaru zjišťovány pro konkrétní posuzovaný objekt. Bližší informace o metodice a postupu tvorby mapových podkladů Datel et al. (2022c).

Tabulka 1.1: Průnik vrstev HSP a CHP.

CHP/HSP	A	B	C	D
1+2	I	I	II	III
3+4	II	III	III	IV
5	III	IV	IV	IV

Tabulka 1.2: Kategorie zranitelnosti PV.

Označení	Popis	Bodování
I	velmi vysoká	(+6 b.)
II	vysoká	(+4 b.)
III	zvýšená	(+2 b.)
IV	nízká	(0 b.)

Při hodnocení zranitelnost konkrétního vodárenského objektu je softwarem vyhodnocena nejhorší vyskytující se kategorie zranitelnosti PV v okolí 100 m od objektu, a to primárně pro reflektování skutečností, že celková zranitelnost systému odpovídá jeho nejzranitelnější části. Bodování jednotlivých kategorií zranitelností PV, které je využíváno při vyhodnocení zranitelností vodárenského objektu, je uvedeno v tabulce 1.2.

Kromě výše uvedeného vyhodnocení vodárenského objektu, závisícího na půdním pokryvu, hydrogeologických poměrech a hydroklimatické situaci v jeho okolí, jsou dále softwarem hodnocena i rizika vyplývající z jeho technické konstrukce, zabezpečení odběrných objektů, režimu proudění odebírané podzemní vody, a také realizace preventivních ochranných opatření. Tyto parametry souvisí s preventivním hodnocením vodárenského objektu, které lze vyhodnotit v předstihu, v rámci přípravy na radiační havárii, jejich vysvětlení a bodové ohodnocení je k dispozici v tabulce 1.4. Pokud je provozovatel obeznámen s vlivy úprav těchto parametrů, je schopen s předstihem v rámci preventivní přípravy významně ovlivnit celkovou odolnost svého objektu. V případě radiační havárie, negativní role aktuální srážkové situace a vymezení kontaminace se hodnotí dle bodování uvedeném v tabulce 1.5. Je důležité zdůraznit, že zranitelnost vodárenského odběru se netýká jen místa odběru, ale i jeho okolí, kde probíhá infiltrace vody z povrchu, s důrazem na nejzranitelnější místa. Vyhodnocení celkového souhrnu bodů je softwarem provedeno dle kritérii uvedených v tabulce 1.3.

Tabulka 1.3: Kategorie zranitelnosti vodárenského objektu.

Označení	I	II	III	IV
Popis	velmi vysoká	vysoká	zvýšená	nízká
Bodování	13 a více bodů	9-12 bodů	5-8 bodů	4 body a méně

Tabulka 1.4: Hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu (kroky 1 až 8).

Krok	Zadávaná data	Proces, vysvětlení a bodování	
1	Souřadnice vod. objektu	Nejhorší kategorie v okolí 100 m od objektu (0 až +6 b. podle kategorií)	
2	Hladina	Volná hladina	
		Méně než 5 m pod terénem (+2 b.)	Méně než 5 m nad strop kolektoru (0 b.)
		5-10 m pod terénem (+1 b.)	5-10 m nad strop kolektoru (-1 b.)
		Více než 10 m pod terénem (0 b.)	Více než 10 m (-2 b.)
3	Charakter nadložních vrstev	Hydrogeologický izolátor mocnosti 0-10 m (0 b.)	
		Hydrogeologický izolátor mocný více než 10 m (-1 b.)	
		Hydrogeologický izolátor mocný více než 10 m a současně výskyt jiné nadložní zvodně (-2 b.)	
4	Riziko břehové infiltrace z blízkého toku	Ne (0 b.)	
		Ano	
			Tok ve vzdálenosti do 30 m od objektu (+2 b.)
			Tok ve vzdálenosti více než 30 m (+1 b.)
5	Indikátory čerstvého znečištění v surové vodě	Ne (0 b.)	
		Ano, nad mezí detekce (+2 b.)	
6	Riziko krátké komunikace s povrchem	Ne (0 b.)	
		Ano (+2 b.)	
7	Hloubka odběru	Méně než 20 m pod povrchem (0 b.)	
		20-50 m pod povrchem (-1 b.)	
		Více než 50 m pod povrchem (-2 b.)	
8	Riziko nedostatečného zabezpečení jímacího objektu	Ne – jímací objekt je dobře zabezpečen nebo je uvnitř jiného zabezpečeného objektu a v okruhu nejméně 5 m je provedena nepropustná úprava povrchu terénu (-1 b.)	
		Ne – jímací objekt je sám dobře zabezpečen nebo je uvnitř jiného zabezpečeného objektu (0 b.)	
		Ano, dílčí nedostatky v technickém zabezpečení objektu (+2 b.):	
		(možnost vícenásobného výběru)	Chybějící vodotěsné zakrytí zhlaví objektu (+2 b.)
			Nedostatečné těsnění zaplášťového prostoru (+2 b.)
Nevyspádování terénu směrem od jímacího objektu (+2 b.)			
Možnost přímé kontaminace vody v objektu z povrchu (+6 b.)			

Tabulka 1.5: Hodnocení zranitelnosti objektu v případě radiační havárie (kroky 9 až 10).

Krok	Zadávaná data	Proces, vysvětlení a bodování
9	Aktuální srážková situace (max. úhrn za první měsíc od vzniku kontaminace)	Trvale zmrzlý terén od začátku kontaminace (0 b.)
		Srážky od začátku kontaminace do 5 mm (0 b.)
		Srážky od začátku kontaminace do 20 mm (+1 b.)
		Srážky od začátku kontaminace do 50 mm (+2 b.)
		Srážky od začátku kontaminace více než 50 mm (+3 b.)
10	Aktuální vymezení kontaminace po radiační havárii (NRHP) v místě	Místo je mimo vyhlášené zóny (0 b.)
		Uvnitř zóny havarijního plánování (ZHP) kolem jaderného zařízení, kde došlo k havárii – vzdálenost 20 km od JE (přesun zranitelnosti zdroje do kategorie I)
		Vyhlášená zóna s kontrolovaným pobytem (+2 b.)
		Vyhlášená zóna s omezeným přístupem (+4 b.)
		Vyhlášená nebezpečná zóna (přesun zranitelnosti zdroje do kategorie I)

V zájmu principu předběžné opatrnosti se důrazně doporučuje uživatelům, aby v případě, že číselné hodnoty nějakého parametru jsou na hranici definovaných skupin, zvolili zranitelnější variantu. Stejně tak pokud nebudou znát data pro zadání některého kroku, měli by preventivně počítat s nejnepříznivější variantou odpovědi, dokud nebudou mít ověřenou odpověď podle skutečnosti. V případě jakýchkoliv nejistot a pochybností s vyplněním dat doporučujeme úzce spolupracovat s příslušným odborníkem-hydrogeologem, osobou s odbornou způsobilostí podle Zákona č. 62/1988 Sb. v platném znění.

1.3.1 Význam tříd zranitelnosti vodárenského objektu

- **Kategorie I** - velmi vysoká zranitelnost odběrného objektu:

Nebezpečí kontaminace podzemní vody v řádu hodin až dnů. V případě působení dopadů radiační havárie v místě odběru je nutno zdroj okamžitě odstavit.

- **Kategorie II** - vysoká zranitelnost odběrného objektu:

Nebezpečí kontaminace podzemní vody v řádu týdnů. V případě působení dopadů radiační havárie v místě odběru je třeba počítat v horizontu jednoho týdne s odstavením zdroje, což je čas, který může být využit pro zajištění aspoň provizorního náhradního zásobování obyvatel pitnou vodou.

- **Kategorie III** - zvýšená zranitelnost odběrného objektu:

Nebezpečí kontaminace podzemní vody v řádu měsíců. V případě působení dopadů radiační havárie v místě odběru je třeba počítat v horizontu jednoho měsíce s odstavením zdroje, což může umožnit zajištění standardního náhradního zásobování.

- **Kategorie IV** - nízká zranitelnost odběrného objektu:

Nebezpečí kontaminace podzemní vody je nízké. V případě působení dopadů radiační havárie

v místě odběru lze předpokládat možnost využívání zdroje bez omezení, za předpokladu zajištění řádného odborného dohledu nad zdrojem.

Uvedené pokyny ke způsobu provozování vodárenských objektů jsou pouze orientační, v případě působení dopadů radiační havárie je nutno se prioritně řídit pokyny krizového štábu.

Obdobný přístup lze zvolit i k **hodnocení domovních studní** v zasaženém území, pokud by měly být i nadále používány v případě působení dopadů radiační havárie v místě odběru.

1.3.2 Vysvětlení k odborným zadávaným parametrům

Zadávaná data odpovídají požadavkům na potřebné zhodnocení odběrného objektu a zjištění jeho konkrétní zranitelnosti vůči radioaktivní kontaminaci původem z atmosféry. Jedná se o informace, které by provozovatel vodárenského zdroje měl znát v rámci kvalitního managementu jeho vodních zdrojů, protože jsou třeba nejen k tomuto účelu, ale i pro běžné řízení vodních zdrojů, z hlediska jejich ochrany, využitelné vydatnosti, vlivu na okolí apod.).

Důrazně doporučujeme, aby při hodnocení zranitelnost uživatel/majitel vodního zdroje úzce spolupracoval s odborně způsobilým hydrogeologem. S touto osobou je vhodné konzultovat i jakékoliv nejasnosti, které by provozovatel měl s vkládanými daty.

V případě, že některé požadované údaje nejsou známy, je třeba je co nejdříve zajistit, buď vlastními silami majitele/provozovatele vodního zdroje (pokud má odborně vybavené příslušné pracovníky), anebo externě pomocí osoby s odbornou způsobilostí v hydrogeologii podle Zákona č. 62/1988 Sb.

1.3.2.1 Zranitelnost horninového prostředí (krok 1)

Jde o základní informaci, v jak zranitelném horninovém prostředí se vodárenský objekt nachází. Místo je definováno buď zadanými souřadnicemi, anebo výběrem místa v mapě. Podkladová mapa zranitelnosti horninového prostředí, jejíž výřez v okolí objektu se zobrazuje, je vytvořena jako průnik 5 tříd zranitelnosti horninového prostředí a 4 kategorií hydrologických skupin půd. Má přesnost odpovídající měřítku 1 : 50 000 (přesnost odpovídající přesnosti vstupních vrstev). Pro transport radioaktivní kontaminace na povrchu terénu je zásadní propustnost půdního pokryvu a pak i propustnost hornin směrem k hladině podzemní vody, proto byly pro konstrukci mapy zvoleny právě tyto parametry. Společně s dalšími doplňujícími informacemi (krasové oblasti, antropogenně postižená území, plochy rašelinišť mapa zobrazuje 4 třídy relativní zranitelnosti horninového prostředí (nikoliv vodárenského objektu): I – velmi vysoká zranitelnost, II – vysoká zranitelnost, III – zvýšená zranitelnost, IV – nízká zranitelnost. Do výpočtu zranitelnosti vodárenského objektu je automaticky zařazena nejvyšší zranitelnost horninového prostředí., která se vyskytuje v okruhu 100 m od objektu, protože ta definuje jeho nejvyšší zranitelnost.

1.3.2.2 Preventivní parametry zhoršující hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu

1.3.2.2.1 Mělká zvědeň s volnou hladinou (krok 2)

Jedním z negativních faktorů je existence zvědeň s volnou hladinou podzemní vody. Jde o takovou zvědeň, která není kryta žádnou významnější vrstvou málo propustných hornin (hydrogeologický izolátor), a její naražená (při vrtání či hloubení) i ustálená hladina mají blízké hodnoty (cca do 1 m). Riziko stoupá, když je hladina blízko povrchu (do 5 m se připočítávají +2 body, hladina v intervalu 5-10 m znamená +1 bod navíc). Volná hladina více než 10 m pod terénem neznámá zhoršení zranitelnosti objektu. Zadávaná je hodnota vzdálenosti ustálené hladiny ve vodárenském objektu od povrchu terénu (tedy nikoliv od odměrného bodu, od okraje výstroje apod.), a **nesnížená** čerpáním nebo odběrem.

Pokud si uživatel vodního zdroje není jist, zda se jedná o zvědeň s volnou nebo napjatou hladinou, nebo jaká je hloubka hladiny (naražené, ustálené, nebo po snížení odběrem), je nezbytná konzultace s odborně způsobilým hydrogeologem, případně provedení dodatečných měření.

1.3.2.2.2 Riziko břehové infiltrace z blízkého toku nebo nádrže (krok 4)

Protože lze očekávat při radioaktivním spadu na povrch terénu přímo kontaminaci všech útvarů povrchových vod, jejich existence v blízkosti vodárenského objektu podzemní vody je významným potenciálním rizikovým faktorem. Vždy je proto nutné vyšetřit, zda existuje proces břehové infiltrace, tedy zrychlený proud infiltrované povrchové vody směrem k odběrnému objektu, v důsledku hydraulického spádu hladiny od útvaru povrchové vody k vodárenskému objektu. Pokud panuje nejistota ohledně existence tohoto jevu, je třeba ho ověřit hydrogeologickým průzkumem (na základě monitorovacích sond mezi vodárenským objektem a útvarem povrchové vody pomocí hydrodynamické nebo stopovací zkoušky, případně průzkumu charakteru a vlastností koryta vodního toku nebo břehů nádrže či chemických analýz vody).

Nejvyšší zranitelnost nastává v případech, kdy je vodárenský objekt ve vzdálenosti bližší než 30 m od vodního toku nebo nádrže (připočítání +2 bodů), objekt ve vzdálenosti více než 30 m znamená +1 bod navíc. Odpověď vylučující vliv břehové infiltrace (nezhoršující bodové hodnocení objektu) je možné zvolit v případě, že vodní tok nebo nádrž je ve vzdálenosti větší než 200 m, nebo je hydrogeologickým průzkumem nade vši pochybnost prokázáno, že břehová infiltrace se u daného objektu neuplatňuje.

Toto riziko lze v některých případech snížit či odstranit cíleným zásahem v rámci preventivních opatření ke zvýšení odolnosti vodárenského objektu (např. zatrubněním toku, jeho odvedením do větší vzdálenosti, nebo úpravami nepropustnosti dna a břehů toku v daném úseku, či zrušením nádrže). Je zřejmé, že tyto úpravy lze provést nejsnadněji v případě malých toků a malých nádrží. Je třeba i zvážit, do jaké míry tato opatření sníží využitelnou vydatnost hodnoceného zdroje. V každém případě je třeba, aby tyto úpravy navrhl, dozoroval a po realizaci vyhodnotil jejich účinnost odborně způsobilý hydrogeolog.

1.3.2.2.3 Indikátory čerstvého znečištění v surové vodě (krok 5)

Rizikovým faktorem, který ukazuje na vysokou zranitelnost vodárenského objektu, je existence mikrobiologických a chemických indikátorů čerstvého znečištění vody původem z povrchu. Obvykle

naznačují existenci propustných cest mezi povrchem a podzemní vodou. Ty mohou být způsobeny nevhodnou konstrukcí nebo špatným technickým stavem posuzovaného objektu, nebo zranitelnými prvky v horninovém prostředí v blízkosti (existence propustných puklin sahajících až k povrchu, výchozy hydrogeologického kolektoru na povrch, krasové jevy aj.) nebo antropogenními vlivy (podzemní sítě, podzemní stavby, poddolování, existence starých nesprávně zlikvidovaných vrtů v okolí apod.)

K typickým indikátorům čerstvého znečištění surové vody (tedy vody odebírané z vodárenského objektu před její úpravou na vodu pitnou) patří zvýšené koncentrace dusitanů nebo zvýšené hodnoty mikrobiologických ukazatelů, především fekálních (enterokoky, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*) a koliformních bakterií, případně mikroskopický obraz. Jde o parametry ukazující na nedávný kontakt podzemní vody s povrchem (s fekáliemi, splaškovými vodami nebo hnilými organickými zbytky), proto tyto ukazatele v podzemní vodě s dostatečnou dobou zdržení v horninovém prostředí (minimálně přes 30 dní) a ochrannou krycí vrstvou půdy nebo horniny nad využívanou zvodní by neměly být zvýšeny (na rozdíl od povrchových vod).

Pokud se v surové vodě tyto indikátory často nacházejí, připočítávají se +2 body. Pokud jsou tyto indikátory v pořádku nebo se vyskytují jen ojediněle a v nevysokých koncentracích, nezhoršují bodové skóre.

V rámci preventivní činnosti může v některých případech uživatel vodárenského zdroje tento rizikový faktor odstranit. Může jít o důsledek nesprávné konstrukce nebo špatného technického stavu jímacího objektu, případně existenci zdrojů znečištění v těsné blízkosti objektu (pasoucí se zvířata, hnojiště, netěsná kanalizace v těsné blízkosti apod.).

1.3.2.2.4 Riziko krátké komunikace s povrchem (krok 6)

Riziko pro vodárenský objekt může zvyšovat nevhodná geologická stavba v jeho okolí. Určité prvky se zvýšenou propustností mohou umožňovat zrychlený transport kontaminace z povrchu, včetně radioaktivní kontaminace. Jde např. o propustné pukliny, zlomové linie a další tektonické zóny sahající až k povrchu. Může jít ale také o situaci, kdy propustné horniny hydrogeologického kolektoru (např. písky, pískovce) sahají až k povrchu, s absencí ochranné krycí vrstvy půdy nebo hornin (i když třeba jen malou plochou). V některých případech se tyto prvky mohou projevit výskytem indikátorů čerstvého znečištění (viz předchozí bod - Kapitola 1.3.2.2.3), ne ale vždy (pokud není na povrchu znečištění přítomno).

Jde o parametr, který obvykle uživatel vodního zdroje nezná, a měl by ho proto konzultovat s odborně způsobilým hydrogeologem, který ho může stanovit na základě geologické stavby území, litologických profilů a řezů, geologického mapování a rekognoskace terénu, v některých případech může být užitečné geofyzikální měření. Z důvodu předběžné opatrnosti doporučujeme s tímto rizikem počítat ve všech případech objektů s hladinou podzemní vody do 5 m pod povrchem, v jejichž okolí se vyskytují písčité půdy, dokud podrobný průzkum neprokáže opak.

V případě existence rizika se připočítávají +2 body, v případě jeho absence se riziko pro objekt nezvyšuje. V rámci preventivní činnosti může v některých případech uživatel vodárenského zdroje tento rizikový faktor odstranit nebo snížit, např. umístěním umělé krycí vrstvy (např. hutněná jílovitá zemina, položení fólie, nebo jiný druh nepropustného povrchu) na linii nebo plochu s vyšší propustností a rizikem rychlé infiltrace a transportu vody do podzemí.

1.3.2.2.5 Nedostatečné zabezpečení jímacího objektu (krok 7)

Pokud je vlastní jímací objekt nesprávně zkonstruován a realizován, nebo pokud je ve špatném technickém stavu, jedná se o významné riziko, že může být rychle kontaminován z povrchu terénu, nejen radioaktivní kontaminací. Na druhou stranu jde o nejsnáze odstranitelné nedostatky, které by v rámci preventivní přípravy vodního zdroje měl jeho uživatel vždy odstranit. Udržování dobrého technického stavu jímacího objektu je základní požadavek na jeho provozovatele, nejen kvůli radioaktivní kontaminaci, ale i dalším zdrojům možného znečištění jímané vody.

K hlavním a nejčastějším nedostatkům patří chybějící vodotěsné zakrytí zhlaví (ústí) objektu. Existující mezery a škvíry mezi vodárenským objektem a jeho zakrytím (železobetonové desky, pojezdová zhlaví, jednoduchá šroubovací nebo převlečná zhlaví) nejsou zárukou, že do objektu neproniknou cizorodé látky z povrchu. Pokud není objekt uvnitř dostatečně zabezpečeného objektu, mělo by být minimálním standardem pružné pryžové těsnění s odolností do 0,01 MPa, tedy 1m vodního sloupce.

V některých případech nemá jímací objekt dostatečně těsněné zaplášťového prostoru, tedy mezikruží mezi stěnou vrtu a technikou výstrojí objektu (vystrojovací trubka vrtu, skruže studny apod.). Podle požadavků ČSN 75 5115 Jímání podzemní vody má být toto těsnění (provedené hutněným jílem, jílocementem, příp. cementem) navázáno na okolní horninu a mít minimální tloušťku 30 mm, a sahát do hloubky 3-5 m (závazný požadavek normy). Je běžné, že starší jímací objekty tyto požadavky nesplňují, případně technický stav tohoto těsnění po mnoha letech provozu už není dobrý (těsnící vrstvy jsou propadlé nebo porušené kořeny rostlin, cement obsahuje praskliny atd.).

V dalších případech se lze setkat se shromažďováním dešťové a povrchové vody těsně kolem odběrného objektu, z důvodu nevyspádování terénu směrem od objektu do všech stran, aspoň do vzdálenosti 5 m. Vzniká tak riziko, že kontaminovaná voda bude ve větším množství přitékat k vlastnímu objektu a bude se zvyšovat riziko jejího vsaku v těsné blízkosti studny, a potažmo rychlé kontaminace odebírané vody.

Každý tento nedostatek je ohodnocen +2 body. Pokud jímací objekt není vůbec zakryt a má volně přístupnou hladinu vody, je tento nedostatek oceněn +6 body, protože znamená extrémní riziko kontaminace radioaktivním spadem. V rámci preventivní činnosti může ale uživatel vodárenského zdroje tyto nedostatky relativně snadno odstranit, nejen kvůli riziku radioaktivní kontaminace, ale kvůli riziku jakéhokoliv jiného znečištění.

Mohou existovat i další dílčí nedostatky v technické konstrukci a stavu jímacího objektu, které zde nejsou zmíněny, např. nedostatečná ochrana jímacího objektu proti povodňovému riziku, proti splachům z okolí aj.). Pokud si je uživatel vědom, že odběrný objekt má nějaké dílčí nedostatky (včetně těch výše konkrétně zmíněných), k bodovému hodnocení se připočítávají jednotně další +2 body. Jestliže uživatel zvolí možnost, že jímací objekt je dobře zabezpečen (tedy se jeho zranitelnost nezvyšuje z důvodu nedostatků v technické konstrukci), měl by mít tuto skutečnost potvrzenou od odborně způsobilého hydrogeologa, na základě technické prohlídky místa vrtu i vlastní konstrukce vrtu, někdy včetně potřebných karotážních měření.

1.3.2.3 Preventivní parametry zlepšující hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu

1.3.2.3.1 Zvodeň s napjatou hladinou (krok 2)

Jedním z pozitivních faktorů snižujících zranitelnost vodárenského objektu je existence zvodně s napjatou hladinou podzemní vody. Jde o takovou zvodně, která je vždy kryta vrstvou málo propustných hornin (hydrogeologický izolátor), která způsobuje tlakovou napjatost vody v hydrogeologické struktuře. Jasnou indikací tlakové napjatosti zvodně je výrazně vyšší ustálená hladina než hladina naražená při stropu kolektoru, kde je opřena o výše ležící vrstvu málo propustných hornin hydrogeologického izolátoru (o více než 1m). Riziko klesá s velikostí tlakové napjatosti, protože ta zabraňuje možnému transportu kontaminace s vsakující se vodou z povrchu. Když hladina sahá do výšky menší než 5 m nad strop hydrogeologického kolektoru, zranitelnost se z důvodu předběžné opatrnosti nemění. V případě, že hladina sahá nad strop kolektoru 5-10 m, odečítá se 1 bod, a v případě, že hladina vystoupá výš než 10 m nad strop kolektoru. Zadávána je hodnota průměrné vzdálenosti hladiny ve vodárenském objektu od povrchu terénu (tedy nikoliv od odměrného bodu, od okraje výstroje apod.), **po jejím snížení čerpáním nebo odběrem.**

Pokud si uživatel vodního zdroje není jist, zda se jedná o zvodně s volnou nebo napjatou hladinou, nebo jaká je hloubka hladiny (naražené, ustálené, nebo po snížení odběrem), je nezbytná konzultace s odborně způsobilým hydrogeologem, případně provedení dodatečných měření.

1.3.2.3.2 Charakter nadložních vrstev (krok 3)

Pozitivní skutečností, která snižuje zranitelnost vodního zdroje, je dostatečná mocnost málo propustných nadložních vrstev, které tvoří ochranu využívaného hydrogeologického kolektoru. Charakter a mocnost těchto vrstev lze zjistit z geologického profilu vodárenského objektu, případně je stanoví odborně způsobilý hydrogeolog na základě terénní rekognoskace, mapování a s využitím regionálních a archívních údajů o geologické stavbě území.

Pokud mají horniny hydrogeologického izolátoru mocnost menší než 10 m, z důvodu předběžné opatrnosti se míra zranitelnosti nemění. Při mocnosti izolátoru přes 10 m se odečítá 1 bod. Pokud z geologického profilu vyplývá, že nadložní izolátor s mocností větší než 10 m má nad sebou ještě svrchní zvodně než tu, která je vodárenským objektem využívána, odečítají se 2 body. Důvodem je fakt, že v případě existence nadložní zvodně je případná kontaminace primárně zachycena v ní, takže pokud je dostatečně oddělena od spodní využívané zvodně (tzn. požadavek na mocnost vrstvy izolátorských hornin více než 10 m), je to další bariéra snižující zranitelnost hlubší zvodně.

1.3.2.3.3 Nepropustná úprava povrchu v okolí vodárenského objektu (krok 7)

Jedním z opatření snižujících zranitelnost odběrného objektu je nadstandardní zajištění nepropustnosti povrchu terénu v jeho okolí, aby se zamezilo jakémukoliv vsaku potenciálně kontaminované vody v blízkém okolí studny. Nepropustná úprava povrchu může spočívat ve vybudování zpevněných povrchů (asfalt, beton, nepropustná dlažba apod.), v položení nepropustné fólie nebo ve vybudování minerální těsnicí vrstvy z hutněného jílu aspoň o mocnosti 30 cm, kryté aspoň 30 cm vrstvou humózní zeminy a zatravněním. Jde o opatření v okruhu do 5 m od objektu. Je samozřejmé, že tato nepropustná

úprava povrchu musí respektovat i požadavky na vyspárování terénu v okolí objektu (viz Kapitola 1.3.2.2.5). V případě, že bude tato úprava provedena, odečítá se 1 bod.

1.3.2.3.4 Hloubka odběru

Platí závislost, čím je hlubší místo odběru, tím je tento odběr bezpečnější z hlediska kontaminace z povrchu. Při transportu kontaminace z povrchu budou nejdříve zasaženy svrchní části zvodně, pokud se tedy odebírá voda z větší hloubky, jde o odběr bezpečnější. Jedná se o konkrétní hloubku, ze které se odebírá voda (umístění čerpadla nebo sacího koše). Tuto hloubku je ale třeba posoudit i z hlediska rozmístění perforovaných částí výstroje a hloubek hlavních přítoků vody do vrtu. Např. i když je čerpadlo v hloubce 50 m, perforace vrtu, kterou do vrtu přitéká voda, je v hloubce 20-40 m, platí tato skutečná hloubka, ze které do vrtu přitéká voda.

Hloubka odběru do 20 m pod povrchem z důvodu předběžné opatrnosti nemění velikost zranitelnosti vodárenského objektu. Odběr v hloubce 20-50 m z vrtu se zaplášťovým těsněním do hloubky aspoň 15 m znamená odečtení 1 bodu, odběr v hloubce větší než 50 m se zaplášťovým těsněním do hloubky aspoň 30 m znamená odečtení 2 bodů.

1.3.2.4 Další kroky v případě vzniku radiační havárie

1.3.2.4.1 Aktuální srážková situace

Srážky po radioaktivním spadu jsou velmi rizikovou okolností, protože společně s vsakující vodou může začít i migrace radionuklidů směrem do hloubky. Velikost srážek v době od vzniku kontaminace okolního území je proto zásadním parametrem pro hodnocení aktuální zranitelnosti vodárenského objektu po vzniku havárie.

Uživatel vodního zdroje si předem určí nejvhodnější srážkoměrnou stanici v okolí a dohodne s ČHMÚ možnost rychlého předávání aktuálních dat v případě vzniku radiační havárie. Vhodná stanice by měla současně splňovat následující kritéria:

- Být co nejbližší vodárenskému objektu
- Být v podobné nadmořské výšce a podobně morfologické situaci (svah, údolí, vyvýšenina)
- Důležitá je i podobná stranová orientace (návětrný/závětrný svah, směr průběhu údolí apod.)
- Pokud možno srovnatelný rostlinný kryt s rostlinným pokryvem v okolí vodárenského objektu (les, pole, louka apod.).

V případě, že žádná stanice v okolí nesplňuje požadovaná kritéria, je možné zvolit 2-3 stanice a srážkové parametry stanovovat jako průměr z nich (aritmetický či vážený). S výběrem stanic může efektivně pomoci odborně způsobilý hydrogeolog. Počítají se dešťové srážky od začátku kontaminace území, maximálně po dobu 1 měsíce. Pokud jsou srážky v místě hodnoceného vodárenského objektu do celkového úhrnu 5 mm, zranitelnost se nezvětšuje. V případě srážkového úhrnu 5-20 mm se připočítává 1 bod, v případě srážek 20-50 mm se připočítávají 2 body, a v případě srážek přes 50 mm se

připočítávají 3 body. Jako málo riziková situace (0 bodů) je stav , kdy jsou teploty trvale pod bodem mrazu, zmrzlá země neumožňuje žádný vsak vody ani transport kontaminace pod povrch.

V případě, že havarijní situace trvá už více než jeden měsíc, konkrétní riziko z aktuálních srážek za celou dobu od vzniku havárie stanovuje odborně způsobilý hydrogeolog na základě individuálního a komplexního posouzení celé situace, doplněných dalšími zjištěními (vsakovací zkoušky apod.).

1.3.2.4.2 Aktuální vymezení kontaminace v místě po radiační havárii

Konkrétní vymezení kontaminace po radiační havárii v místě vodárenského objektu bude aktuálně hodnoceno podle zón vyhlášených dle Národního radiačního havarijního plánu (NRHP) za řízení SÚJB a Ministerstva vnitra. Pokud žádná zóna není v místě vodárenského objektu vyhlášena, velikost jeho zranitelnosti se nemění. V případě vyhlášení zóny s kontrolovaným pohybem se připočítávají +2 body, u zóny s omezeným přístupem +4 body. Vodárenské objekty v nebezpečné zóně a v zóně havarijního plánování (okolí 20 km od místa havárie) se automaticky přesouvají do kategorie I, a je třeba počítat s jejich bezprostředním odstavením. Jejich případné znovuzprovoznění závisí na individuálním posouzení jejich aktuálních rizik v daném místě a dokonalosti technického i přírodního zabezpečení.

1.4 Reference

ČSN 75 5115 Jímání podzemní vody. Třídící znak 755115.

Směrnice Rady 2013/51/Euratom ze dne 22. října 2013, kterou se stanoví požadavky na ochranu zdraví obyvatelstva, pokud jde o radioaktivní látky ve vodě určené k lidské spotřebě.

Vyhláška č. 359/2016 Sb., o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události.

Vyhláška č. 360/2016 Sb., o monitorování radiační situace.

Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.

Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu. Dostupné z WWW: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1988-62>.

DATEL, J. V. et al. Mapa specifické zranitelnosti podzemní vody k průniku radioaktivních látek 1:50000 v okolí 30km od jaderné elektrárny dukovany., 2022a.

DATEL, J. V. et al. Mapa specifické zranitelnosti podzemní vody k průniku radioaktivních látek 1:50000 v okolí 30km od jaderné elektrárny temelín., 2022b.

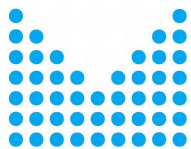
DATEL, J. V. et al. Vysvětlivky a metodika tvorby map specifické zranitelnosti podzemní vody k průniku radioaktivních látek 1:50000 v okolí 30km od jaderných elektráren Dukovany a Temelín., 2022c.

SÚJB. Národní radiační havarijný plán (NRHP), Praha, 2020. Dostupné z WWW: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/NRHP/NRHP.pdf>.

VÚMOP, v.v.i. Hydrologická skupina půd, 2018. Dostupné z WWW: <https://metadata.vumop.cz/record/basic/5cc1bdc2-de34-4eee-a439-41420a000319>.

VÚMOP, v.v.i. – GEOTest, a.s. Charakter horninového prostředí, 2012. Dostupné z WWW: <https://metadata.vumop.cz/record/basic/54228b51-6b64-4a3a-9e4b-0b647f000001>.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA
veřejná výzkumná instituce



MINISTERSTVO VNITRA
ČESKÉ REPUBLIKY



Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.
National Radiation Protection Institute

„Hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu“

Technická dokumentace

Praha, říjen 2022

Technická dokumentace

2.1 Produktová dokumentace

Software **Hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu** je výstupem výzkumného projektu číslo VI20192022142 s názvem „Inovativní metody detekce ultranízkých koncentrací radionuklidů k hodnocení zranitelnosti zdrojů pitné vody při jaderné havárii (IMDUKR)“, financovaného Ministerstvem vnitra v rámci Bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2015-2022. Tento software je rozhodovacím nástrojem a je primárně určen pro provozovatele jednotlivých vodárenských zdrojů. Webové rozhraní softwaru je dostupné na adrese shiny.vuv.cz/imdukr.

Pro účely softwaru byl vyvinut algoritmus hodnocení rizikovosti vodního zdroje, pro který je podkladem mapa specifické zranitelnosti podzemní vody, zpracované v rámci projektu. Hodnocení objektu lze tak provést v rámci celé České republiky. Software lze využít jak v případě radiační havárie, tak i v jejím předstihu. Výsledky hodnocení mohou být použity k navržení preventivních ochranných opatření a celkovému zvýšení odolnosti vodárenského objektu.

Ze strany uživatele je požadována lokalizace (zadání souřadnic vodárenského objektu či lokalizace v mapovém panelu) – kompletní vyhodnocení objektu bez tohoto údaje není proveditelné. Prvním krokem je vyhodnocení softwarem nejhorší kategorie zranitelnosti podzemní vody v okolí 100 m od zadané lokace. Tato výsledná kategorie je následně bodově ohodnocená dle závažnosti zranitelnosti. Algoritmus posouzení disponuje variabilně osmi (v případě preventivního hodnocení) až deseti (při hodnocení během radiační havárie) kroky. Pro vyplnění těchto kroků formou vstupů do softwaru slouží webové rozhraní, kde se zadávají hodnoty pomocí formulářů s přepínači. Z předdefinovaných možností může uživatel pomocí přepínačů vybrat ty, které odpovídají stavu jeho objektu v momentě hodnocení. Každá z možností formulářů je jinak bodově ohodnocená, v rozmezí od -2 do +6 bodů. Finální hodnocení je založeno na počtu bodů sečtených za jednotlivé kroky.

Vzhledem k tomu, že údaje zadávané uživatelem lze charakterizovat jako citlivé, je software opatřen prohlášením o nakládání s daty. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. (VÚV TGM) jakožto osoba zodpovědná za zpracování dat se zavazuje k tomu, že data, sbírána během použití softwaru, nejsou ukládána na serveru, mimo úkony spojené s účelem a funkcí softwaru samotného. Veškerá data vztahující se k působnosti softwaru nejsou ukládána na serveru po dobu delší než nezbytně nutnou pro vykonání činností vyžadovaných uživatelem a jsou promazávána po dokončení těchto činností. Žádná osobní data nejsou předávána třetím stranám.

Software je umístěn na serveru VÚV TGM, se závazkem k provozování a správě po dobu pěti let po skončení projektu. Software je veřejně přístupný a výstupy je možné zobrazit přes webové rozhraní. Samotné rozhraní, které je reprezentováno [Shiny](http://shiny) aplikací, je založené mimo jiné na knihovně

`Bootstrap`, která využívá velké množství interaktivních a responzivních prvků. Zobrazení na mobilních zařízeních není kódem regulováno, přestože přístup prostřednictvím mobilních zařízení je uskutečnitelný bez významné újmy na funkčnosti softwaru, v závislosti na velikosti zobrazovacího zařízení, zejména u těch menších, může dojít ke zkreslení vzhledu některých prvků.

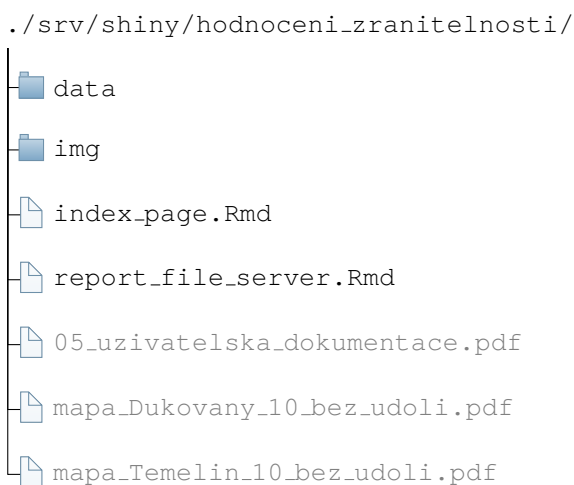
2.2 Architektonická dokumentace

Software byl vytvořen v programovacím jazyce R, konkrétně ve verzi 4.2.1. Jedná se o jeden z nejpoužívanějších programovacích jazyků ve statistickém modelování a analýzách. Zejména je vhodný na zpracovávání dat, modelování a vizualizaci výsledků. Výpočetní část je zpracována na `Shiny` serveru v1.5.17.973, který je provozován na serveru s operačním systémem Ubuntu 20.04.4 LTS a na subdoméně `vuv.cz`. Webové rozhraní softwaru je tvořeno prostřednictvím open source balíčků `Shiny` (verze 1.7.1) a `flexdashboard` (verze 0.5.2), za podpory a použití dalších balíčků:

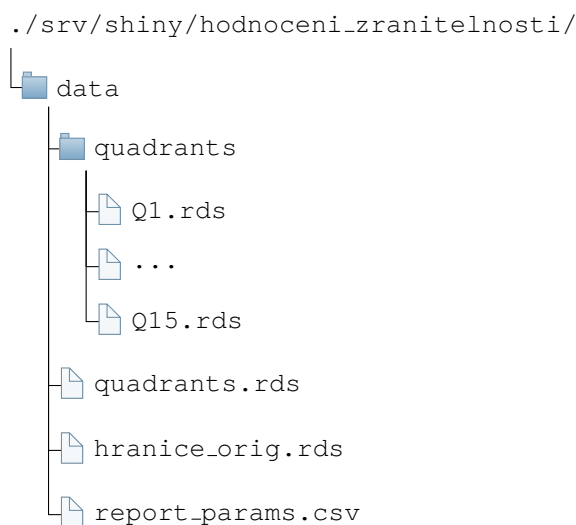
- `dplyr` (verze 1.0.7) – sloužící k transformaci dat;
- `sf` (1.0.8) – umožňující práci s OpenGIS standardem geografických dat Simple Features;
- `Leaflet` (2.0.4.1) a `mapview` (2.11.0) – umožňující vizualizaci prostorových dat formou interaktivních map a následnou práci s nimi;
- `Rmarkdown` (2.11) – pro vytváření dynamických dokumentů v prostředí R; v softwaru je tento balíček využit se systémem určeným pro sázení dokumentů \LaTeX , a tedy pro kompilaci je dodatečně potřeba instalace \LaTeX balíčků `pdftexcmds` (0.33), `letltxmacro` (1.6), `colortbl` (1.0f) a `xcolor` (2.14).

Struktura `Shiny` aplikace se skládá ze dvou hlavních komponent: uživatelské rozhraní neboli *ui* komponenta, která zřizuje rozvržení a vzhled aplikace a *server* komponenta, která obsahuje funkce, výpočty a instrukce ke tvorbě aplikace. Díky balíčku `flexdashboard` obě tyto komponenty mohou být provázány v jednom `RMarkdown` dokumentu. Webové rozhraní softwaru **Hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu** je tvořeno dvěma `Rmarkdown` soubory v kořenovém adresáři :

- `index_page.Rmd` – hlavní soubor (spojující *ui* a *server* komponenty) a
- `report_file_server.Rmd` – soubor sloužící ke kompilaci zprávy (na vyžádání uživatele).

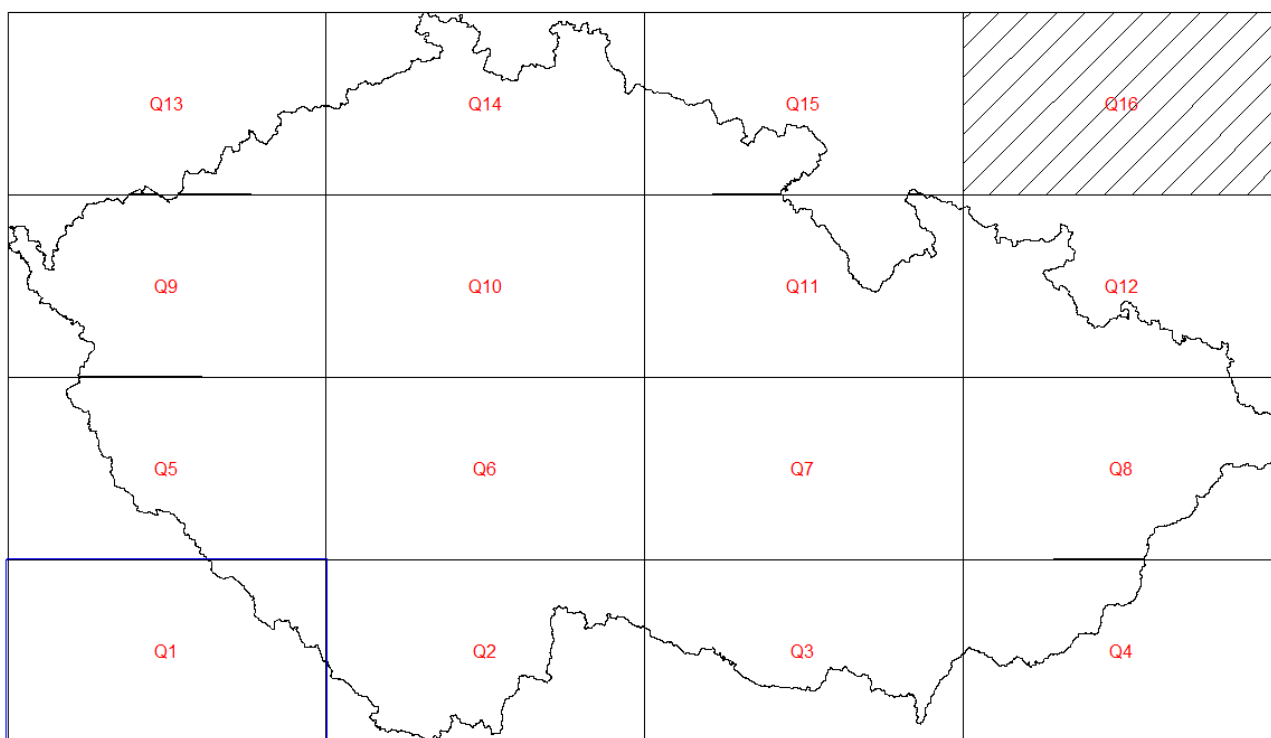


Obrázek 2.8: Stromová struktura adresáře pro webové rozhraní softwaru – server.



Obrázek 2.9: Stromová struktura datového adresáře – server.

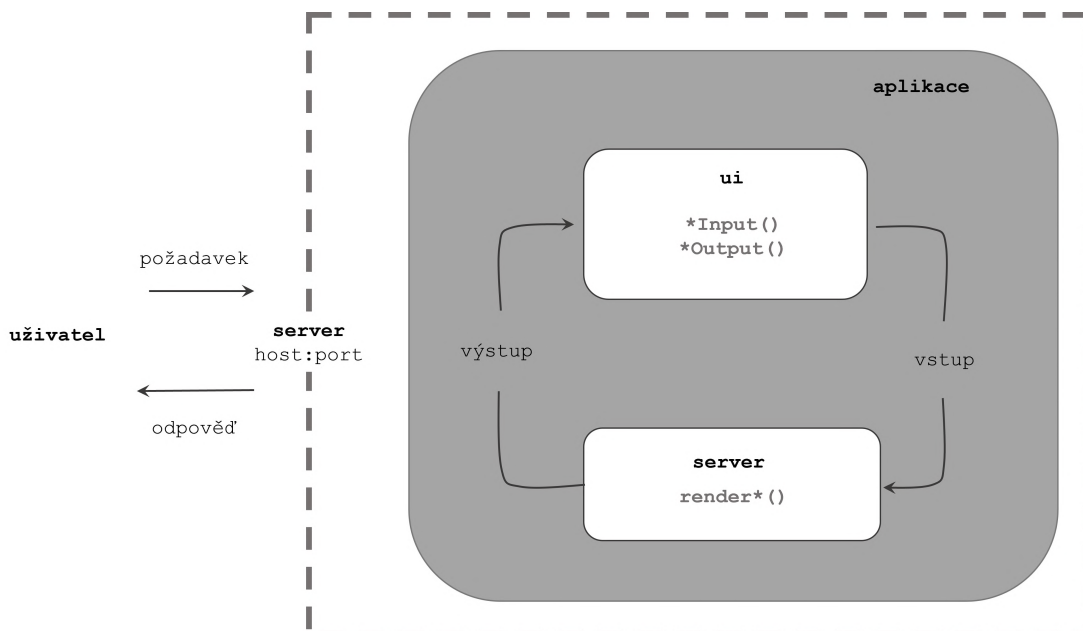
Stromová struktura adresáře pro webové rozhraní softwaru je zobrazena na obrázku 2.8, šedivě jsou vyznačeny PDF soubory dostupné ke stažení z webového rozhraní. V adresáře *img* se nacházejí veškerá potřebná loga, která jsou zobrazena v rozhraní. Dále v adresáři *data* (viz obrázek 2.9) jsou k dispozici datové struktury potřebné pro běh softwaru. Vzhledem k velikosti hlavního mapového podkladu (~0.6 GB) byla tato data rozdělena na dílčí části - kvadranty. Díky čemuž vznikly soubory (viz stromová struktura na obrázku 2.9) o velikostech 0.005 GB (*Q1.rds*) až 0.09 GB (*Q6.rds*). Kvadrant Q16 se neprotíná s hranicí České republiky (soubor *hranice_orig.rds*) a tedy z tohoto důvodu byl vynechán. Soubor *quadrants.rds* slouží k určení kvadrantu, do něhož zadané souřadnice vodárenského objektu spadají. Následně načtený soubor *Q*.rds* byl při tvorbě opatřen bufferem o velikosti 500 m, aby nedocházelo ke ztrátě informace na hranicích kvadrantů (viz obrázek 2.10). Tímto se docílilo rychlejších načítacích časů softwaru. Soubor *report_params.csv* je pomocný při výpočetních operacích algoritmu a obsahuje seznam všech s ním spojených parametrů využívaných v softwaru.



Obrázek 2.10: Rozdělení mapového podkladu na kvadranty (značených Q*). Modře je vyznačen buffer o 500 m kolem kvadrantu, využitý při rozdělení dat.

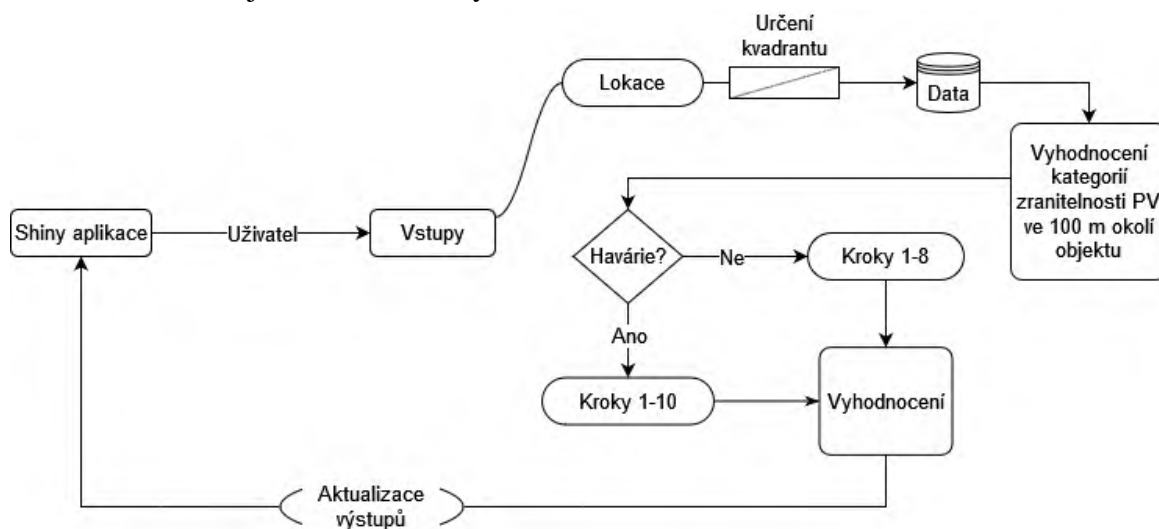
Komponenta uživatelského rozhraní *ui* disponuje dvěma typy reaktivních objektů: vstupních (reprezentovaných ovládacími formuláři či *widgety*, zapisovaných ve formě `*Input()`) a výstupních, značených `*Output()`. *Widgety* přebírají hodnoty zadané uživatelem a jejich hodnoty se mění na základě jeho činností. Do této kategorie spadají tlačítka, zaškrťávací políčka, přepínače, průvodce ovládním nahrávání souboru a další. Tyto hodnoty se ukládají do jednoho objektu typu *list* označovaného *input*. Tvorba výstupních reaktivních objektů aplikace obecně probíhá dle následujícího principu: do *ui* komponenty se přidá R objekt, zatímco *server* se doplní funkcemi s tzv. „pokyny“ k jeho tvorbě, a tedy přes řadu funkcí, vestavených v *Shiny*, se přeměňují R objekty na výstupy v uživatelském rozhraní. Každá takováto funkce reprezentuje svůj specifický typ výstupu. Reaktivní `*Output()` objekty v *ui* komponentě (například `textOutput()` pro textové či `leafletOutput()` pro mapové výstupy) se ukládají do jednoho objektu typu *list* označovaného *output*. Tento objekt obsahuje veškeré informace potřebné

pro aktualizaci objektů v aplikaci. Každá položka objektu *output* musí být propojená se *server* komponentou pomocí příslušných `render*()` funkcí (tedy `renderText()` a `renderLeaflet()`, dle výše uvedeného příkladu). Tyto funkce provádí předběžné zpracování kódu. *Shiny* spouští „pokyny“ při prvním běhu aplikace a poté znovu při každé uživatelem provedené změně *widget* objektů v uživatelském rozhraní, pokud jsou s těmito „pokyny“ provázány výstupy. Diagram na obrázku 2.11 tyto obecné principy fungování rozhraní *Shiny* aplikace odráží.



Obrázek 2.11: Schematické shrnutí rozhraní *Shiny* aplikace.

Obdobně `render*()` funkcím umožňuje *Shiny* práci i s reaktivními výrazy a také s reaktivními proměnnými. Reaktivní výrazy fungují obdobně jako klasické funkce – tedy na principu návratu hodnoty či objektu, avšak dokáží interaktovat s *widgety* a při jejich změně aktualizují svou hodnotu. Aktualizace reaktivního výrazu však musí být vyžádána. Reaktivní proměnné jsou též obdobné klasickým proměnným, ale se speciálními schopnostmi pro reaktivní programování. Změna takovéto proměnné bezprostředně aktualizuje veškeré hodnoty na ní závislé.



Obrázek 2.12: Schematické shrnutí rozhodovacích procesů softwaru.

Pro účely softwaru byla vytvořena řada *widgetů*, jejich názvy a identifikátory, pod kterými se tyto reaktivní vstupy vyskytují v objektu *input* lze nalézt v tabulce 2.6. Reaktivní výrazy a proměnné včetně jejich popisu lze nalézt v tabulce 2.7. Samotný proces zpracování uživatelských vstupů a aktualizace výstupů je zobrazen na obrázku 2.12, kde aktualizací výstupů je myšlen opětovný běh `render*()` funkcí a s tím spojená změna `*Output()` objektů v důsledku změny formulářů (například `in2 ... in10`).

Tabulka 2.6: Názvy a identifikátory vstupních parametrů / *widgetů*.

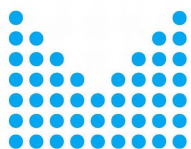
Id	Typ	Název formuláře
objName	Zadávaní textu	Název vodárenského objektu - nepovinný údaj
nLng	Číselný vstup	Zeměpisná délka vodárenského objektu
nLat	Číselný vstup	Zeměpisná šířka vodárenského objektu
getCoords	Tlačítko	Spouštění vypočtů spojených se souřadnicemi
havarie	Zaškrtačací políčko	Radiační havárie
in2	Přepínač	Hladina
in2a	Přepínač	Hladina volná (hloubka)
in2b	Přepínač	Hladina napjatá (hloubka)
in3	Přepínač	Charakter nadložních vrstev
in4	Přepínač	Riziko břehové infiltrace z blízkého toku
in4a	Přepínač	Riziko břehové infiltrace - vzdálenost toku
in5	Přepínač	Indikátory čerstvého znečištění v surové vodě
in6	Přepínač	Riziko krátké komunikace s povrchem
in7	Přepínač	Hloubka odběru
in8	Přepínač	Riziko nedostatečného zabezpečení jímacího objektu
in8a	Zaškrtačací políčko	Dílní nedostatky v technickém zabezpečení objektu
in9	Přepínač	Radiační havárie – aktuální srážková situace
in10	Přepínač	Radiační havárie – aktuální vymezení kontaminace v místě
truthy	Zaškrtačací políčko	Čestné prohlášení o úplném a pravdivém uvedení údajů

Tabulka 2.7: Seznam reaktivních proměnných, výrazů a jejich popis.

Reaktivní proměnné	Popis
<code>place</code>	<i>sf</i> objekt se zadanými souřadnicemi vodárenského objektu
<code>quadrant</code>	Kvadrant, do kterého spadají zadané souřadnice vodárenského objektu
<code>imdukr_data</code>	Mapový podklad příslušného kvadrantu
<code>trigger</code>	Nabývá hodnot <i>click</i> či <i>button</i> , dle toho, jakým způsobem byla provedena změna souřadnic
<code>change</code>	Boolean proměnná, vyhodnocující, zda došlo ke změně ve vykreslení mapy
<code>answers_all</code>	Boolean proměnná, vyhodnocující, zda byly vyplněné veškeré potřebné pro výpočet údaje
<code>min_zranit</code>	Informace o nejzranitelnější kategorii podzemní vody v okolí objektu, konkrétně její označení (<i>kat</i>) a její bodové ohodnocení (<i>body</i>)
<code>map_data</code>	<i>sf</i> objekty – výřezy z mapového podkladu (kontextuální čtvercový výřez v okolí 500 m od objektu - <i>square</i> , kruhový výřez v okolí 100 m od objektu - <i>circle</i>)
<code>user_map</code>	Mapový leaflet objekt se stávajícím stavem mapového okna, který se využívá při generaci výsledné zprávy
<code>plotOut</code>	Název dočasného PNG souboru do kterého bylo uloženo zobrazení z <code>user_map</code> proměnné, který se využívá při generaci výsledné zprávy
<code>tableOut</code>	Objekt s bodovým ohodnocením jednotlivých uživatelem vyplněných položek, včetně souhrnných statistik, který se využívá při generaci výsledné zprávy
<code>objectInfo</code>	Informace o názvu (<i>name</i>), zeměpisné délce (<i>lng</i>) a šířce (<i>lat</i>) vodárenského objektu, včetně současného mapového přiblížení (<i>zoom</i>), využívaných, jak při tvorbě <code>user_map</code> proměnné, tak i při generaci výsledné zprávy

Reaktivní výraz	Popis
<code>defaultLat</code>	Pokud nebylo kliknuto na mapu, vrací hodnotu zeměpisné šířky geografického středu České republiky, jinak vrací hodnotu zeměpisné šířky místa kliknutí
<code>defaultLng</code>	Pokud nebylo kliknuto na mapu, vrací hodnotu zeměpisné délky geografického středu České republiky, jinak vrací hodnotu zeměpisné délky místa kliknutí

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA
veřejná výzkumná instituce



MINISTERSTVO VNITRA
ČESKÉ REPUBLIKY



Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.
National Radiation Protection Institute

„Hodnocení zranitelnosti vodárenského objektu“

Programátorský manuál

Praha, říjen 2022

Programátorský manuál

3.1 Dokumentace zdrojového kódu

Zdrojový kód aplikace (`shiny.vuv.cz/imdukr`) je uchováván v repozitáři a je k dispozici u tvůrce a provozovatele VÚV TGM na stránkách `git.vuv.cz`.

Software se soustředí na uživatelsky přívětivý způsob přebírání vstupů potřebných pro výhodnocení zranitelnosti vodárenského zdroje, jejich zpracování a následném přehledném prezentování výsledků tohoto hodnocení. Metody přebírání vstupů a tvorba uživatelského rozhraní jsou popsány v architektonické části této dokumentace (viz Sekce 2.2). Samotné vstupy lze nalézt v tabulce 2.6, zatímco reaktivní proměnné na nich závislé jsou k dispozici v tabulce 2.7.

Tabulka 3.8: Seznam funkcí softwaru.

Název	Vstupní parametry	Výstup/Akce
<code>get_imdukr_data()</code>	<code>place</code>	Aktualizace reaktivních proměnných <code>quadrant</code> a <code>imdukr_data</code>
<code>dataBufferCrop()</code>	<code>place</code>	Návrat objektu <code>list</code> s dvěma <code>sf</code> objekty výřezů z mapového podkladu
<code>redrawMap()</code>	<code>map</code> , <code>trigger</code>	Aktualizace reaktivních proměnných <code>place</code> , <code>objectInfo</code> , <code>map_data</code> , <code>min_zranit</code> ; aktualizace mapového zobrazení
<code>calculatePoints()</code>	DF	Aktualizace reaktivní proměnné <code>answers_all</code> ; návrat objektu s vyhodnocením hodnot uživatelem vyplněných formulářů
<code>decideCtg()</code>	<code>finalPoints</code>	Návrat objektu <code>list</code> s vyhodnocením kategorií zranitelnosti, její příslušné barvy a popisu

Přehled použitých funkcí, včetně vstupních parametrů a popisu je dále k dispozici v tabulce 3.8. Tyto funkce mohou být dále popsány následujícím způsobem:

`get_imdukr_data()`

Stanovuje kvadrant, do něhož spadají zadané souřadnice, a pokud jeho hodnota se mění od již existující hodnoty z reaktivní proměnné `quadrant`, načítá tomu příslušná data a ukládá je do reaktivní proměnné `imdukr_data`.

`dataBufferCrop()`

Prvně volá funkci `get_imdukr_data()` a následně tvoří výřezy z mapového podkladu a vrátí `list`

s dvěma *sf* objekty, odpovídající struktuře proměnné `map_data`.

```
redrawMap()
```

Dle hodnoty proměnné `trigger` se vyplní proměnná `place` souřadnicemi buď z formulářů `nLat` a `nLng` (v případě zmačknutí tlačítka „Zobrazit“) nebo z objektu s informací o kliknutí na `Leaflet` mapu. Po kontrole zdali se lokace nachází v rámci hranic republiky, se tyto údaje též doplní do proměnné `objectInfo` včetně názvu objektu (pokud byl zadan) a současně zvoleným přiblížením na mapě. Dále se aktualizuje proměnná `map_data` a to voláním funkce `dataBufferCrop()` na nově vyplněnou proměnnou `place`. Na základě kruhového výřezu z mapového podkladu v této proměnné se zjistí kategorie zranitelnosti podzemní vody a její bodové ohodnocení a tyto údaje se doplní do proměnné `min_zranit`. Následuje vykreslení objektů z proměnné `map_data` do `Leaflet` mapy.

```
calculatePoints()
```

Do funkce vstupuje datový objekt `DF` z pomocného souboru `report_params.csv`, obsahující tři sloupce, obsahující textové názvy formulářů `inlabels`, jejich identifikátory `inputs` a bodové ohodnocení `points` s nulovými počátečními hodnotami. Samotná funkce dále na základě hodnot zvolených uživatelem vymění bodové ohodnocení v příslušných řádcích objektu `DF`, odstraní nepotřebné formuláře a nastaví hodnotu proměnné `answers_all` na pravdu. O bodovém hodnocení viz Kapitola 1.3 uživatelské dokumentace. Pokud některý z formulářů nebyl vyplněn, odrazí se to ve sloupci `points` poznámkou „nevyplněno“ a hodnota proměnné `answers_all` se přepne na nepravdu. Výstupem je úpravený datový objekt `DF`.

```
decideCtg()
```

Do funkce vstupuje numerická hodnota `finalPoints`, například spočítána jako suma bodů ve vráceném funkci `calculatePoints()` datovém objektě a v proměnné `min_zranit`. Dle tohoto čísla se určí kategorie zranitelnosti, její barva a popis zřetazenými podmínkami. O bodovém hodnocení viz Kapitola 1.3 uživatelské dokumentace.

3.2 Dokumentace testování

Při vývoji aplikace testování probíhalo manuálně jejími vývojáři. Z důvodu velikosti a typu aplikace unit testy ani continuous integration (CI) nebyly implementovány. Veškeré uživatelské funkce softwaru jsou v současnosti plně otestovány pro všechny možné scénáře použití a software je tedy v plně funkčním stavu. Stabilita `Shiny` serveru a aplikace bude pravidelně kontrolována za použití log souborů ze strany provozovatele, tedy VÚV TGM.

3.3 Instalační manuál

Jak již bylo zmíněno, zdrojový kód aplikace je k dispozici u tvůrce a provozovatele VÚV TGM v repozitáři na stránkách `git.vuv.cz`, a to po přihlášení. Alternativně, kód a data potřebná pro běh softwaru lze obdržet na vyžádání, konkrétně formou e-mailové komunikace směřované řešitelům projektu na oddělení hydrologie VÚV TGM.

Běh softwaru lze zprovoznit za pomoci `Shiny` serveru (dostupného pro operační systémy Ubuntu

16.04+, Red Hat/CentOS 6+ a SUSE Linux Enterprise Server 12+; podrobné pokyny jsou k dispozici na stránkách `posit.co`) či lokálně.

V obou případech musí proběhnout instalace programovacího jazyku R, systému pro sázení dokumentů \LaTeX (například MiKTeX či TeX Live) a řady příslušných balíčků. Kompletní seznam je uveden na začátku Sekce 2.2. Lokální běh aplikace je umožněn z prostředí R či pomocí příkazového řádku za použití příkazu `Rscript -e "rmarkdown::run('index.Rmd')"`.

Minimální systémové požadavky jsou:

- 64bitový procesor a operační systém,
- Intel Core i5-8400 a novější,
- alespoň 8 GB RAM,
- alespoň 10 GB úložného prostoru.

3.4 Ekonomické parametry a licenční podmínky

Software je veřejně přístupný pomocí webového rozhraní na adrese `shiny.vuv.cz/imdukr` a nepředpokládá žádné licenční, správní či jiné dodatečné poplatky. Instalace nevyžaduje hardwarové klíče, pro její provedení je však potřeba kontaktovat oddělení hydrologie VÚV TGM (viz Sekce 3.3).