

**Státní úřad
pro jadernou bezpečnost**

radiační ochrana

DOPORUČENÍ

**Postupy k identifikaci pracovišť s možným zvýšeným
ozářením z radonu pro implementaci čl. 54 odst. 2
písm. a) směrnice Rady EU 2013/59/EURATOM**

SÚJB
červen 2017

Obsah

Obsah	2
1 Úvod.....	4
2 Pojmy	5
3 Určení oblastí se zvýšeným radonovým rizikem (<i>radon-prone areas</i>) pro pracoviště (bod A./3. přílohy vyhlášky)	6
4 Stavebně-technické charakteristiky a organizační podmínky snižující pravděpodobnost výskytu vyšších OAR na pracovišti.....	6
4. 1. Organizační podmínky na pracovišti, při jejichž splnění není stanovena povinnost zajistit měření za účelem stanovení efektivní dávky podle § 96 odst. 2 písm. b) zákona požadována	6
4. 2. Personální podmínky na pracovišti, při jejichž splnění není pracoviště zařazeno mezi pracoviště podle § 96 odst. 1 písm. c) zákona	7
4. 3. Stavebně-technické charakteristiky budov a prostor pracoviště snižující pravděpodobnost výskytu vyšších OAR na pracovišti	7
5 Odhad počtu pracovišť podléhajících regulaci	8
6 Odstupňovaný přístup k regulaci	8
Příloha A – Statistické rozdělení radonového indexu RIA a jeho predikce.....	9
Příloha A - 1. Radonový index obce (RIA)	9
Příloha A - 2. Geologické a popisné prediktory použité k predikci radonového indexu obce 10	
Příloha A - 3. Volba učební množiny ke tvorbě modelu	11
Příloha A - 4. Zhodnocení úspěšnosti modelu dle predikční chyby	11
Příloha A - 5. Přehled statistických modelů k predikci radonového rizika v nedostatečně monitorovaných oblastech	12
Příloha A - 6. Popis statistického modelování pomocí modelu bootstrapově agregovaných neuronových sítí	13
a. Neuronové sítě	13
b. Bootstrapově agregované neuronové sítě	13
c. Krigování (kriging)	13
d. Křížová validace (cross-validation)	14
Příloha A - 7. Výsledky	15
Příloha A - 8. Grafy a tabulky	17
Příloha A - 9. Volba hranice pro diskriminaci oblastí se zvýšeným radonovým indexem 20	
Příloha A - 10. Volba velikosti administrativní jednotky pro vymezení oblastí se zvýšeným radonovým indexem	23
Příloha A - 11. Mapa radon-prone areas pro pracoviště	25

Příloha B: Seznam vybraných obcí 26

1 Úvod

Toto doporučení uvádí postupy identifikace pracovišť s možným zvýšeným ozářením z radonu umístěných v podzemním nebo prvním nadzemním podlaží budovy ve smyslu čl. 54 odst. 2 písm. a) Směrnice Rady EU 2013/59/EURATOM a přílohy č. XVIII bod. 2, které byly Státním úřadem pro jadernou bezpečnost použity při implementaci tohoto požadavku do českého právního řádu při přípravě návrhu nových právních předpisů v oblasti radiační ochrany.

Výsledkem použitých postupů je dikce § 96 odst. 1 písm. c) zákona č. 263/2016, atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů, a podmínky uvedené v příloze č. 25 vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Těmito podmínkami se rozumí:

a) stanovení území (oblastí), kde se očekává, že objemová aktivita radonu (jako roční průměr) překročí národní referenční hodnotu 300 Bq/m^3 ve značném množství budov (viz čl. 103 bod 3, někdy rovněž označovaných pojmem radon-prone areas),

b) parametry, které indikují potenciálně vysokou expozici radonu.

Na každého, kdo vykonává činnost, při níž je provozováno pracoviště umístěné v podzemním nebo prvním nadzemním podlaží budovy, které splňuje tyto shora uvedené podmínky, se vztahují povinnosti stanovené v § 96 odst. 2 atomového zákona.

Toto doporučení blíže specifikuje jednotlivé podmínky zvolené pro identifikaci povinných pracovišť; v kapitole 3 je popsán koncept zavedení oblastí se zvýšeným radonovým rizikem, kapitola 4 shrnuje podmínky, za jakých jsou pracoviště v oblastech se zvýšeným radonovým rizikem zahrnuta mezi pracoviště, kterým jsou uloženy povinnosti podle zákona. V páté kapitole je odhadnut počet pracovišť, která budou podléhat regulaci. V kapitole 6 je popsán odstupňovaný přístup k regulaci ozáření na pracovištích splňujících podmínky podle přílohy č. 25, který bude SÚJB uplatňovat při regulaci ozáření na pracovištích a při dozoru na nich, který je nezbytné použít vzhledem k vysokému počtu dotčených pracovišť.

Druhou část doporučení tvoří přílohy, jejichž obsah podrobně popisuje statistický postup, kterým byly vymezeny oblasti se zvýšeným radonovým rizikem a které byly použity při definování podmínek uvedených v příloze č. 25 vyhlášky.

Toto doporučení bylo připraveno na základě výsledků řešení projektu TB05SUJB002 “Výzkum optimálních postupů k identifikaci pracovišť s možným zvýšeným ozářením z radonu pro implementaci směrnice rady EU 2013/59/EUROATOM“ podpořeného TA ČR formou účelové podpory z veřejných prostředků v rámci Programu veřejných zakázek ve výzkumu, experimentálním vývoji a inovacích pro potřeby státní správy „BETA“ na základě Smlouvy o poskytnutí účelové podpory 201605062) a řešeného SÚRO, v.v.i v roce 2016.

Pozn. Expoziční cestou a příčinou vyšších efektivních dávek pracovníků na pracovištích s možným zvýšeným ozářením z radonu je inhalace vzduchu s radonem a jeho produkty přeměny, přičemž radon se na celkové efektivní dávce podílí zhruba do 10%. Zdrojem zvýšených koncentrací radonu a jeho krátkodobých produktů přeměny může být buď horninové prostředí (podlaží budov nebo horninové prostředí, v němž se nacházejí podzemní pracoviště), prvky stavebních konstrukcí se zvýšeným obsahem Ra-226 (např. některé stavební materiály použité v minulosti při výstavbě budov) nebo voda z podzemních zdrojů. V řadě případů může jít o kombinaci těchto zdrojů.

2 Pojmy

Pro účely tohoto doporučení se rozumí:

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Radon – izotop radonu ^{222}Rn

OAR – objemová aktivita radonu v jednotkách Bq/m^3

Pracoviště – prostor sloužící k výkonu práce

Pracovník – fyzická osoba vykonávající práce na pracovištích

Oblast se zvýšeným radonovým rizikem – území, kde se očekává, že OAR (jako roční průměr) překročí národní referenční hodnotu ve značném množství budov

Obec – územní celek vymezený hranicí území obce

Vybraná obec – obec, která splňuje podmínky pro zařazení mezi oblasti se zvýšeným radonovým rizikem

RIA – radonový index obce, matematický konstrukt přiřazený obci, bezrozměrné číslo charakterizující pravděpodobnost výskytu pracoviště, na kterém bude překročena referenční hodnota OAR, v dané obci

Směrnice – směrnice Rady EU 2013/59/EURATOM

Zákon – zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů

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

Příloha vyhlášky – příloha č. 25 k vyhlášce č. 422/2016 Sb. „Podmínky pro zařazení pracoviště umístěného v podzemním nebo prvním nadzemním podlaží budovy mezi pracoviště s možným zvýšeným ozářením z radonu“ k vyhlášce č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje

3 Určení oblastí se zvýšeným radonovým rizikem (*radon-prone areas*) pro pracoviště (bod A./3. přílohy vyhlášky)

Na území České republiky byly určeny oblasti se zvýšeným radonovým rizikem, tj. taková území, kde se očekává, že OAR (jako roční průměr) překročí národní referenční hodnotu 300 Bq/m^3 ve značném množství budov (tzv. *radon-prone areas*).

Základní územní jednotkou, která byla pro tyto účely zvolena, je katastrální území obce. Jako kritérium byla použita pravděpodobnost překročení referenční úrovně objemové aktivity radonu 300 Bq/m^3 podle § 93 odst. 1 vyhlášky vyšší než 30%. Obce, které tuto povinnost splňují, jsou vyjmenovány v tabulce přílohy vyhlášky. Obce, okresy a kraje, na jejichž území nebyla uvedena pravděpodobnost zjištěna, nejsou v seznamu uvedeny.

Pokud pracoviště naplní podmínky uvedené v bodě A/1. a A/2. přílohy vyhlášky a je současně umístěno na katastrálním území obce uvedené v seznamu, je toto pracoviště pracovištěm podle § 96 odst. 1 písm. c) zákona a vztahují se na ně povinnosti podle § 96 odst. 2 zákona. Nezařazení do seznamu obcí tedy neznamená, že se na pracovištích v těchto obcích nevyskytují zvýšené hodnoty OAR, ale pouze to, že měření v těchto lokalitách není povinné ze zákona.

Vzhledem k tomu, že pracoviště jsou umístěna v budovách, na které se vztahovaly či vztahují požadavky § 98 a 99 zákona, je třeba vzít při uplatňování povinností podle § 96 a 97 zákona tuto skutečnost na vědomí. Měření na pracovištích podle § 96 odst. 2 písm. b) se vztahují na ozáření pracovníků vykonávajících konkrétní pracovní činnosti na těchto pracovištích.

4 Stavebně-technické charakteristiky a organizační podmínky snižující pravděpodobnost výskytu vyšších OAR na pracovišti

4.1. Organizační podmínky na pracovišti, při jejichž splnění není stanovena povinnost zajistit měření za účelem stanovení efektivní dávky podle § 96 odst. 2 písm. b) zákona požadována

Na pracovištích, na nichž celková pracovní doba osob (tzn. celková pracovní doba žádné z osob) vykonávajících práce prokazatelně nepřesáhne 100 hodin ročně, se překročení referenční úrovně podle § 93 odst. 1 vyhlášky ani efektivní dávky 6 mSv/rok (§ 93 odst. 2 vyhlášky) nepovažuje za možné a měření ani určení efektivní dávky se nemusí provádět. Pracoviště s časově omezeným pobytem osob, která splňují uvedené kritérium, jsou tedy z dalšího šetření podle § 96 odst. 2 písm. b) zákona vyloučena.

V případě, že pracovník vykonává práci na více pracovištích téže povinné osoby, rozumí se celkovou pracovní dobou součet pracovních dob pracovníka na všech těchto pracovištích. Měření na těchto pracovištích se nemusí provádět, pokud součet pracovních dob žádného z pracovníků na těchto pracovištích nepřesáhne 100 hodin ročně. V opačném případě se měření provádí na všech pracovištích této povinné osoby.

Za přípustný způsob prokazování pracovní doby se pro potřeby příslušných ustanovení vyhlášky (tedy i pro tento účel) považuje předložení oficiálního dokumentu povinné osoby, z něhož časové omezení doby pobytu pracovníků na pracovišti vyplývá. Takovým dokumentem může být pracovní řád, provozní pokyny apod.

Alternativně lze délku pracovní doby prokazovat písemným záznamem o docházce na pracoviště.

4. 2. Personální podmínky na pracovišti, při jejichž splnění není pracoviště zařazeno mezi pracoviště podle § 96 odst. 1 písm. c) zákona

Dalším parametrem, který je rozhodný pro zařazení pracovišť mezi pracoviště podle § 96 odst. 1 písm. c) zákona, je počet osob vykonávajících práci na pracovišti (viz bod A. 2. přílohy). Pokud se žádné takové osoby na pracovišti nenacházejí kromě osoby, která pracoviště provozuje, není třeba ozáření pracovníků sledovat. Pro naplnění tohoto požadavku není rozhodující, zda je pracovník v pracovním poměru nebo zda zde vykonává činnost jako osoba samostatně výdělečně činná.

4. 3. Stavebně-technické charakteristiky budov a prostor pracoviště snižující pravděpodobnost výskytu vyšších OAR na pracovišti

První stavebně-technická charakteristika místností pracoviště, na které se povinnosti vztahují, je dána samotným zněním článku 54 odst. 2 písm. a) Směrnice Rady EU 2013/59/EURATOM. Jedná se o umístění pracoviště v rámci budovy. Vzhledem k tomu, že cílem je regulovat ozáření z radonu pronikajícího z podloží budovy, jsou nejvíce ohroženy místnosti v nejnižším podlaží. Proto jsou předmětem zájmu pracoviště situovaná v suterénu a přízemí budovy, čemuž odpovídá znění § 96 odst. 1 písm. c) zákona.

Důležitým kritériem, které by mělo snižovat pravděpodobnost ozáření v budově z radonu z podloží (A1/1.1. přílohy vyhlášky), je doba vzniku pracoviště (datum rozhodnutí o stavebním povolení). Pokud bylo toto nebo jemu významem podobné povolení vydáno po 28. únoru 1991, měla by být stavba již dostatečně chráněna proti pronikání radonu z podloží. Od této doby již byly součástí právního řádu ČR předpisy, které stanovily povinnost stavebníka zajistit zamezení pronikání radonu do stavby, a všechny stavby by tedy měly mít dostatečnou protiradonovou ochranu.

Podle bodu A.1/1.2. přílohy vyhlášky jsou z regulace vyňata pracoviště v budově umístěné v terénu tak, že všechny její obvodové konstrukce jsou od podloží odděleny vzduchovou vrstvou, kterou může volně proudit vzduch. Odráží to skutečnost, že v takto situovaném objektu neexistuje cesta, kterou by se radon dostával do objektu. Toto zproštění koresponduje se zněním § 98 odst. 3 zákona, který také stavby s touto dispozicí vyjímá i z povinnosti stanovit radonový index pozemku.

Další skupinou pracovišť, u nichž se nepředpokládá výskyt vyšších OAR, jsou pracoviště v budovách, v nichž bylo provedeno protiradonové opatření, jehož dostatečná účinnost byla ověřena měřením (viz bod A.1/1.3. přílohy vyhlášky).

Skupinou pracovišť vyňatých z regulace jsou pracoviště, jež jsou parkovištěm nebo garáží (viz bod A1/1.4 přílohy vyhlášky). Ve velkokapacitních podzemních i nadzemních parkovištích a garážích je projektována výměna vzduchu, která zajistí, že se radon a produkty jeho přeměny nebudou hromadit v ovzduší pracoviště.

Ochranným opatřením proti pronikání radonu z podloží může být přerušení cesty, kterou radon vstupuje do objektu. Z toho důvodu jsou z regulace vyňata pracoviště, která jsou

podsklepena v celém půdorysu bez přímého kontaktu mezi místnostmi pracoviště a suterénními místnostmi či sklepem (viz bod A.1/1.5 přílohy vyhlášky). To znamená, že z podzemních částí budovy není do místností pracoviště přímý prostup pro radon, mezi oběma částmi budovy nejsou žádné prostupy klimatizace ani jiných sítí (plynové, vodovodní trubky apod.) ani jiné komunikační cesty (např. výtahy či šachty, vstup do sklepa), kterými by mohl proudit vzduch.

5 Odhad počtu pracovišť podléhajících regulaci

Na základě veřejných databází shromažďujících informace o ekonomických subjektech a jejich provoznách byl proveden odhad počtu pracovišť, která budou podléhat regulaci podle § 96 zákona. Bohužel není k dispozici žádný zdroj dat, který by evidoval všechny potřebné charakteristiky pracovišť v budovách, proto se jedná o hrubý, de facto řádový, odhad počtu dotčených pracovišť.

Při odhadu byly vzaty v úvahu legislativní podmínky pro zařazení pracoviště mezi povinná - umístění budovy, ve které se pracoviště nachází, podlaží v rámci budovy, stáří budovy, speciální stavebně-technické charakteristiky podle přílohy k vyhlášce i přítomnost zaměstnanců na pracovišti.

Kvalifikovaný odhad počtu pracovišť podle § 96 odst. 1 písm. c) zákona ve vybraných obcích činí asi 20 tisíc.

Pozn.: Podrobnosti k provedení odhadu jsou uvedeny v Příloze 3 k Závěrečné zprávě z projektu TB05SUJB002.

6 Odstupňovaný přístup k regulaci

Cílem regulace v případě pracovišť umístěných v podzemním nebo prvním nadzemním podlaží budovy je snížení efektivních dávek pracovníků od radonu pronikajícího do prostor pracoviště z podlaží. Vzhledem k tomu, že se jedná o nově zavedenou povinnost, se kterou nemá většina provozovatelů pracovišť zkušenosti, lze předpokládat, že znalosti provozovatelů pracovišť o povinnosti plynoucích z § 96 zákona nebudou zpočátku dostatečné. S ohledem na předpokládaný rozsah této povinnosti (regulace se dotkne podle odhadu desítek tisíc pracovišť na území vybraných obcí), je optimální využít měřicí i dozorné kapacity tam, kde lze předpokládat, že odvrácená efektivní/kolektivní efektivní dávka bude co největší.

Aby byl tedy naplněn cíl regulace optimálním způsobem, je vhodné, aby se první úsilí zúčastněných subjektů zaměřilo zejména na pracoviště v těch obcích, kde je pravděpodobnost překročení referenční úrovně nejvyšší. Tento cíl je naplněn kritérii použitým pro určení oblastí se zvýšeným radonovým rizikem a podmínkami uvedenými v příloze vyhlášky.

Nejvyšší odvrácenou kolektivní efektivní dávka lze očekávat na pracovištích, kde je ozáření vystaveno velké množství pracovníků. Orientační údaje o počtu pracovníků na určitém pracovišti lze získat z databáze Registr ekonomických subjektů vedené Českým statistickým úřadem, případně z evidence Správy sociálního zabezpečení. Regulace by měla být tedy v první řadě zaměřena na velké zaměstnavatele v obcích s nejvyšší pravděpodobností překročení referenční úrovně na pracovišti, tj. s nejvyšším indexem RIA, ať už půjde o

instituce státní a veřejné správy, orgány samosprávy (velké obce a města) nebo o soukromé subjekty (firmy, banky apod.).

Nové povinnosti je třeba zavádět postupně a cílit je zpočátku tam, kde mohou přinést největší přínos, tedy nejvyšší ušetřenou efektivní/kolektivní efektivní dávku. Hlavní důraz je potřeba klást na to, aby měření OAR a stanovení efektivní dávky pracovníků probíhalo korektně a aby v případě potřeby byla přijímána kvalitní a dlouhodobě udržitelná opatření ke snížení ozáření pracovníků na pracovišti.

Cílem regulace v žádném případě není ukládání formálních povinností měření subjektům, které by nesměřovaly ke skutečnému snížení míry ozáření pracovníků na pracovišti od radonu. Hlavním uplatňovaným nástrojem regulace není primárně sankcionování provozovatelů pracovišť za případně nesplněné povinnosti, ale spolupráce všech zúčastněných subjektů při věcně správném a účinném řešení situace na pracovišti.

Příloha A – Statistické rozdělení radonového indexu RIA a jeho predikce

Příloha A - 1. Radonový index obce (RIA)

Prvním úkolem při vymezování oblastí s vyšší pravděpodobností výskytu pracovišť s vysokou objemovou aktivitou radonu je získání relevantních informací pro celé území státu. Nejmenší jednotkou, pro kterou jsou dostupné informace, na jejichž základě lze vymezit nebo odhadnout míru ozáření obyvatel v budovách od radonu, je obec. Pro účel vymezení *radon-prone areas* pro pracoviště byly z databáze výsledků měření v budovách spočteny statistické charakteristiky pro soubor měření v rodinných domech, tj. převážně v přízemních bytech. Pro obce byl definován pojem *radonový index obce RIA* jako

$$RIA = \log_{10}(p(OAR > 300 \text{ Bq m}^{-3}) * 100\%), \quad (1)$$

kde $p(OAR) > 300 \text{ Bq m}^{-3}$ značí pravděpodobnost, že hodnota objemové aktivity radonu ve vybraných budovách v dané obci překročí referenční hladinu 300 Bq m^{-3} .

Tento jednoduchý postup je možné použít pouze tam, kde je k dispozici dostatek měření OAR pro každou administrativní jednotku a vybrané objekty měření jsou reprezentativní pro danou administrativní jednotku. V praxi však nebyl k dispozici dostatečný počet měření ve všech obcích, navíc významný podíl dostupných měření byl proveden v oblastech se zvýšeným radonovým indexem horniny, kde lze předpokládat vyšší hodnoty OAR v obydlích. Výsledky v dostatečně proměřených obcích tedy neodpovídají nezávislému náhodnému výběru z obcí. Dá se ale předpokládat, že vybrané objekty v jednotlivých obcích jsou z hlediska pronikání radonu do objektu rozloženy přibližně reprezentativně.

Problém nedostatku měření při určení radonového indexu a rizika obce byl vyřešen pomocí predikce hodnoty radonového indexu RIA v nedostatečně proměřených obcích. Predikce byla založena na výsledcích měření OAR v dostatečně proměřených obcích a geologických a popisných charakteristikách obcí. Předpokladem bylo, že modelování hodnot radonového indexu RIA v závislosti na charakteristikách obcí si částečně poradí s vychýleným výběrem dostatečně proměřených obcí, protože se měření v těchto obcích prováží právě

s geologickými charakteristikami, které jsou významným prediktorem zvýšených hodnot OAR.

Základním předpokladem pro celou statistickou analýzu je fakt, že statistické rozdělení měření OAR v rámci jedné obce je log-normální, takže pravděpodobnost překročení referenční hladiny se spočítá jako pravděpodobnost, že náhodná veličina s log-normálním rozdělením se střední hodnotou μ a směrodatnou odchylkou σ překročí hodnotu 300 Bq/m^3 . V praxi přirozený logaritmus geometrického průměru a přirozený logaritmus geometrické odchylky pozorovaných dat v jedné obci odpovídá odhadu parametrů μ a σ log-normálního rozdělení příslušného dané obci. V obcích, kde je k dispozici dostatek měření OAR, je možné vypočítat hodnotu RIA indexu přímo výpočtem dle vzorce (1) za použití geometrického průměru a geometrické odchylky spočtených z pozorovaných měření. Takto vypočtenou hodnotu RIA indexu nazvěme *pozorovaná hodnota RIA indexu*.

Důležitým aspektem, který bylo nutno zvážit, byla otázka jak definovat dostatečnou proměřenost obce. V použitém modelu byly mezi dostatečně proměřené obce zařazeny ty obce, ve kterých bylo proměřeno alespoň 10% obydlí v přízemí, a tato měření byla provedena v alespoň 10 domech dané obce. Bylo možné zvolit přísnější kritéria zařazení obcí mezi dostatečně proměřené obce (například proměřenost alespoň 30% obydlí), tím by se ale mezi dostatečně proměřené obce dostaly hlavně obce z oblastí se zvýšeným radonovým indexem horniny. To by znamenalo ještě větší vychýlení výběru.

K tomu, aby bylo možné predikovat neznámou hodnotu radonového indexu RIA v obcích, kde není k dispozici dostatek měření, je potřeba sestavit tzv. predikční model mezi pozorovanou hodnotou RIA a prediktory (charakteristikami obcí) na množině dostatečně proměřených obcí. Predikční model je schopen při zadání nových hodnot prediktorů příslušných nedostatečně proměřené obci odhadnout neznámou hodnotou radonového indexu pro tuto obec.

Bylo uvažováno několik predikčních modelů. Vzhledem k tomu, že rozdělení radonového indexu RIA na množině proměřených obcí není blízké normálnímu, byly sestaveny predikční modely pro logaritmus geometrických průměrů jako závislou proměnnou. Predikce radonového indexu RIA se pro tyto modely provede spočtením dle vzorce (1), kde rozdělení je dáno predikovanou hodnotou logaritmu geometrického průměru a vhodně odhadnutou geometrickou odchylkou.

Příloha A - 2. Geologické a popisné prediktory použité k predikci radonového indexu obce

Mezi prediktory užitými jako nezávislé proměnné (vstupy do predikčních modelů) byly zařazeny dávkový příkon gama záření (odečtený z radiometrické mapy České republiky), typ horniny v podloží, úroveň propustnosti podloží, průměrná hodnota objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v podloží obce, přítomnost geologického zlomu (informace byly získány odečtením z geologické prognózní mapy radonového indexu autorů Barnet, Pacherová, Český geologický ústav), GPS souřadnice středu obce a průměrné stáří domů v obci (informace získaná ze stránek Českého statistického úřadu). V konečné fázi byla přidána proměnná

s hodnotou objemové aktivity radonu naměřeného ve vodě v soukromých studnách získaných od SÚJB. Tato proměnná je nenulová jenom u cca 6,5% obcí, proto se u jejího zařazení do modelu neočekával velký přínos, naopak zhoršení odhadů kvůli velké váze na nejčastější hodnotě 0.

Příloha A - 3. Volba učební množiny ke tvorbě modelu

Učební množina obcí byla zvolena tak, aby v ní byly obsažené obce s dostatečnou proměřeností. Volba hranice dostatečné proměřenosti znamenala kompromis mezi spolehlivostí a přesností, které rostou s proměřeností obce, a zároveň mezi velikostí učební množiny obcí. Příliš přísné pravidlo by znamenalo sice relativně přesné hodnoty pozorovaných hodnot RIA indexu, ale také velmi malou učební množinu, navíc omezenou na ty nejvíce proměřené obce, což jsou obce s největším geologickým rizikem, a tudíž i největší hodnotou RIA. Ke kvalitně provedené predikci je ale potřebné, aby v učební množině bylo obsažené dle možností celé anebo alespoň téměř celé spektrum hodnot pozorovaného radonového indexu, tj. jak obce s nízkými pozorovanými hodnotami radonového indexu RIA, tak obce s vysokými pozorovanými hodnotami RIA.

Nakonec byly k odhadu predikčních modelů použity dvě učební množiny, a to

- obce, v kterých bylo proměřeno alespoň 20% obydlí v přízemí,
- obce, v kterých bylo proměřeno alespoň 10% obydlí v přízemí, přičemž tato měření byla provedena v alespoň 10 domech

Ke zhodnocení úspěšnosti predikce byla použita skupina obcí s proměřeností 5-10 % v alespoň 10 domech.

Příloha A - 4. Zhodnocení úspěšnosti modelu dle predikční chyby

Výběr nejlepšího predikčního modelu je podmíněn volbou míry predikční chyby, tj. volbou funkce, která hodnotí úspěšnost predikce modelu porovnáním predikovaných a pozorovaných hodnot radonového indexu na učební množině. Je mnoho možností jak volit míru predikční chyby, pro predikci spojitých veličin je například často používaná kvadratická ztráta. Vzhledem k tomu, že jedním z dílčích cílů práce je určit obce se zvýšeným radonovým rizikem, byla pro klasifikaci predikční chyby vybrána veličina procentuální podíl chybně klasifikovaných obcí u dvou kategorií:

- obce s nízkým radonovým rizikem (referenční hladina je překročena u méně než 30 % obydlí, tj. $RIA < 1,48$)
- obce s vysokým radonovým rizikem (referenční hladina je překročena u více než 30 % obydlí, tj. $RIA > 1,48$)

Chybná klasifikace obce, u které pozorovaná hodnota radonového indexu přesahuje 1,48, takže by tato obec měla být zařazena mezi obce s vysokým rizikem, ale predikčním modelem je zařazena mezi obce s nízkým rizikem, se nazývá *falešně negativní* výsledek. Naopak,

výsledek je *falešně pozitivní*, když obec, která dle pozorované hodnoty radonového indexu spadá pod obce s nízkým rizikem, je predikčním modelem označena jako obec s vysokým rizikem. Procentuální podíl chybně klasifikovaných obcí ve srovnání s počtem všech obcí v učební množině určí odhad predikční chyby daného modelu.

Z teorie predikčních modelů je známo, že odhad predikční chyby na celé učební množině je vždy podhodnocen, protože predikujeme ty hodnoty závislé proměnné, na kterých jsme konstruovali predikční model, takže dochází k tzv. přeučení modelu (overfitting, model se příliš dobře přizpůsobí učební množině a na nových datech by predikoval špatně). Proto je potřebné provést tzv. křížovou validaci (crossvalidation), kdy se učební množina rozdělí na několik stejně velkých skupin. Jedna skupina obcí se vyloučí a predikční model se odhadne na souboru ostatních obcí. Odhad predikční chyby se pak spočte na této vyloučené skupině obcí, která nepřispěla k odhadu parametrů predikčního modelu. Tento postup se zopakuje pro všechny vyloučené skupiny a zprůměrováním odhadů predikčních chyb na všech skupinách se získá přesnější odhad predikční chyby.

Odhadnutá predikční chyba z křížové validace byla porovnána s odhadnutou predikční chybou modelů na skupině obcí s proměřeností 5-10% v alespoň 10 domech.

Příloha A - 5. Přehled statistických modelů k predikci radonového rizika v nedostatečně monitorovaných oblastech

- **Lineární regrese s radonovým rizikem RIA jako závislou proměnnou.** Bylo ohodnoceno cca 30 modelů s různými kombinacemi prediktorů a jejich interakcí.
- **Lineární regrese s logaritmem geometrického průměru hodnot OAR v obci ($\log(\text{GP})$) jako závislou proměnnou.** Bylo ohodnoceno cca 30 modelů s různými kombinacemi prediktorů a jejich interakcí.
- **Model projection pursuit regrese s logaritmem geometrického průměru hodnot OAR v obci ($\log(\text{GP})$) jako závislou proměnnou.** Tento model hledá tu nejlepší projekci do mnohorozměrného prostoru určeného nezávislými prediktory. Je definován jako lineární kombinace nelineárních transformací prediktorů, takže na něj lze pohlížet jako na zobecnění lineární regrese.
- **Model neuronové sítě s radonovým rizikem RIA jako závislou proměnnou.**
- **Model neuronové sítě s logaritmem geometrického průměru hodnot OAR v obci ($\log(\text{GP})$) jako závislou proměnnou.**
- **Model bootstrapově agregované neuronové sítě s radonovým rizikem RIA jako závislou proměnnou.**
- **Model bootstrapově agregované neuronové sítě s logaritmem geometrického průměru hodnot OAR v obci ($\log(\text{GP})$) jako závislou proměnnou.**
- **Reziduální krigování.**

- **Krigování přímo na pozorované hodnoty radonového rizika RIA.**

Příloha A - 6. Popis statistického modelování pomocí modelu bootstrapově agregovaných neuronových sítí

a. Neuronové sítě

Neuronové sítě (neural network) patří mezi data-miningové modely. Používají se zejména k modelování chování biologických struktur, ale i k rozpoznávání obrázků a předvídání chybějících hodnot. Model neuronové sítě je složen ze vstupních hodnot, skryté vrstvy s předem zvoleným počtem neuronů a z výstupních hodnot. Parametry modelu jsou odhadnuté na učebních datech (v našem případě to jsou ty obce, kde máme k dispozici dostatek měření OAR). Takto odhadnutý model se použije k predikci geometrického průměru v obcích s nedostatkem měření.

b. Bootstrapově agregované neuronové sítě

Bootstrapově agregovaná neuronová síť (bagged neural network) představuje množinu několika neuronových sítí, přičemž každá z těchto neuronových sítí je odhadnutá na bootstrapovém výběru z učebních dat. Průměr z predikcí ze všech neuronových sítí představuje odhadnutou hodnotu geometrického průměru.

V obcích, kde nebylo k dispozici dostatek měření, byly neznámé hodnoty RIA indexu odhadnuty použitím predikce založené na modelu bootstrapově agregované neuronové sítě s 10 neuronovými sítěmi. Užitý model bootstrapově agregované neuronové sítě popisuje vztah mezi geometrickým průměrem naměřených hodnot radonu v obci a popisnými charakteristikami obce (dávkový příkon gama záření, typ horniny v podloží, úroveň propustnosti podloží, průměrná hodnota objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v podloží obce, přítomnost geologického zlomu, GPS souřadnice středu obce a průměrné stáří domů v obci). Hodnota RIA indexu pro obec byla vypočtena z distribuční funkce log-normálního rozdělení s parametry rovnými modelem odhadnutému přirozenému logaritmu geometrického průměru a přirozenému logaritmu odhadnuté geometrické odchylky. Model byl navržen na datech v obcích s dostatečným počtem měření (alespoň 20% všech domů v obci anebo alespoň 10% všech domů v obci a měření v alespoň 10 domech). Predikcí z tohoto modelu byly získány odhady hodnot logaritmu geometrických průměrů pro zbývající obce s nedostatečným počtem měření.

c. Krigování (kriging)

Krigování v geostatistice je metoda interpolace, kde jsou interpolované hodnoty modelovány gaussovským procesem. K určení kovarianční struktury užitého gaussovského procesu je potřebné vybrat parametrický model pro variogram prostorových dat a nalézt odhady parametrů tohoto modelu. Výsledkem krigování jsou predikované hodnoty v prostoru založené na hodnotách v dostatečně blízkém okolí a na dosahu prostorové korelace odhadnuté pomocí variogramu. V našem případě je možné aplikovat krigování přímo na pozorované

hodnoty RIA indexu v obcích. Druhá možnost je použití krigování na rezidua, která umíme spočítat pro obce s dostatkem měření jako rozdíl pozorované hodnoty RIA indexu a modelem odhadnuté hodnoty RIA indexu (například hodnoty odhadnuté pomocí bootstrapově agregované neuronové sítě). Tento přístup se nazývá reziduální krigování.

V analýze byly využity oba přístupy, jak krigování přímo na pozorované hodnoty RIA indexu, tak reziduální krigování na rezidua spočtená pro obce s dostatkem měření jako rozdíl pozorované hodnoty RIA indexu a odhadnuté hodnoty RIA index z bootstrapově agregované neuronové sítě.

Ke krigování přímo na pozorované hodnoty RIA indexu byla nejprve odhadnuta kovarianční struktura na obcích s dostatkem měření pomocí exponenciálního modelu variogramu. Prostorový dosah závislosti hodnot RIA indexu byl odhadnutý na cca 30 km. Hodnoty prostorové predikce RIA indexu pro obce s nedostatkem měření byly získány aplikací krigování s gaussovským procesem s kovariancí odhadnutou na obcích s dostatkem měření. Výsledkem aplikace krigování přímo na RIA index jsou pozorované hodnoty RIA indexu pro obce s dostatkem měření a odhadnuté hodnoty z krigování pro obce s nedostatkem měření. Při tomto postupu se využijí jenom pozorované hodnoty RIA indexu a nevyužijí se popisné charakteristiky obcí.

K reziduálnímu krigování byla nejprve spočtena rezidua pro obce s dostatkem měření. Umístěním těchto reziduí do mapy podle GPS souřadnic středu obcí bylo získáno rozložení obcí s dostatkem měření, kde model nadhodnotil nebo podhodnotil pozorovanou hodnotu RIA indexu. Byla odhadnuta kovarianční struktura v této mapě použitím exponenciálního modelu variogramu. Prostorový dosah byl odhadnut na cca 2 km. Krigováním byla získána prostorová predikce hodnot reziduí v obcích s nedostatečným počtem měření. Výsledným odhadem radonového indexu RIA pro obce je pak součet odhadnuté hodnoty RIA indexu z modelu bootstrapově agregovaných neuronových sítí v dané obci a rezidua příslušného dané obci. Odhadnutá hodnota radonového indexu RIA v obcích s dostatkem měření je teda rovna pozorované hodnotě RIA indexu spočtené za použití geometrického průměru a geometrické odchylky pozorovaných dat.

d. Křížová validace (cross-validation)

Metoda křížové validace slouží k nalezení optimálních parametrů modelu (jako například počtu neuronů ve skryté vrstvě neuronové sítě) a k odhadu predikční chyby, přitom n-násobná křížová validace se provede tak, že se množina učebních dat (obce s dostatkem měření) rozdělí na n podmnožin. Celkem n-1 podmnožin dat se použije k odhadnutí modelu a n-tá podmnožina se dá stranou a slouží jako testovací množina k spočtení chyby predikce modelu odhadnutého na zbylých n-1 podmnožinách. Proces se n krát opakuje a průměr z chyb predikce modelu spočtených na testovacích množinách slouží jako odhad chyby predikce modelu. Při zpracování těchto dat byla použita 10-násobná křížová validace k nalezení optimálních parametrů modelu bootstrapově agregované neuronové sítě a k odhadu nejistoty predikce.

Příloha A - 7. Výsledky

Cílem práce bylo určit u 6298 obcí v České republice hodnotu radonového indexu RIA. K dispozici byla učební množina s dostatečně proměřenými obcemi (alespoň 10 % proměřených domů v alespoň 10 domech) o velikosti 2 157 obcí (34,3 %). U dalších 542 obcí (8,6 %) bylo proměřeno 5-10 % ze všech domů a s měřeními v alespoň 10 domech. U 3 599 obcí (57,2 %) bylo proměřeno méně než 5 % ze všech domů anebo bylo měření provedeno v méně než 10 domech. Obcí s alespoň 20 % proměřených obydlí v alespoň 10 domech bylo 1 318 (20,9 %).

Průměrná hodnota pozorovaného radonového indexu RIA v učební množině s alespoň 10 % proměřených domů v alespoň 10 domech byla 0,95. U množiny obcí s proměřeností alespoň 20% proměřených domů v alespoň 10 domech byla průměrná hodnota pozorovaného radonového indexu RIA rovná 1,11, co svědčí o vyšší proměřenosti obcí v oblastech, kde se předpokládá, že hodnoty měření OAR budou spíše vyšší. Počet obcí s vyšším radonovým rizikem v učební množině s proměřeností alespoň 10 % v alespoň 10 domech je 585 (27,1 % z 2 157 obcí), zatímco v učební množině s proměřeností alespoň 20 % v alespoň 10 domech je 846 (35,8 % z 1 318 obcí).

Všechny predikční modely byly odhadnuty jednak na učební množině obcí s alespoň 20 % proměřených obydlí v alespoň 10 domech, jednak na učební množině obcí s alespoň 10 % proměřených obydlí v alespoň 10 domech. Aby bylo možné srovnat úspěšnost predikčních modelů odhadnutých na dvou různých učebních množinách, bylo potřebné spočítat predikční chybu predikčních modelů odhadnutých na učební množině obcí s alespoň 10 % proměřených obydlí v alespoň 10 domech v podmnožině obcí s proměřeností >20 % v alespoň 10 domech. v Tabulce 1 jsou uvedeny odhadnuté predikční chyby získané z 10-násobné křížové validace, podíl chybně klasifikovaných obcí jako >30% (vysoké riziko), i když dle pozorovaného RIA indexu jsou <=30% (nízké riziko), a podíl chybně klasifikovaných obcí jako <=30% (nízké riziko), i když dle pozorovaného RIA indexu jsou >30% (vysoké riziko). Tyto odhady byly získány křížovou validací, tj. pouze s použitím učební množiny. Vynásobením predikčních chyb hodnotou 100 % získáme odhad, kolik procent obcí bude modelem špatně klasifikováno.

Z výsledků predikční chyby na množině obcí s proměřeností alespoň 20 % v alespoň 10 domech je vidět, že užití menší učební množiny vede k větší predikční chybě. V souladu s předpokladem, že mezi obce s proměřeností >20 % v alespoň 10 domech spadají hlavně obce s vyššími výsledky OAR, vede tato učební množina na méně falešně negativních predikcí. Na druhou stranu se u těchto predikčních modelů vyskytoval větší podíl falešně pozitivních výsledků, což nakonec vedlo k vyšší celkové predikční chybě. Z důvodu této vychýlenosti predikčních odhadů modelů odhadnutých na menší učební množině s proměřeností alespoň 20 % v alespoň 10 domech byly dále odhadovány predikční modely na větší učební množině s proměřeností alespoň 10 % v alespoň 10 domech.

Dalším krokem v analýze bylo přidání reziduálního krigování ke všem modelům. Princip reziduálního krigování je vysvětlen v Příloze A-6 c. Z údajů v Tabulce 1 je vidět, že reziduální krigování značně vylepšilo celkovou predikční chybu i podíl falešně pozitivních a negativních výsledků u většiny modelů.

V posledním kroku byla přidána nová proměnná radon ve vodě. Výsledky po přidání této proměnné do modelu jsou uvedeny v Tabulce 1. U většiny modelů došlo k mírnému zhoršení celkových predikčních chyb. Toto je zřejmě způsobené charakterem této proměnné (u více než 90% obcí je tato proměnná rovná nule). Z tohoto důvodu nebyla proměnná radon ve vodě dále uvažována.

Nejlépe si ve všech instancích vedl model **bootstrapově agregované neuronové sítě s log(GP) jako závislou proměnnou, s jednou skrytou vrstvou s 8 uzly a s reziduálním krigováním**. Výhoda tohoto modelu je skutečnost, že u obcí s dostatečným počtem měření je odhad z modelu rovný pozorované hodnotě RIA indexu spočtené přímo z měření, přičemž tato hodnota RIA indexu je pro nás nejvíc důvěryhodná. U obcí s proměřeností pod 10 % nebo v souboru menším než 10 domů je odhad RIA indexu rovný součtu predikované hodnoty RIA indexu z modelu neuronové sítě založené na geologických charakteristikách a rezidua založeného na prostorovém rozložení rozdílu pozorovaných a predikovaných RIA indexů v učební množině. Tento model tedy využívá maximum z dostupných informací.

Tento predikční model vedl kromě toho k nejnižší celkové predikční chybě s hodnotou 0,142, což znamená, že v průměru 14,2 % obcí bylo v procesu křížové validace tímto modelem špatně klasifikováno. Jako falešně negativní bylo označeno v průměru 42,3 % obcí ze všech obcí s vysokým pozorovaným radonovým rizikem. Pouze 4,1 % obcí ze všech obcí s nízkým pozorovaným radonovým rizikem bylo modelem označeno jako falešně pozitivní.

Dále bylo zhodnoceno, jak dobře tento predikční model predikuje radonové riziko v množině obcí s proměřeností 5-10 % v alespoň 10 domech. Celková predikční chyba u této množiny byla 0,081, takže pouze 8,1 % obcí bylo chybně klasifikováno. Z toho až 88,4 % bylo falešně negativních a jenom 1,2 % bylo falešně pozitivních.

Je vidět, že tento model (bylo ověřeno, že ani ostatní modely si v tomto ohledu nevedly lépe – výsledky nejsou zobrazeny) není schopen správně určit obce s vysokým rizikem ve skupině obcí s proměřeností 5-10 % v alespoň 10 domech. Obcí s vysokým rizikem ve skupině obcí s proměřeností 5-10 % v alespoň 10 domech je jenom 43, jedná se tedy o relativně malou skupinu a v celkové chybě se tato misklasifikace projeví jenom minimálně. Je otázka, nakolik jsou pozorované hodnoty RIA indexu důvěryhodné u obcí s proměřeností pod 10 %. Nicméně lze říci, že správná klasifikace nedostatečně proměřených anebo neproměřených obcí, které mají vysoké radonové riziko, je na základě předložených dat velice obtížná i za použití vysoce specializovaných statistických metod.

Pro porovnání lze uvést, že odhad predikční chyby predikce spočtené z krigování přímo pozorovaných hodnot radonového indexu bez přímého využití geologických a popisných charakteristik obcí (detaily v Příloze B) na množině obcí s proměřeností 5-10 % v alespoň 10 domech je jenom o málo vyšší s 0,086 (8,6 % obcí špatně oklasifikováno), a to s 93 % falešně negativními a 1,4 % falešně pozitivními výsledky. Tato metoda je založená pouze na prostorové závislosti, takže geologické charakteristiky oblastí jsou implicitně obsaženy ve výsledcích.

Příloha A - 8. Grafy a tabulky

V Tabulce 1 jsou shrnuty odhadnuté predikční chyby modelů v různých nastaveních. Vlevo (zelená plocha) jsou uvedeny predikční chyby a procenta špatné klasifikace na množině obcí s proměřeností alespoň 10 % a v alespoň 10 domech. Vpravo (oranžová) je spočtená predikční chyba a procenta špatné klasifikace na podmnožině obcí s proměřeností alespoň 20 % a v alespoň 10 domech.

Zkratky použité v Tabulce 1:

LinReg RIA – Model lineární regrese se závislou proměnnou RIA

LinReg log(GP)– Model lineární regrese se závislou proměnnou log(GP)

Projection pursuit log(GP)– Projection pursuit regrese se závislou proměnnou log(GP)

NN RIA – Neuronová síť se závislou proměnnou RIA

NN log(GP) – Neuronová síť se závislou proměnnou log(GP)

Bagged NN RIA – Bootstrapově agregovaná neuronová síť se závislou proměnnou RIA

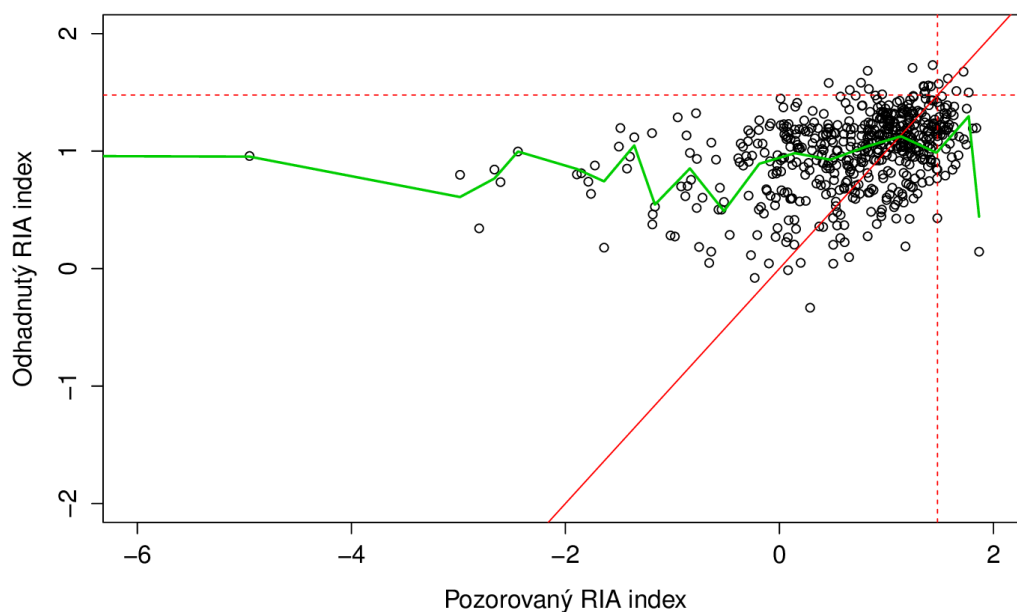
Bagged NN log(GP) – Bootstrapově agregovaná neuronová síť se závislou proměnnou log(GP)

Na obrázku 1 je graficky znázorněn vztah mezi pozorovanou a odhadnutou hodnotou radonového indexu RIA pro obce s proměřeností 5-10 % v alespoň 10 domech. Z grafu si lze udělat představu o míře chybných klasifikací, ať už falešně pozitivních nebo negativních.

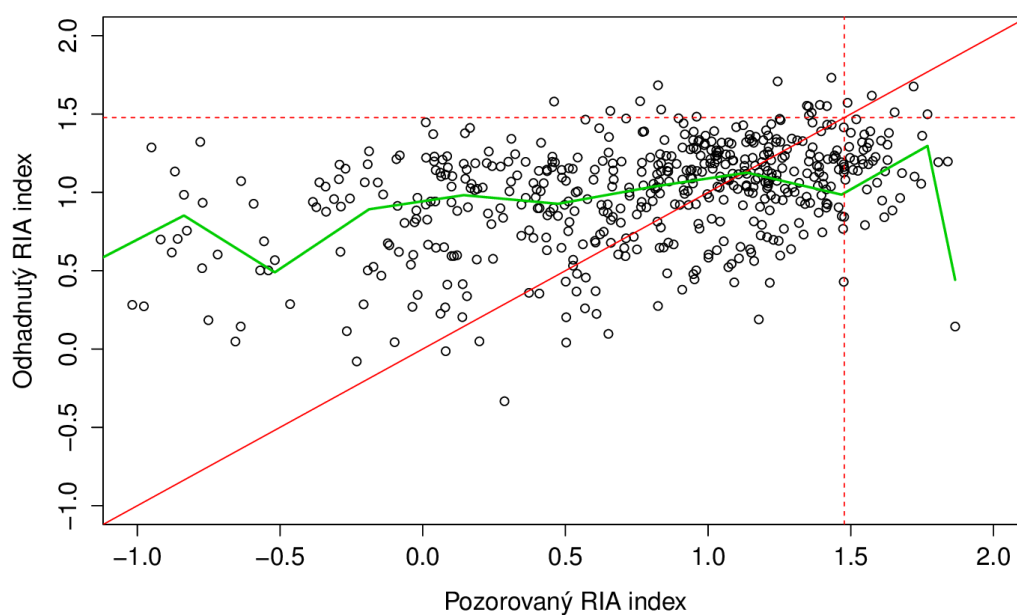
Tabulka 1: Odhad predikčních chyb použitých modelů

	Predikce na množině >10% & alespoň 10 domů			Predikce na množině >20% & alespoň 10 domů		
Učební množina >20%						
				Pred. chyba	Falešně neg.	Falešně poz.
LinReg RIA				0,516	0	1
LinReg log(GP)				0,423	0,398	0,12
ProjPur log(GP)				0,447	0,365	0,182
NN RIA				0,447	0,386	0,231
NN log(GP)				0,441	0,368	0,186
Bagged NN RIA				0,448	0,501	0,073
Bagged NN log(GP)				0,42	0,368	0,15
Učební množina >10% alespoň 10 domů						
	Pred. chyba	Falešně neg.	Falešně poz.	Pred. chyba	Falešně neg.	Falešně poz.
LinReg RIA	0,182	0,607	0,031	0,438	0,514	0,08
LinReg log(GP)	0,179	0,479	0,073	0,414	0,422	0,097
ProjPur log(GP)	0,181	0,51	0,063	0,44	0,423	0,112
NN RIA	0,184	0,564	0,05	0,423	0,428	0,151
NN log(GP)	0,18	0,479	0,073	0,41	0,395	0,134
Bagged NN RIA	0,18	0,542	0,053	0,433	0,484	0,066
Bagged NN log(GP)	0,174	0,479	0,065	0,403	0,415	0,089
Učební množina >10% alespoň 10 domů + Residuální kriging						
	Pred. chyba	Falešně neg.	Falešně poz.	Pred. chyba	Falešně neg.	Falešně poz.
LinReg RIA	0,158	0,467	0,049	0,388	0,412	0,068
LinReg log(GP)	0,155	0,472	0,043	0,383	0,425	0,066
ProjPur log(GP)	0,161	0,491	0,043	0,387	0,432	0,054
NN RIA	0,181	0,554	0,048	0,437	0,485	0,072
NN log(GP)	0,153	0,465	0,041	0,397	0,387	0,058
Bagged NN RIA	0,183	0,541	0,054	0,438	0,49	0,068
Bagged NN log(GP)	0,142	0,423	0,041	0,389	0,364	0,052
Učební množina >10% alespoň 10 domů + Residuální kriging + proměnná Radon ve vodě						
	Pred. chyba	Falešně neg.	Falešně poz.	Pred. chyba	Falešně neg.	Falešně poz.
LinReg RIA	0,158	0,467	0,049	0,388	0,412	0,068
LinReg log(GP)	0,156	0,47	0,044	0,383	0,416	0,07
ProjPur log(GP)	0,166	0,511	0,044	0,396	0,469	0,067
NN RIA	0,182	0,557	0,048	0,439	0,49	0,074
NN log(GP)	0,149	0,451	0,042	0,397	0,388	0,077
Bagged NN RIA	0,186	0,57	0,048	0,435	0,512	0,065
Bagged NN log(GP)	0,147	0,449	0,04	0,379	0,388	0,057
Počet obcí	2157 obcí	585 (27,1%)	1572 (72,9%)	1318 obcí	472 (35,8%)	846 (64,2%)

Obce s proměřeností 5–10% v alespoň 10 domech

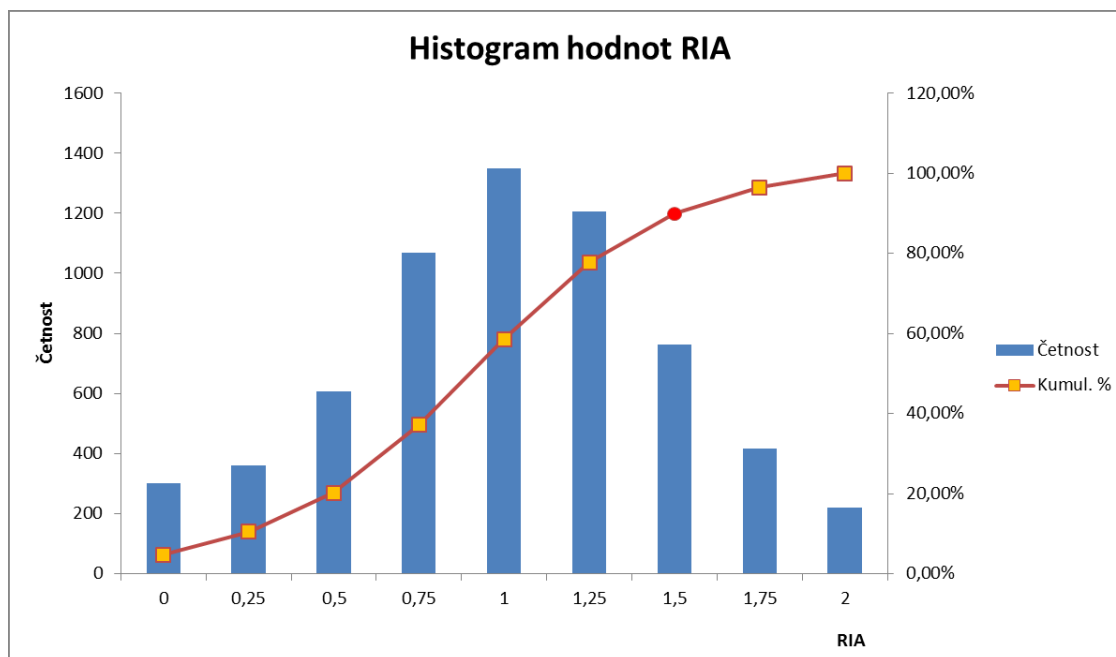


Obce s proměřeností 5–10% v alespoň 10 domech (detail)



Obrázek 2. Pozorovaná hodnota radonového indexu RIA versus odhadnutá hodnota radonového indexu RIA predikcí na množině obcí s proměřeností 5-10 % v alespoň 10 domech. Tečkovanou čarou je naznačena hranice 1,47, která rozděluje obce na obce s nízkým (<1,47) a vysokým rizikem (>1,47).

Na obrázku 2 je k dispozici zastoupení hodnot indexu RIA pro obce ČR. Z obrázku je patrné normální rozdělení těchto hodnot.



Obrázek 2. Histogram hodnot RIA pro obce

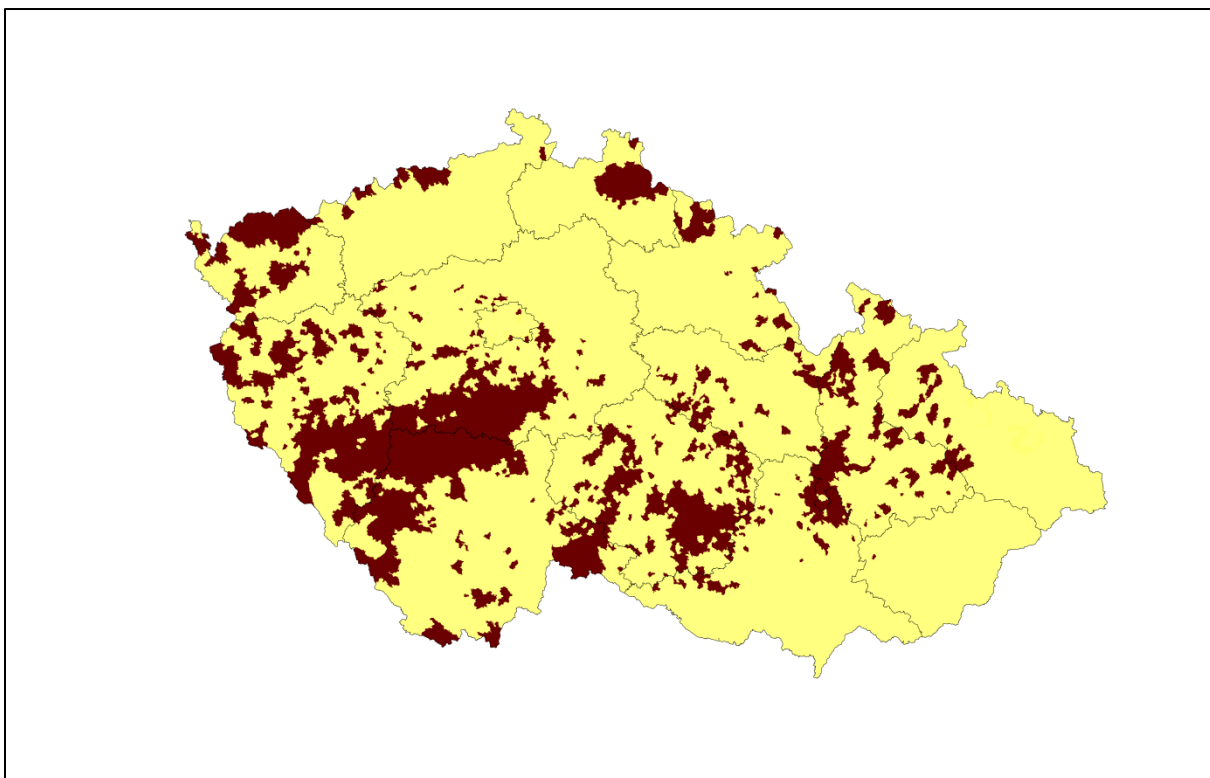
Příloha A - 9. Volba hranice pro diskriminaci oblastí se zvýšeným radonovým indexem

Posledním parametrem, o kterém bylo potřeba rozhodnout, je volba meze pravděpodobnosti překročení referenční úrovně, která oddělí oblast „s povinností měřit na vyjmenovaných pracovištích“ od oblasti bez této povinnosti.

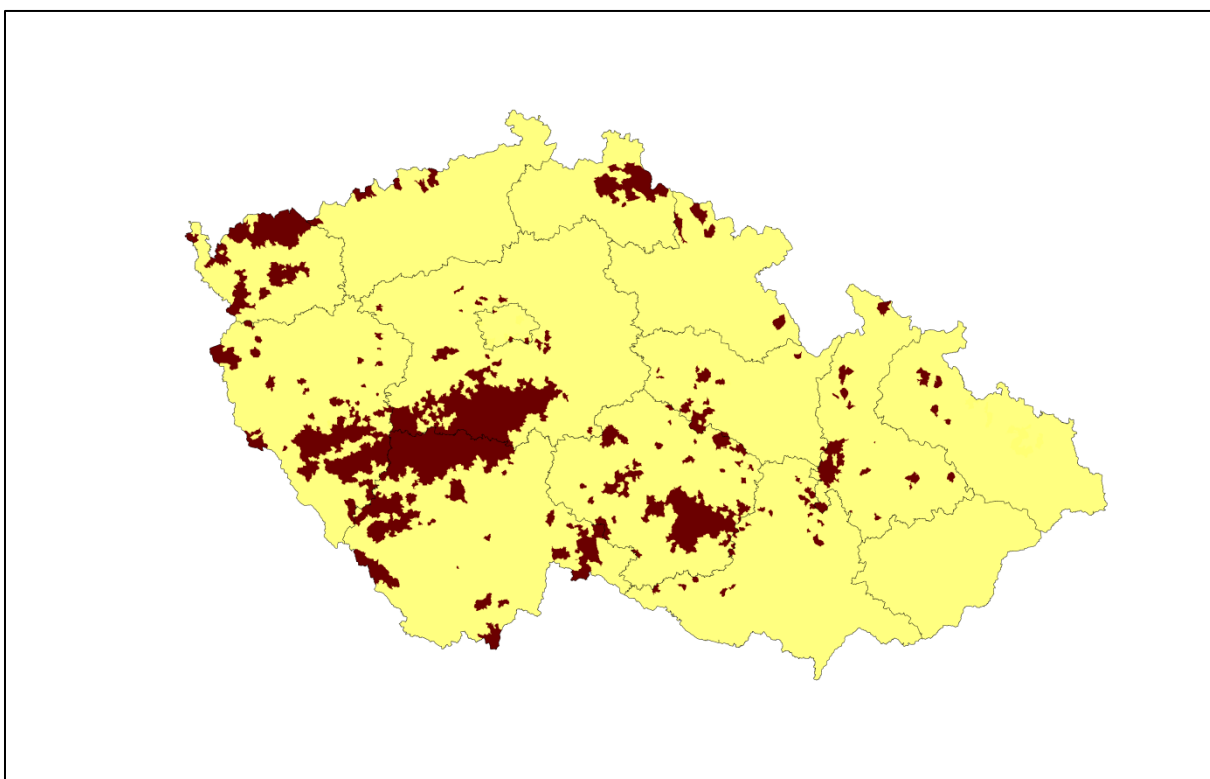
Pokud by se zvolila příliš vysoká hodnota, může být regulace nedostatečně efektivní a odvrácení efektivní dávky u zaměstnanců nemusí být v celostátním měřítku dostatečné. Pokud by byla hodnota příliš malá, bylo by vymezené území příliš rozsáhlé, počet subjektů příliš vysoký, takže dozorovou činnost SÚJB by nebylo možné provádět kvalitně. Výsledkem by mohlo být formální plnění povinností bez skutečné snahy po nápravě stavu.

Na základě těchto úvah byla zvolena 30-tiprocentní hranice pravděpodobnosti překročení referenční úrovně na pracovišti se zvládnutelným počtem ekonomických subjektů pro stávající kapacitu laboratoří a inspektorů SÚJB.

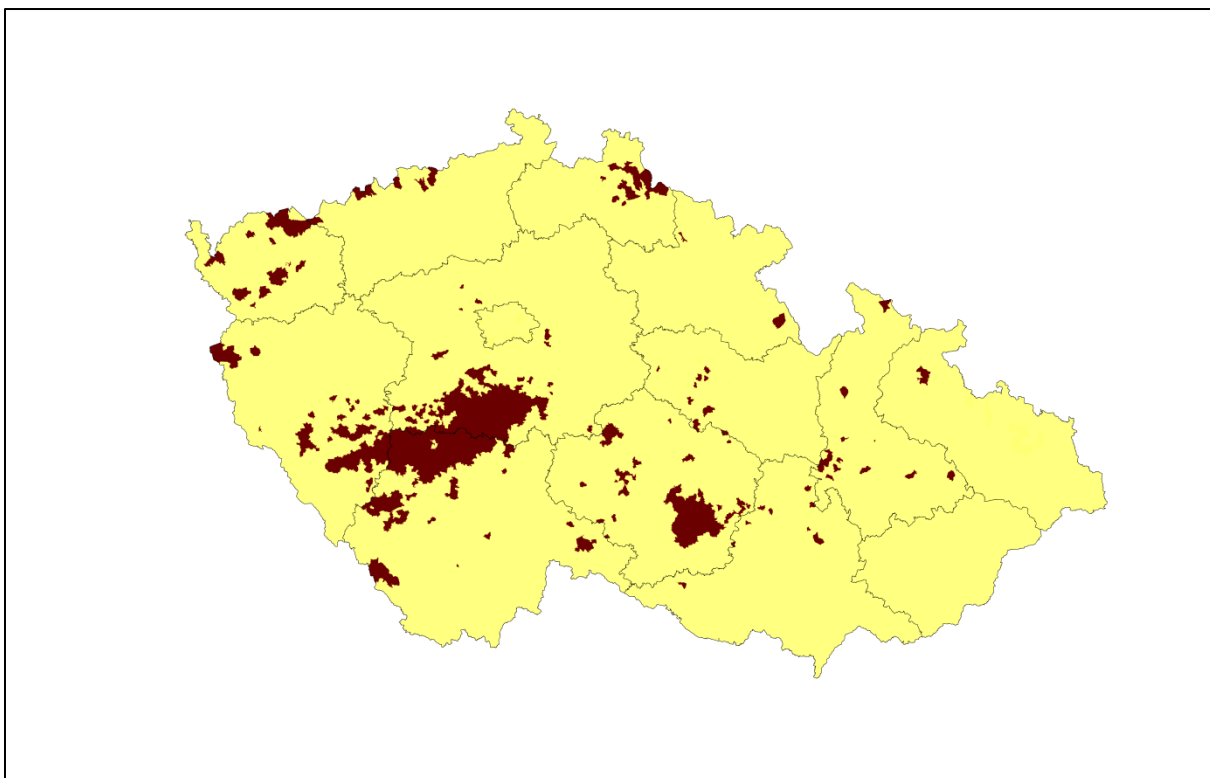
Na obrázku 3 - 6 je vidět, jak volba této meze ovlivňuje velikost oblastí se zvýšeným radonovým indexem. Tmavě jsou znázorněny obce, pro které byla odhadnuta pravděpodobnost překročení referenční úrovně pro OAR 300 Bq/m^3 na hodnotu přesahující udanou mez v procentech.



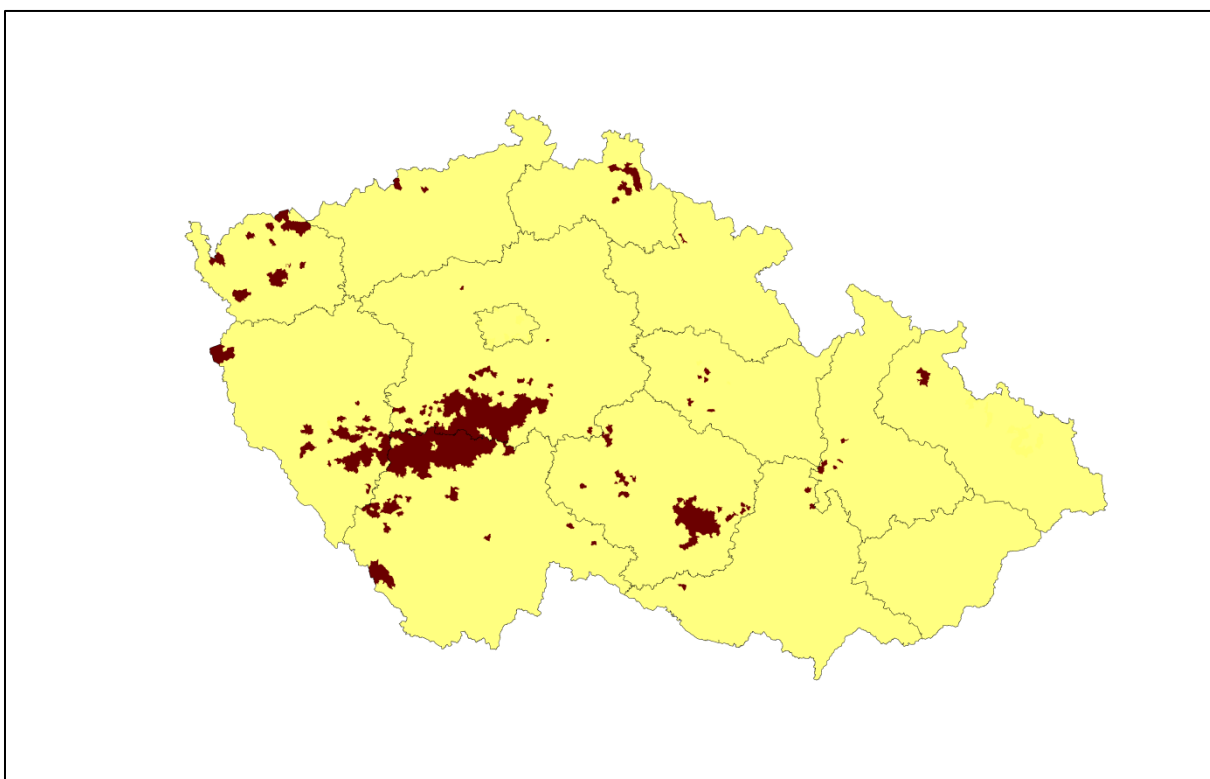
Obrázek 3. Obce s pravděpodobností překročení referenční úrovně rovnou 20 %.



Obrázek 4. Obce s pravděpodobností překročení referenční úrovně rovnou 30 %.



Obrázek 5. Obce s pravděpodobností překročení referenční úrovně rovnou 40 %.



Obrázek 6. Obce s pravděpodobností překročení referenční úrovně rovnou 50 %.

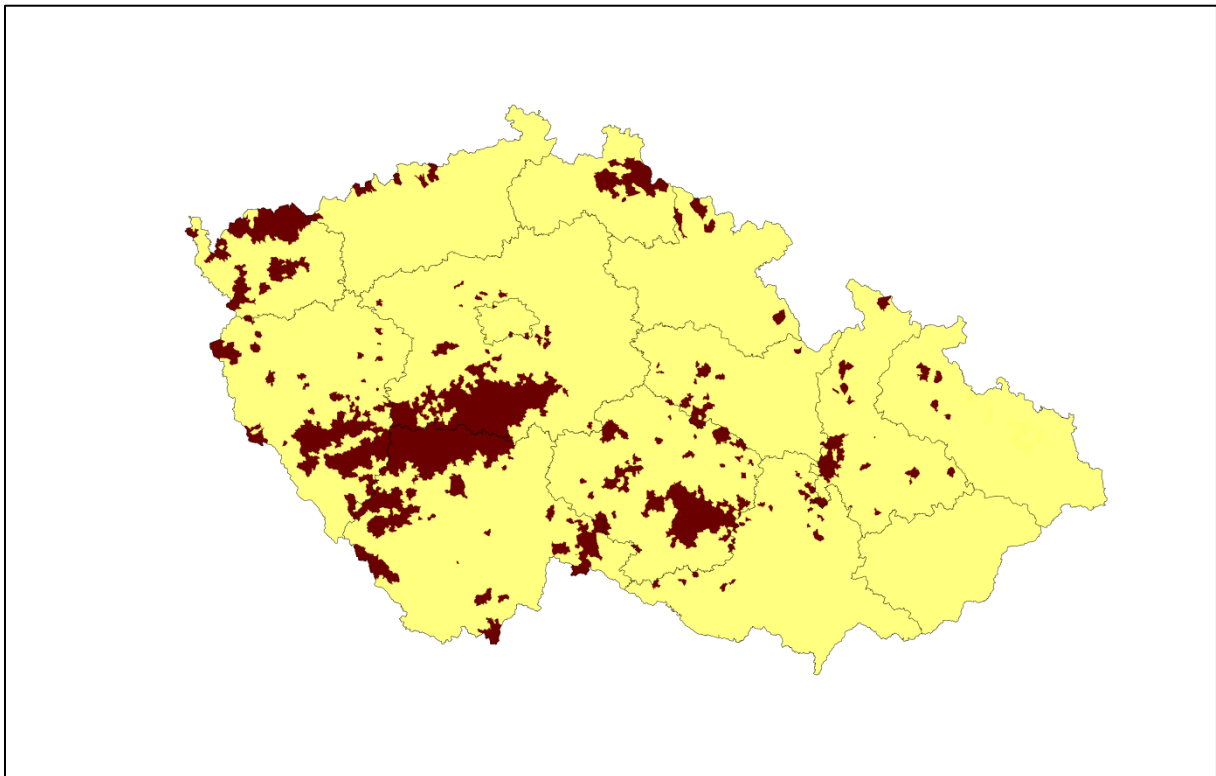
Příloha A - 10. Volba velikosti administrativní jednotky pro vymezení oblastí se zvýšeným radonovým indexem

Územní vymezení lokalit o určité vlastnosti vyžaduje existenci určitých přirozených nebo umělých „jednotek“ s jasně definovanými hranicemi. Tyto jednotky pak jasně definovaným postupem (výpočtem) jsou označeny jako pozitivní (nesoucí zkoumaný znak) nebo negativní (nemající zkoumanou vlastnost). Toto pravidlo platí pro určení oblastí se zvýšeným radonovým indexem.

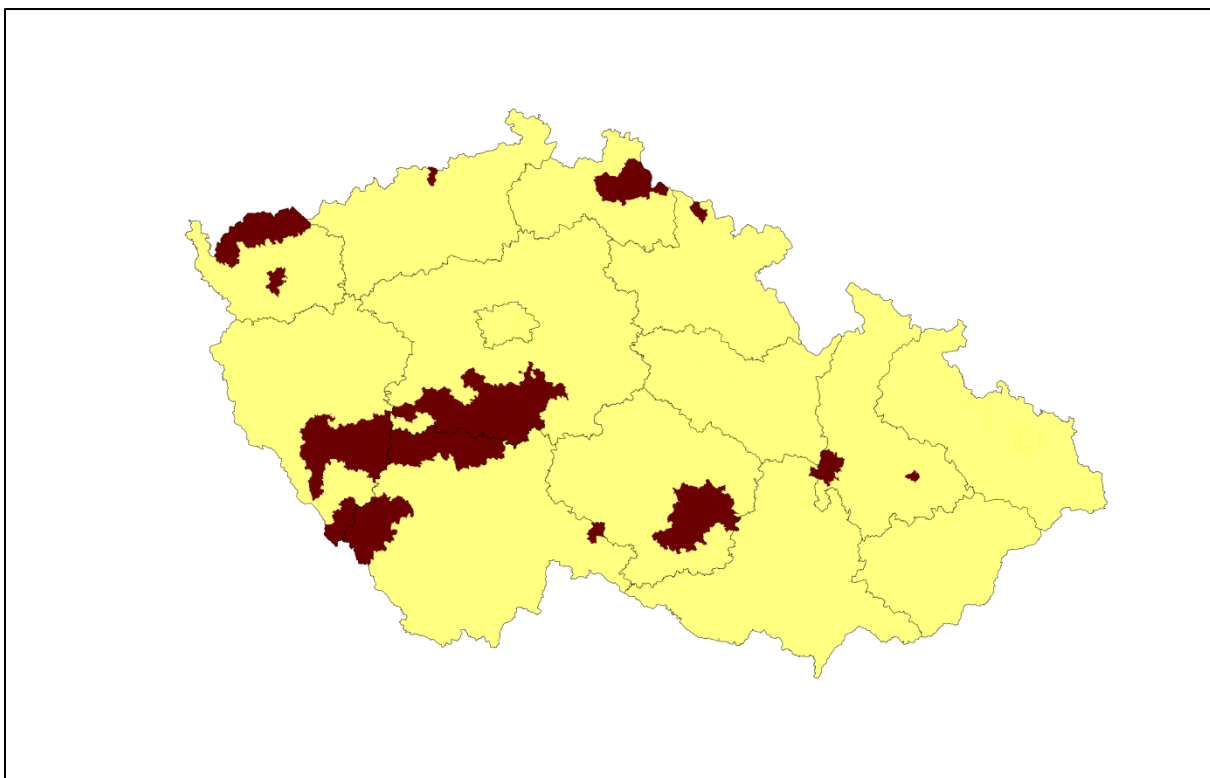
Jako tuto „jednotku“ si lze představit ortogonální síť s různou stranou čtverce nebo různě velké administrativní jednotky definované státním uspořádáním nebo výkonem státní správy. Z praktických důvodů (jasně definované hranice a snadná identifikovatelnost) byly v tomto případě vybrány administrativní jednotky. Z nich byly zvažovány následující (řazeno od nejmenší): katastry obcí, katastry územní působnosti stavebních úřadů, katastry obce s rozšířenou působností a území okresu.

Vzhledem ke snaze, aby regulace byla cílená a nezatěžovala subjekty, u nichž to není zdůvodněné, byla dána přednost obcím. Oblasti nebudou mít velkou plochu, a proto je méně pravděpodobné, že by docházelo k neodůvodněným měřením, protože by se součástí takto vymezeného území staly i lokality s nižším rizikem pronikání radonu z podloží. U obcí existuje rovněž výhoda kompaktnosti a možnosti komunikace se samosprávou, která má dostatečný přehled o ekonomických aktivitách v obci.

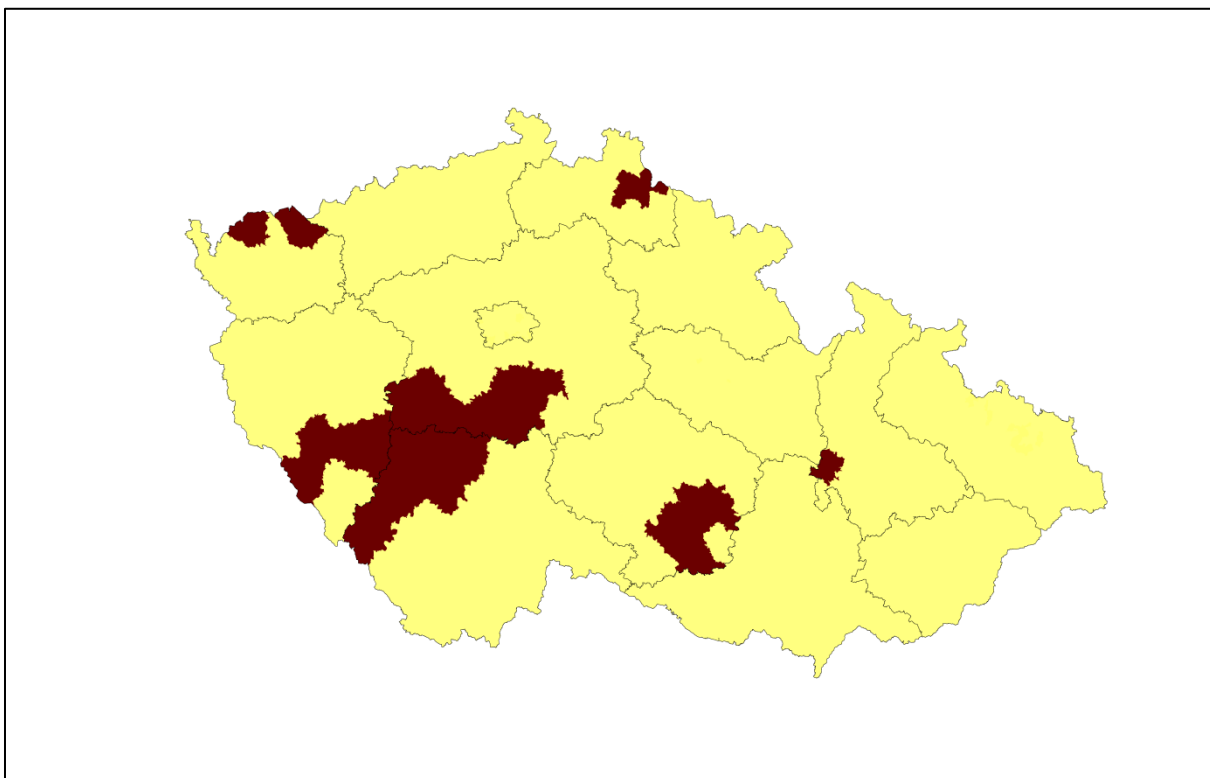
Na obrázcích 7 - 10 je vidět, jak jsou tvar a rozložení oblastí se zvýšeným radonovým indexem ovlivněny volbou velikosti administrativní jednotky, na jejímž základě jsou vymezeny. Pro tuto demonstraci byly využity mapy se zvolenou 30-procentní diskriminační úrovní pravděpodobnosti překročení referenční hodnoty.



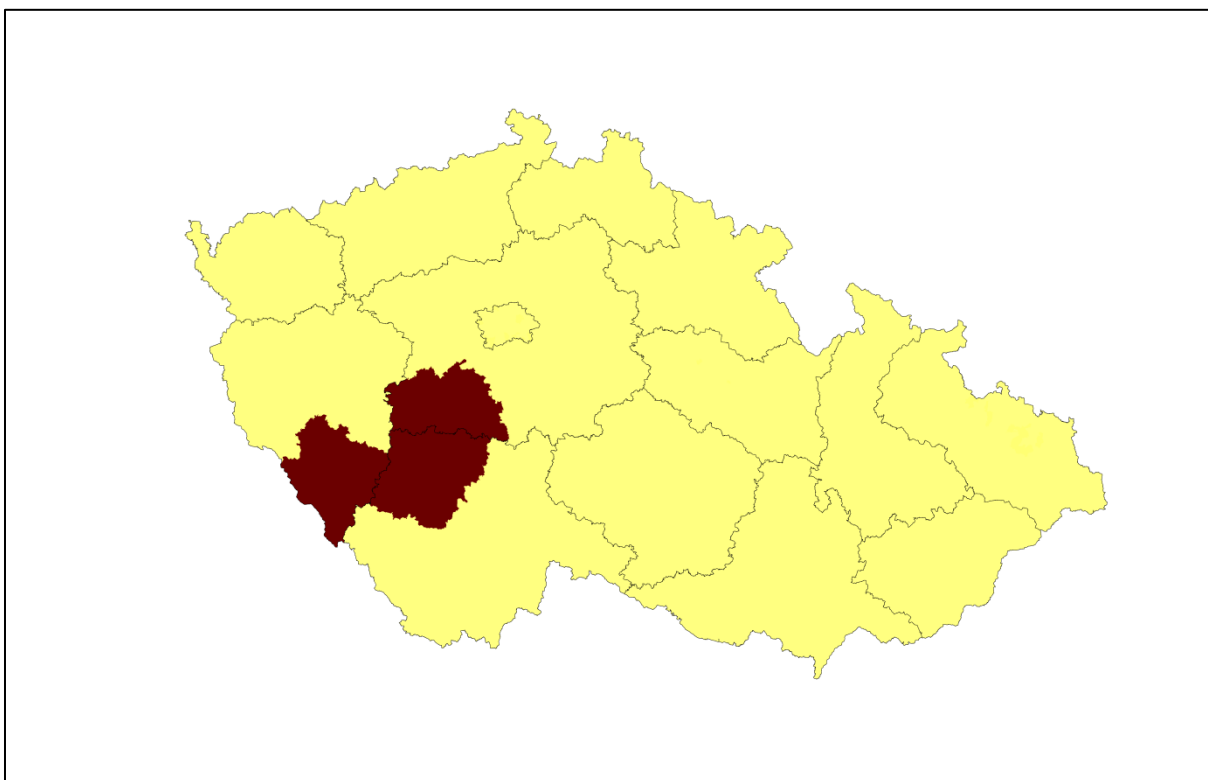
Obrázek 7. Obce s pravděpodobností překročení referenční úrovně rovnou 30 %.



Obrázek 8. Obce se stavebním úřadem s pravděpodobností překročení referenční úrovně rovnou 30 %.



Obrázek 9. Obce s rozšířenou působností s pravděpodobností překročení referenční úrovně rovnou 30 %.



Obrázek 10. Okresy s pravděpodobností překročení referenční úrovně rovnou 30 %.

Příloha A - 11. Mapa radon-prone areas pro pracoviště

Na základě výše uvedených rozvah, odhadů a popsaného modelu byly v České republice vytýčeny oblasti se zvýšenou pravděpodobností překročení referenční úrovně. Jejich znázornění v mapě je uvedeno na obrázku 7.

Příloha B: Seznam vybraných obcí

Zkratky použité v tabulce mají následující význam:

RIA - radonový index obce charakterizující pravděpodobnost překročení referenční úrovně 300 Bq/m³ na pracovištích

P (OAR > 300) - pravděpodobnost překročení referenční úrovně 300 Bq/m³ na pracovištích v obci (v procentech)

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
VRCHOTOVY JANOVICE	Benešov	1,98	94,45
VOJKOV	Benešov	1,97	93,08
TOMICE	Benešov	1,87	73,79
OLBRAMOVICE	Benešov	1,83	67,36
POSTUPICE	Benešov	1,81	64,91
VOTICE	Benešov	1,81	64,51
BUKOVANY	Benešov	1,80	62,58
STRANNÝ	Benešov	1,77	58,24
MRAČ	Benešov	1,75	56,40
BYSTRICE	Benešov	1,74	55,09
TISEM	Benešov	1,73	53,43
ČAKOV	Benešov	1,73	53,12
CHOTÝŠANY	Benešov	1,72	52,50
LITICHOVICE	Benešov	1,72	52,44
HEŘMANIČKY	Benešov	1,70	50,34
KŘEČOVICE	Benešov	1,70	49,81
VÁCLAVICE	Benešov	1,69	48,56
VELIŠ	Benešov	1,65	44,61
MARŠOVICE	Benešov	1,64	43,64
NEVEKLOV	Benešov	1,64	43,15
TEPLÝŠOVICE	Benešov	1,60	40,00
TŘEBEŠICE	Benešov	1,59	38,76
STRUHAŘOV	Benešov	1,59	38,61
DIVIŠOV	Benešov	1,56	36,36
BÍLKOVICE	Benešov	1,53	34,20
STŘEZIMÍŘ	Benešov	1,51	32,46
SMILKOV	Benešov	1,51	32,03
BENEŠOV	Benešov	1,50	31,97
OSTŘEDEK	Benešov	1,50	31,87
POPOVICE	Benešov	1,50	31,69
LIBOMYŠL	Beroun	1,68	47,40
MÁLKOV	Beroun	1,62	41,28
SUCHOMASTY	Beroun	1,61	40,53
MĚŇANY	Beroun	1,56	36,62
KORNO	Beroun	1,52	32,98
BYKOŠ	Beroun	1,52	32,74

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
KONĚPRUSY	Beroun	1,49	31,16
TMAŇ	Beroun	1,49	31,06
HOLŠTEJN	Blansko	1,84	69,29
VELENOV	Blansko	1,73	53,83
BUKOVINA	Blansko	1,66	45,48
SLOUP	Blansko	1,57	36,79
SUDICE	Blansko	1,56	36,69
KRASOVÁ	Blansko	1,50	31,86
ŽDÁRNÁ	Blansko	1,50	31,78
NĚMČICE	Blansko	1,48	30,46
TIŠNOVSKÁ NOVÁ VES	Brno - venkov	1,94	87,95
KUŘIMSKÁ NOVÁ VES	Brno - venkov	1,75	56,65
HORNÍ LOUČKY	Brno - venkov	1,72	52,18
ŘIKONÍN	Brno - venkov	1,71	50,78
LOMNIČKA	Brno - venkov	1,70	49,79
ŽDÁREC	Brno - venkov	1,69	48,74
KATOV	Brno - venkov	1,68	48,17
VŠECHOVICE	Brno - venkov	1,68	47,41
BRANIŠKOV	Brno - venkov	1,67	46,77
LESNÍ HLUBOKÉ	Brno - venkov	1,57	36,90
ÚJEZD U TIŠNOVA	Brno - venkov	1,56	36,70
STANOVIŠTĚ	Brno - venkov	1,53	34,21
LUBNÉ	Brno - venkov	1,52	33,28
KETKOVICE	Brno - venkov	1,48	30,24
ŠIROKÁ NIVA	Bruntál	1,75	56,73
ZÁTOR	Bruntál	1,60	39,88
LESKOVEC NAD MORAVICÍ	Bruntál	1,59	38,50
VITÍN	České Budějovice	1,75	56,84
HRADCE	České Budějovice	1,70	49,90
ŽÁR	České Budějovice	1,58	37,95
SLAVČE	České Budějovice	1,52	33,13
POHORSKÁ VES	Český Krumlov	1,58	37,76
SOBĚNOV	Český Krumlov	1,58	37,64
BESEDNICE	Český Krumlov	1,49	30,89
KANIČKY	Domažlice	1,74	54,91
TRHANOV	Domažlice	1,61	40,53
ČESKÁ KUBICE	Domažlice	1,58	38,33
CHODOV	Domažlice	1,56	36,24
ÚSILOV	Domažlice	1,53	33,82
BABYLON	Domažlice	1,53	33,79
MEZHOLEZY (DŘÍVE OKRES DOMAŽLICE)	Domažlice	1,53	33,69
NOVÁ VES	Domažlice	1,51	32,71
HORNÍ PASEKA	Havlíčkův Brod	1,88	75,49
KOUTY	Havlíčkův Brod	1,86	72,50
BOJIŠTĚ	Havlíčkův Brod	1,70	50,49
ÚSOBÍ	Havlíčkův Brod	1,66	45,39

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
DOLNÍ MĚSTO	Havlíčkův Brod	1,64	43,67
DOLNÍ SOKOLOVEC	Havlíčkův Brod	1,62	41,90
KAMENNÁ LHOTA	Havlíčkův Brod	1,62	41,59
TRPIŠOVICE	Havlíčkův Brod	1,61	41,07
POHLED	Havlíčkův Brod	1,56	36,68
RUŠINOV	Havlíčkův Brod	1,52	33,42
LIPNICE NAD SÁZAVOU	Havlíčkův Brod	1,49	31,15
SKALNÁ	Cheb	1,79	60,98
VOJTANOV	Cheb	1,77	59,23
DOLNÍ ŽANDOV	Cheb	1,74	54,80
PRAMENY	Cheb	1,67	46,81
VALY	Cheb	1,65	44,26
POUSTKA	Cheb	1,60	40,24
KŘÍŽOVATKA	Cheb	1,58	38,21
KRÁSNÁ	Cheb	1,56	36,52
MILÍKOV	Cheb	1,55	35,66
STARÁ VODA	Cheb	1,52	33,01
PLESNÁ	Cheb	1,49	31,15
KALEK	Chomutov	1,70	49,58
LOUČNÁ	Chomutov	1,63	42,26
ZÁJEZDEC	Chrudim	2,15	142,13
PŘESTAVLKY	Chrudim	2,13	133,77
POKŘIKOV	Chrudim	1,86	72,44
CTĚTÍN	Chrudim	1,85	71,55
ČANKOVICE	Chrudim	1,78	60,20
BOŘICE	Chrudim	1,73	54,31
NABOČANY	Chrudim	1,71	51,80
HONBICE	Chrudim	1,70	49,81
RANÁ	Chrudim	1,64	44,01
BÍTOVANY	Chrudim	1,61	40,62
VOJTĚCHOV	Chrudim	1,61	40,45
STUDNICE	Chrudim	1,61	40,32
VÍTANOV	Chrudim	1,60	39,80
DOLNÍ BEZDĚKOV	Chrudim	1,58	38,27
VORTOVÁ	Chrudim	1,58	37,98
LEŠTINKA	Chrudim	1,57	36,92
JENIŠOVICE	Chrudim	1,56	36,66
JENÍKOV	Chrudim	1,56	36,29
PROSETÍN	Chrudim	1,56	36,18
TRHOVÁ KAMENICE	Chrudim	1,55	35,25
HROCHŮV TÝNEC	Chrudim	1,53	33,78
ÚHŘETICE	Chrudim	1,52	33,07
HLINSKO	Chrudim	1,51	32,57
VYŽICE	Chrudim	1,49	31,22
TROJOVICE	Chrudim	1,49	30,69
RÁDLO	Jablonec nad Nisou	1,86	72,84

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
JANOV NAD NISOU	Jablonec nad Nisou	1,76	57,36
ALBRECHTICE v JIZERSKÝCH HORÁCH	Jablonec nad Nisou	1,73	53,71
LUČANY NAD NISOU	Jablonec nad Nisou	1,71	51,81
NOVÁ VES NAD NISOU	Jablonec nad Nisou	1,70	49,80
SMRŽOVKA	Jablonec nad Nisou	1,68	47,72
MARŠOVICE	Jablonec nad Nisou	1,67	46,71
KOŘENOV	Jablonec nad Nisou	1,65	44,95
DALEŠICE	Jablonec nad Nisou	1,63	42,88
DESNÁ	Jablonec nad Nisou	1,60	39,75
JOSEFŮV DŮL	Jablonec nad Nisou	1,57	36,84
VELKÁ KRAŠ	Jeseník	1,61	41,20
KOBYLÁ NAD VIDNAVKOU	Jeseník	1,53	33,59
MIROŠOV	Jihlava	1,66	46,05
CEJLE	Jihlava	1,83	67,84
BÍLÝ KÁMEN	Jihlava	1,82	66,68
JEŽENÁ	Jihlava	1,80	63,33
ZBILIDY	Jihlava	1,78	59,97
DUDÍN	Jihlava	1,77	58,78
ŘÍDELOV	Jihlava	1,67	46,61
KLATOVEC	Jihlava	1,67	46,55
ŠIMANOV	Jihlava	1,63	42,91
OLŠÍ	Jihlava	1,63	42,75
JERSÍN	Jihlava	1,61	41,08
KAMENICE	Jihlava	1,61	41,01
MRÁKOTÍN	Jihlava	1,60	39,84
KNÍNICE	Jihlava	1,60	39,62
MILÍČOV	Jihlava	1,59	38,90
HUBENOV	Jihlava	1,56	36,31
PUKLICE	Jihlava	1,55	35,37
KALIŠTĚ	Jihlava	1,55	35,35
OPATOV	Jihlava	1,54	34,66
VĚTRNÝ JENÍKOV	Jihlava	1,53	33,97
SMRČNÁ	Jihlava	1,51	32,70
BRTNICE	Jihlava	1,48	30,40
HEŘMANEČ	Jindřichův Hradec	1,80	62,45
BEDNÁREC	Jindřichův Hradec	1,75	55,75
KUNŽAK	Jindřichův Hradec	1,62	41,90
STUDENÁ	Jindřichův Hradec	1,59	38,63
ČÍMĚŘ	Jindřichův Hradec	1,57	37,42
STRMILOV	Jindřichův Hradec	1,54	34,74
STARÉ MĚSTO POD LANDŠTEJNEM	Jindřichův Hradec	1,52	33,21
LODHÉŘOV	Jindřichův Hradec	1,51	32,30
ČESKÝ RUDOLEC	Jindřichův Hradec	1,51	32,12
HORNÍ NĚMČICE	Jindřichův Hradec	1,50	31,96
JÁCHYMOV	Karlovy Vary	1,96	90,94
ABERTAMY	Karlovy Vary	1,82	66,40

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
BŘEZOVÁ	Karlovy Vary	1,79	61,77
ČERNAVA	Karlovy Vary	1,79	61,63
ANDĚLSKÁ HORA	Karlovy Vary	1,75	55,98
PERNINK	Karlovy Vary	1,73	53,58
TEPLIČKA	Karlovy Vary	1,72	52,79
VYSOKÁ PEC	Karlovy Vary	1,72	52,73
POTŮČKY	Karlovy Vary	1,70	50,64
NOVÉ HAMRY	Karlovy Vary	1,64	43,64
MERKLÍN	Karlovy Vary	1,63	42,85
PILA	Karlovy Vary	1,62	41,69
HORNÍ BLATNÁ	Karlovy Vary	1,61	40,87
DĚPOLTovice	Karlovy Vary	1,58	38,18
STRUŽNÁ	Karlovy Vary	1,58	37,67
SMOLNÉ PECE	Karlovy Vary	1,57	36,84
BOŽÍ DAR	Karlovy Vary	1,56	36,36
NEJDEK	Karlovy Vary	1,55	35,41
HROZNĚTÍN	Karlovy Vary	1,54	34,62
KOLOVÁ	Karlovy Vary	1,52	33,06
STANOVICE	Karlovy Vary	1,51	32,05
JEMNÍKY	Kladno	1,82	65,66
MALÉ PŘÍTOČNO	Kladno	1,61	40,51
TŘEBICOVICE	Kladno	1,59	38,71
KVÁŠŇOVICE	Klatovy	1,99	97,79
MAŇOVICE	Klatovy	1,92	83,84
SLATINA	Klatovy	1,91	81,61
OSTŘETICE	Klatovy	1,89	78,15
ZBOROVY	Klatovy	1,86	73,05
ČÍHAŇ	Klatovy	1,86	72,52
DLAŽOV	Klatovy	1,85	71,22
BĚHAŘOV	Klatovy	1,85	70,90
DOMORAZ	Klatovy	1,85	70,78
ZAVLEKOV	Klatovy	1,84	69,08
OLŠANY	Klatovy	1,83	67,58
HNAČOV	Klatovy	1,83	67,06
MYSLÍV	Klatovy	1,82	66,13
KOVČÍN	Klatovy	1,80	63,68
BUKOVNÍK	Klatovy	1,80	63,46
BŘEŽANY	Klatovy	1,80	62,78
CHANOVICE	Klatovy	1,80	62,60
PAČEJOV	Klatovy	1,80	62,52
NALŽOVSKÉ HORY	Klatovy	1,79	62,12
TUŽICE	Klatovy	1,78	60,52
BEZDĚKOV	Klatovy	1,78	60,30
CHLISTOV	Klatovy	1,78	59,83
SVĚRADICE	Klatovy	1,76	57,26
MĚČÍN	Klatovy	1,75	55,79

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
CHUDENICE	Klatovy	1,70	50,17
NEZAMYSLICE	Klatovy	1,70	49,68
LOMEC	Klatovy	1,69	49,13
POLEŇ	Klatovy	1,66	45,56
KOLINEC	Klatovy	1,66	45,48
VELKÝ BOR	Klatovy	1,66	45,39
ČERNÍKOV	Klatovy	1,65	44,50
MALÝ BOR	Klatovy	1,62	42,13
KAŠPERSKÉ HORY	Klatovy	1,59	38,94
PŘEDSLAV	Klatovy	1,58	37,87
MYSLOVICE	Klatovy	1,58	37,71
DOBRŠÍN	Klatovy	1,57	37,27
ČÍMICE	Klatovy	1,57	37,23
TÝNEC	Klatovy	1,56	36,24
FRYMBURK	Klatovy	1,56	36,11
MOKROSUKY	Klatovy	1,54	35,02
HRADEŠICE	Klatovy	1,54	34,81
BOLEŠINY	Klatovy	1,54	34,45
HRÁDEK	Klatovy	1,54	34,43
ŽICHOVICE	Klatovy	1,53	33,70
DEŠENICE	Klatovy	1,52	33,39
SOBĚŠICE	Klatovy	1,52	33,21
JANOVICE NAD ÚHLAVOU	Klatovy	1,52	33,14
DOLANY	Klatovy	1,51	32,64
KLATOVY	Klatovy	1,50	31,88
STRÁŽOV	Klatovy	1,50	31,70
MASOJEDY	Kolín	1,80	63,11
PŘIŠIMASY	Kolín	1,68	47,59
HRADEŠÍN	Kolín	1,63	42,58
OLDŘICHOV v HÁJÍCH	Liberec	1,88	75,98
HEJNICE	Liberec	1,75	56,35
STRÁŽ NAD NISOU	Liberec	1,66	46,18
BÍLÝ POTOK	Liberec	1,60	39,36
LIBEREC	Liberec	1,54	34,60
KLÍNY	Most	1,75	56,39
TĚŠETICE	Olomouc	1,70	49,58
DASKABÁT	Olomouc	1,63	42,18
STRUKOV	Olomouc	1,60	40,06
VELKÝ ÚJEZD	Olomouc	1,56	36,57
BOUZOV	Olomouc	1,52	32,81
LUKÁ	Olomouc	1,48	30,14
NOVÉ LUBLICE	Opava	1,55	35,26
HOLOTÍN	Pardubice	1,69	49,10
JANKOV	Pelhřimov	1,90	80,24
KALIŠTĚ	Pelhřimov	1,78	60,18
ÚSTRAŠÍN	Pelhřimov	1,73	54,18

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
KOBEROVICE	Pelhřimov	1,63	42,23
HOJANOVICE	Pelhřimov	1,55	35,87
PROSEČ	Pelhřimov	1,55	35,21
NOVÝ RYCHNOV	Pelhřimov	1,54	35,03
VESELÁ	Pelhřimov	1,52	33,50
LETY	Písek	1,98	96,03
JICKOVICE	Písek	1,97	94,05
NERESTCE	Písek	1,97	94,04
PŘEBOROV	Písek	1,97	93,56
HRAZANY	Písek	1,96	90,98
MIŠOVICE	Písek	1,95	88,90
PŘEŠTĚNICE	Písek	1,93	85,87
ZBELÍTOV	Písek	1,93	85,50
RAKOVICE	Písek	1,92	82,27
PŘEDOTICE	Písek	1,91	81,97
VLKSICE	Písek	1,91	81,37
HOROSEDLY	Písek	1,91	80,44
ORLÍK NAD VLTAVOU	Písek	1,90	80,11
KOSTELEČ NAD VLTAVOU	Písek	1,90	78,93
MINICE	Písek	1,90	78,74
CERHONICE	Písek	1,89	78,10
PASEKY	Písek	1,89	78,01
HREJKOVICE	Písek	1,89	76,77
KOVÁŘOV	Písek	1,88	76,38
MIROVICE	Písek	1,88	75,05
OSEK	Písek	1,87	74,80
VARVAŽOV	Písek	1,86	73,23
KRÁLOVA LHOTA	Písek	1,86	72,97
SMETANOVA LHOTA	Písek	1,86	72,49
NEVĚZICE	Písek	1,85	71,13
VRÁŽ	Písek	1,85	70,29
KOŽLÍ	Písek	1,84	69,94
PROBULOV	Písek	1,84	69,86
OSTROVEC	Písek	1,84	69,83
OKROUHLÁ	Písek	1,83	67,22
CHYŠKY	Písek	1,80	62,53
MYSLÍN	Písek	1,79	62,14
ZHOŘ	Písek	1,78	60,70
DRHOVLE	Písek	1,78	60,53
BRANICE	Písek	1,78	59,96
KVĚTOV	Písek	1,77	58,85
MIROTICE	Písek	1,76	57,89
ZVÍKOVSKÉ PODHRADÍ	Písek	1,76	57,00
TÁLÍN	Písek	1,75	56,40
MILEVSKO	Písek	1,74	55,11
BOUDY	Písek	1,73	53,10

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
OSLOV	Písek	1,72	52,26
KUČEŘ	Písek	1,71	51,48
VOJNÍKOV	Písek	1,69	48,57
ČÍŽOVÁ	Písek	1,68	48,17
KLUKY	Písek	1,64	43,16
DOBEV	Písek	1,61	41,13
VRCOVICE	Písek	1,58	37,90
STEHLOVICE	Písek	1,55	35,53
ALBRECHTICE NAD VLTAVOU	Písek	1,50	31,97
ČIMELICE	Písek	1,49	31,03
BOŽETICE	Písek	1,49	30,93
NEZDŘEV	Plzeň - jih	1,98	95,57
HRADIŠTĚ	Plzeň - jih	1,85	70,80
PRÁDLO	Plzeň - jih	1,82	65,62
TŘEBČICE	Plzeň - jih	1,81	64,91
VLČTEJN	Plzeň - jih	1,81	64,44
NEURAZY	Plzeň - jih	1,79	62,11
ŽDÍREC	Plzeň - jih	1,77	58,23
HORŠICE	Plzeň - jih	1,76	58,06
KASEJOVICE	Plzeň - jih	1,75	56,73
KLÁŠTER	Plzeň - jih	1,73	53,44
VRČEŇ	Plzeň - jih	1,70	50,07
NEPOMUK	Plzeň - jih	1,69	48,52
ÚNĚTICE	Plzeň - jih	1,68	48,21
HORNÍ LUKAVICE	Plzeň - jih	1,66	45,77
OSELCE	Plzeň - jih	1,63	42,24
NETUNICE	Plzeň - jih	1,62	41,65
PTENÍN	Plzeň - jih	1,61	40,51
NOVÉ MITROVICE	Plzeň - jih	1,61	40,35
MOHELNICE	Plzeň - jih	1,60	39,64
ČMELÍNÝ	Plzeň - jih	1,58	37,69
MÍŠOV	Plzeň - jih	1,58	37,67
JAROV	Plzeň - jih	1,57	37,45
NEKVASOVY	Plzeň - jih	1,57	36,94
KBEL	Plzeň - jih	1,56	36,63
SRBY	Plzeň - jih	1,55	35,57
TÝNIŠTĚ	Plzeň - jih	1,55	35,45
ŽINKOVY	Plzeň - jih	1,54	34,71
DRAHKOV	Plzeň - jih	1,53	34,04
HRADEC	Plzeň - jih	1,52	32,99
CHOCENICE	Plzeň - jih	1,50	31,93
DOLNÍ LUKAVICE	Plzeň - jih	1,48	30,22
LHŮTA	Plzeň - město	1,50	31,76
LOCHOUSICE	Plzeň - sever	1,56	36,47
BOHY	Plzeň - sever	1,55	35,40
DOLANY	Plzeň - sever	1,52	33,32

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
ŠEBEROV	Praha	1,50	31,76
LYSOLAJE	Praha	1,48	30,49
KOLOVRATY	Praha	1,48	30,42
ŠTÍHLICE	Praha - východ	1,66	46,00
LOUŇOVICE	Praha - východ	1,57	37,48
BABICE	Praha - východ	1,55	35,55
BŘEZÍ	Praha - východ	1,52	33,42
KLECANY	Praha - východ	1,51	32,13
TEHOVEC	Praha - východ	1,50	31,71
VYŽLOVKA	Praha - východ	1,48	30,49
BRATRŘÍNOV	Praha - západ	1,75	56,49
ŠTĚCHOVICE	Praha - západ	1,74	55,38
BOJANOVICE	Praha - západ	1,72	51,88
ČÍČOVICE	Praha - západ	1,62	41,65
SVRKYNĚ	Praha - západ	1,58	37,69
TRNOVÁ	Praha - západ	1,55	35,40
PETROV	Praha - západ	1,51	32,44
STOŽEC	Prachatice	1,77	59,26
VACOV	Prachatice	1,72	52,72
SVATÁ MAŘÍ	Prachatice	1,72	52,43
ZÁLEZLY	Prachatice	1,68	48,40
BOŠICE	Prachatice	1,68	47,39
LČOVICE	Prachatice	1,66	45,50
BUŠANOVICE	Prachatice	1,61	40,46
ŽELNAVA	Prachatice	1,61	40,30
STRÁŽNÝ	Prachatice	1,59	39,14
ÚJEZDEC	Prachatice	1,57	36,97
BOHUNICE	Prachatice	1,56	36,05
TVRZICE	Prachatice	1,55	35,11
ŠUMAVSKÉ HOŠTICE	Prachatice	1,54	34,84
RADHOSTICE	Prachatice	1,53	33,90
STACHY	Prachatice	1,50	31,95
VIMPERK	Prachatice	1,50	31,76
VRBICE	Prachatice	1,48	30,15
VLACHOVO BŘEZÍ	Prachatice	1,48	30,10
SKŘÍPOV	Prostějov	1,81	64,79
POLOMÍ	Prostějov	1,72	52,27
DZBEL	Prostějov	1,71	51,79
OCHOZ	Prostějov	1,71	51,37
LUDMÍROV	Prostějov	1,69	49,05
JESENEC	Prostějov	1,66	45,80
HAČKY	Prostějov	1,63	42,41
SUCHDOL	Prostějov	1,62	42,10
BUDĚTSKO	Prostějov	1,62	42,08
ŠUBÍŘOV	Prostějov	1,61	40,36
VINCENCOV	Prostějov	1,60	39,88

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
STRAŽISKO	Prostějov	1,60	39,68
BOHUSLAVICE	Prostějov	1,59	39,28
OTINOVES	Prostějov	1,57	37,08
RAKŮVKA	Prostějov	1,57	37,02
LIPOVÁ	Prostějov	1,56	36,39
BŘEZSKO	Prostějov	1,56	36,26
KONICE	Prostějov	1,53	34,04
ROZSTÁNÍ	Prostějov	1,52	33,27
BRODEK U KONICE	Prostějov	1,50	31,92
STŘÍTEŽ NAD LUDINOU	Přerov	1,60	40,11
LAZNÍČKY	Přerov	1,59	38,92
POLKOVICE	Přerov	1,52	33,42
LEŠETICE	Příbram	1,97	92,61
VŠEVILY	Příbram	1,97	92,58
DALEKÉ DUŠNÍKY	Příbram	1,96	91,30
ZALUŽANY	Příbram	1,95	88,62
CHRAŠTICE	Příbram	1,93	86,06
KOZÁROVICE	Příbram	1,93	85,60
KLUČENICE	Příbram	1,93	85,48
HÁJE	Příbram	1,93	84,97
RADÍČ	Příbram	1,93	84,94
ŠTĚTKOVICE	Příbram	1,92	82,95
OUBĚNICE	Příbram	1,91	80,57
OBORY	Příbram	1,90	80,30
PETROVICE	Příbram	1,89	78,52
DRÁSOV	Příbram	1,89	78,41
OSTROV	Příbram	1,89	77,31
DUBLOVICE	Příbram	1,88	76,46
SMOLOTELY	Příbram	1,88	76,45
VIŠŇOVÁ	Příbram	1,87	74,67
PŘÍČOVY	Příbram	1,86	71,87
ZDUCHOVICE	Příbram	1,86	71,66
SVATÝ JAN	Příbram	1,85	71,46
PROSENICKÁ LHOTA	Příbram	1,85	70,92
JABLONNÁ	Příbram	1,85	70,87
SEMLEC-PRČICE	Příbram	1,85	70,45
KRÁSNÁ HORA NAD VLTAVOU	Příbram	1,85	70,32
ŽUPANOVICE	Příbram	1,84	69,33
NEDRAHOVICE	Příbram	1,84	69,27
RADĚTICE	Příbram	1,82	66,39
STAROSEDLSKÝ HRÁDEK	Příbram	1,82	66,10
HUDČICE	Příbram	1,82	65,60
TŘEBSKO	Příbram	1,81	65,24
DOLNÍ HBITY	Příbram	1,81	64,05
POČEPICE	Příbram	1,81	64,05
VYSOKÝ CHLUMEC	Příbram	1,81	63,89

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
NARYSOV	Příbram	1,79	62,35
NALŽOVICE	Příbram	1,79	61,18
MILEŠOV	Příbram	1,78	60,28
NEČÍN	Příbram	1,78	59,75
DRAHENICE	Příbram	1,77	58,76
KŘEPENICE	Příbram	1,75	56,49
SEDLČANY	Příbram	1,75	56,10
KŇOVICE	Příbram	1,74	54,98
BEZDĚKOV POD TŘEMŠÍNEM	Příbram	1,73	54,18
MALÁ HRAŠTICE	Příbram	1,73	53,88
MODŘOVICE	Příbram	1,73	53,26
VĚŠÍN	Příbram	1,73	53,15
BOROTICE	Příbram	1,72	52,93
JESENICE	Příbram	1,72	52,85
KOSOVA HORA	Příbram	1,72	52,08
HŘIMĚŽDICE	Příbram	1,72	52,02
RYBNÍKY	Příbram	1,69	48,53
VRANČICE	Příbram	1,68	48,36
KAMÝK NAD VLTAVOU	Příbram	1,68	48,22
HLUBYNĚ	Příbram	1,68	47,82
NOVÉ DVORY	Příbram	1,68	47,78
OSEČANY	Příbram	1,67	46,89
KOUPĚ	Příbram	1,67	46,71
ČÍM	Příbram	1,66	46,21
STARÁ HUŤ	Příbram	1,65	44,47
VELKÁ LEČICE	Příbram	1,64	43,76
PEČICE	Příbram	1,63	42,70
NECHVALICE	Příbram	1,63	42,42
NOVÁ VES POD PLEŠÍ	Příbram	1,62	42,01
VRANOVICE	Příbram	1,62	41,39
KORKYNĚ	Příbram	1,61	40,59
CHRÁST	Příbram	1,60	40,06
HORČÁPSKO	Příbram	1,59	38,62
OBOŘIŠTĚ	Příbram	1,59	38,56
LHOTA U PŘÍBRAMĚ	Příbram	1,58	38,12
CHOTILSKO	Příbram	1,57	37,40
HVOŽDANY	Příbram	1,57	37,25
LÁZ	Příbram	1,56	36,55
VOLENICE	Příbram	1,54	34,58
DUBENEC	Příbram	1,52	32,95
PŘÍBRAM	Příbram	1,52	32,76
TĚCHAŘOVICE	Příbram	1,51	32,17
ROŽMITÁL POD TŘEMŠÍNEM	Příbram	1,49	31,01
VELKÁ CHMELIŠTNÁ	Rakovník	1,52	32,78
KAMENEC	Rokycany	1,59	39,27
KAKEJCOV	Rokycany	1,51	32,10

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
BŘEZINA	Rokycany	1,49	31,25
ZDOBNICE	Rychnov nad Kněžnou	1,67	46,50
HARRACHOV	Semily	1,63	42,56
PASEKY NAD JIZEROU	Semily	1,54	34,77
ROTAVA	Sokolov	1,75	56,66
KRÁSNO	Sokolov	1,75	55,90
HORNÍ SLAVKOV	Sokolov	1,71	50,76
KRASLICE	Sokolov	1,57	37,46
ŠINDELOVÁ	Sokolov	1,55	35,68
JINDŘICHOVICE	Sokolov	1,51	32,07
LOKET	Sokolov	1,50	31,90
KYNŠPERK NAD OHŘÍ	Sokolov	1,48	30,12
PŘEBUZ	Sokolov	1,48	30,03
DOUBRAVICE	Strakonice	1,98	96,36
LAŽANY	Strakonice	1,93	85,25
HLUPÍN	Strakonice	1,92	82,32
VACOVICE	Strakonice	1,91	81,99
HORNOSÍN	Strakonice	1,91	81,37
BEZDĚDOVICE	Strakonice	1,90	79,53
TCHOŘOVICE	Strakonice	1,89	78,17
UZENIČKY	Strakonice	1,89	77,77
SEDLICE	Strakonice	1,89	77,73
BRATRONICE	Strakonice	1,88	76,13
LAŽÁNKY	Strakonice	1,88	75,40
UZENICE	Strakonice	1,87	74,72
MEČICHOV	Strakonice	1,87	74,31
DRÁŽOV	Strakonice	1,87	73,55
ČESTICE	Strakonice	1,83	68,07
LOM	Strakonice	1,83	67,11
BUZICE	Strakonice	1,83	66,95
VELKÁ TURNÁ	Strakonice	1,82	66,72
BŘEZÍ	Strakonice	1,81	64,00
CHOBOT	Strakonice	1,80	63,72
TŘEBOHOSTICE	Strakonice	1,80	63,00
BĚLČICE	Strakonice	1,79	62,31
CHRÁŠŤOVICE	Strakonice	1,79	61,89
ZÁBOŘÍ	Strakonice	1,79	61,85
ČEČELOVICE	Strakonice	1,78	60,63
HAJANY	Strakonice	1,78	60,57
MILOŇOVICE	Strakonice	1,78	59,68
MAČKOV	Strakonice	1,77	59,39
CHLUM	Strakonice	1,76	57,92
KADOV	Strakonice	1,75	56,12
VOLYNĚ	Strakonice	1,75	56,09
BLATNÁ	Strakonice	1,75	55,81
MYŠTICE	Strakonice	1,74	55,40

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
ŠKVOŘETICE	Strakonice	1,73	53,92
LIBĚTICE	Strakonice	1,73	53,37
PŘEDNÍ ZBOROVICE	Strakonice	1,72	52,62
NIHOŠOVICE	Strakonice	1,72	52,36
PŘEDMÍŘ	Strakonice	1,70	50,05
ÚLEHLE	Strakonice	1,69	49,44
STRUNKOVICE NAD VOLYŇKOU	Strakonice	1,69	48,63
LNÁŘE	Strakonice	1,67	47,07
PŘECHOVICE	Strakonice	1,67	46,37
DŘEŠÍN	Strakonice	1,66	45,47
HOSLOVICE	Strakonice	1,66	45,34
NOVÁ VES	Strakonice	1,65	45,05
PŘEDSLAVICE	Strakonice	1,65	44,26
JINÍN	Strakonice	1,64	44,11
SOUSEDOVICE	Strakonice	1,64	43,88
NĚMČICE	Strakonice	1,64	43,65
PŘEŠŤOVICE	Strakonice	1,63	43,02
STOŽICE	Strakonice	1,63	42,42
NĚMĚTICE	Strakonice	1,62	41,54
KOCELOVICE	Strakonice	1,61	41,06
STRAŠICE	Strakonice	1,55	35,56
KRAJNÍČKO	Strakonice	1,55	35,34
ČEPŘOVICE	Strakonice	1,55	35,34
HÁJEK	Strakonice	1,54	34,78
KUŘIMANY	Strakonice	1,51	32,44
MĚKYNEC	Strakonice	1,51	32,42
NEBŘEHOVICE	Strakonice	1,51	32,40
STŘELSKÉ HOŠTICE	Strakonice	1,50	31,94
KRTY-HRADEC	Strakonice	1,50	31,30
TŘEŠOVICE	Strakonice	1,50	31,30
MNICHOV	Strakonice	1,49	30,88
NIŠOVICE	Strakonice	1,48	30,02
BŘEZINY	Svitavy	1,60	40,11
HARTINKOV	Svitavy	1,49	31,08
PALONÍN	Šumperk	1,77	58,81
BLUDOV	Šumperk	1,65	44,83
BOHDÍKOV	Šumperk	1,58	37,76
POSTŘELMŮVEK	Šumperk	1,53	33,51
KOPŘIVNÁ	Šumperk	1,52	33,19
BRNÍČKO	Šumperk	1,49	30,97
NADĚJKOV	Tábor	1,75	55,84
BOROTÍN	Tábor	1,71	51,20
RADKOV	Tábor	1,65	44,45
DRAŽIČKY	Tábor	1,61	41,08
SVRABOV	Tábor	1,58	37,88
JISTEBNICE	Tábor	1,54	34,64

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
OPAŘANY	Tábor	1,53	34,19
LESNÁ	Tachov	1,72	52,15
TISOVÁ	Tachov	1,64	43,35
HOŠŤKA	Tachov	1,62	41,30
BROD NAD TICHOU	Tachov	1,53	33,91
STARÉ SEDLO	Tachov	1,51	32,05
ZADNÍ CHODOV	Tachov	1,48	30,03
JENÍKOV	Teplice	1,77	58,38
DUBÍ	Teplice	1,69	48,94
HROB	Teplice	1,62	41,94
PROBOŠTOV	Teplice	1,51	32,00
KLÁŠTERSKÁ LHOTA	Trutnov	1,93	85,93
KUNČICE NAD LABEM	Trutnov	1,82	65,86
VRCHLABÍ	Trutnov	1,56	36,52
PEC POD SNĚŽKOU	Trutnov	1,51	32,18
MLADÉ BUKY	Trutnov	1,49	30,80
VLČATÍN	Třebíč	1,99	97,96
PŘECKOV	Třebíč	1,99	97,93
HROZNATÍN	Třebíč	1,99	97,77
NÁRAMEČ	Třebíč	1,98	95,41
HODOV	Třebíč	1,98	94,79
PYŠEL	Třebíč	1,97	93,89
HORNÍ HEŘMANICE	Třebíč	1,97	93,17
ROHY	Třebíč	1,96	91,00
ZAHRÁDKA	Třebíč	1,96	90,58
KAMENNÁ	Třebíč	1,95	89,60
BUDIŠOV	Třebíč	1,95	88,37
KLUČOV	Třebíč	1,93	85,97
STUDNICE	Třebíč	1,93	85,59
BOCHOVICE	Třebíč	1,93	85,22
TRNAVA	Třebíč	1,91	81,78
OKŘEŠICE	Třebíč	1,90	79,73
SLAVIČKY	Třebíč	1,89	78,39
BENETICE	Třebíč	1,89	77,77
PETRŮVKY	Třebíč	1,88	75,76
RUDÍKOV	Třebíč	1,88	75,01
HORNÍ VILÉMOVICE	Třebíč	1,87	74,81
NOVÝ TELEČKOV	Třebíč	1,87	74,18
VALDÍKOV	Třebíč	1,85	71,04
ČIKOV	Třebíč	1,83	68,36
KOJATÍN	Třebíč	1,83	68,06
ČÍMĚŘ	Třebíč	1,81	64,36
OSTAŠOV	Třebíč	1,79	62,11
VLADISLAV	Třebíč	1,79	61,52
NALOUČANY	Třebíč	1,73	53,63
POZDATÍN	Třebíč	1,73	53,54

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
SVATOSLAV	Třebíč	1,70	50,33
SMRK	Třebíč	1,70	49,84
OCMANICE	Třebíč	1,69	49,12
RAPOTICE	Třebíč	1,69	49,06
JASENICE	Třebíč	1,68	48,26
KOŽICHOVICE	Třebíč	1,66	45,95
TŘEBÍČ	Třebíč	1,62	42,10
STŘÍTEŽ	Třebíč	1,62	41,73
BRANSOUZE	Třebíč	1,59	38,62
DOLNÍ VILÉMOVICE	Třebíč	1,58	38,43
MIKULOVICE	Třebíč	1,55	35,27
LIPNÍK	Třebíč	1,54	34,96
KRALICE NAD OSLAVOU	Třebíč	1,51	32,45
HLUBOKÉ	Třebíč	1,50	31,69
HORNÍ ÚJEZD	Třebíč	1,50	31,47
STAŘEČ	Třebíč	1,48	30,36
PASTVINY	Ústí nad Orlicí	1,53	34,19
OLŠANY	Vyškov	1,62	41,43
PODOMÍ	Vyškov	1,53	33,99
BOSKOVŠTEJN	Znojmo	1,71	51,40
CHVALATICE	Znojmo	1,60	39,95
PETROVICE	Znojmo	1,52	33,02
SLATINA	Znojmo	1,49	30,60
SKALICE	Znojmo	1,48	30,19
BALINY	Žďár nad Sázavou	2,00	99,74
OSOVÉ	Žďár nad Sázavou	2,00	99,05
OSLAVICE	Žďár nad Sázavou	1,99	96,85
OSLAVIČKA	Žďár nad Sázavou	1,99	96,68
DOLNÍ HEŘMANICE	Žďár nad Sázavou	1,98	94,79
UHŘÍNOV	Žďár nad Sázavou	1,95	89,27
TASOV	Žďár nad Sázavou	1,93	85,45
CHLUMEK	Žďár nad Sázavou	1,92	83,81
OTÍN	Žďár nad Sázavou	1,92	83,37
PETRÁVEČ	Žďár nad Sázavou	1,91	81,77
HORNÍ RADSLAVICE	Žďár nad Sázavou	1,88	75,97
BŘEZSKÉ	Žďár nad Sázavou	1,87	74,14
VLKOV	Žďár nad Sázavou	1,78	60,91
OŘECHOV	Žďár nad Sázavou	1,76	58,14
STRÁNECKÁ ZHOŘ	Žďár nad Sázavou	1,75	55,73
JABLOŇOV	Žďár nad Sázavou	1,70	50,50
HAMRY NAD SÁZAVOU	Žďár nad Sázavou	1,70	49,74
NOVÉ SADY	Žďár nad Sázavou	1,67	46,94
VELKÉ MEZIŘÍČÍ	Žďár nad Sázavou	1,66	45,41
MEZIŘÍČKO	Žďár nad Sázavou	1,65	45,17
SÁZAVA	Žďár nad Sázavou	1,65	44,43
PAVLÍNOV	Žďár nad Sázavou	1,61	41,15

NÁZEV OBCE	OKRES	RIA	P (OAR>300)
DAŇKOVICE	Žďár nad Sázavou	1,61	40,50
BŘEZÍ	Žďár nad Sázavou	1,60	39,54
KŘIŽÁNKY	Žďár nad Sázavou	1,59	38,59
MĚŘÍN	Žďár nad Sázavou	1,58	37,88
KŘÍDLA	Žďár nad Sázavou	1,58	37,77
JIMRAMOV	Žďár nad Sázavou	1,58	37,64
KRÁSNÉ	Žďár nad Sázavou	1,57	37,47
NOVÝ JIMRAMOV	Žďár nad Sázavou	1,57	37,07
ZÁBLATÍ	Žďár nad Sázavou	1,55	35,54
VÍR	Žďár nad Sázavou	1,55	35,19
RUDA	Žďár nad Sázavou	1,54	34,73
SKŘINÁŘOV	Žďár nad Sázavou	1,51	32,46
VELKÁ BÍTEŠ	Žďár nad Sázavou	1,50	31,54
KADOV	Žďár nad Sázavou	1,49	31,03
SNĚŽNÉ	Žďár nad Sázavou	1,48	30,50
VĚCHNOV	Žďár nad Sázavou	1,48	30,48
KARLOV	Žďár nad Sázavou	1,48	30,25
PÍSEČNÉ	Žďár nad Sázavou	1,48	30,01