

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

---



**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Diagnostika a hodnocení geofaktorů pro účely  
organizace a využití půdního fondu a stabilizace krajiny**

**RNDr. Stanislav Škoda**

---

**2009**

---

**Školitel:**

prof. Ing. Jan Váchal, CSc.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé disertační práce panu profesorovi Ing. Janu Váchalovi, CSc. za vedení a odbornou pomoc v průběhu doktorského studia a při zpracování disertační práce. Dále děkuji Ing. Miroslavu Tesařovi, CSc. z Ústavu pro hydrodynamiku Akademie věd ČR a RNDr. Daniele Fottové z České geologické služby za materiály z projektu č. SP/1 a 6/151/07 a cenné rady, které mi poskytli pro dosažení cíle této práce.



Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Diagnostika a hodnocení geofaktorů pro účely organizace a využití půdního fondu a stabilizace krajiny“ vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury.

.....  
RNDr. Stanislav Škoda

V Českých Budějovicích dne 21.12.2009

## OBSAH

### Summary

<b>1. Úvod</b> .....	2
<b>2. Literární přehled</b> .....	3
2.1 Význam geofaktorů v krajině a v ochraně životního prostředí .....	3
2.2 Základní směry a přístupy k výzkumu geofaktorů .....	3
2.3 Metody studia geofaktorů.....	6
2.3.1 Vrty jako klasická metoda studia geofaktorů .....	6
2.3.2 Těžba nerostných surovin.....	7
2.3.3 Geochemické mapování .....	7
2.3.4 Geologické mapování .....	8
2.4 Pojetí a rozdělení geofaktorů.....	10
2.4.1 Horninové prostředí.....	13
2.4.2 Půda jako součást horninového prostředí .....	15
2.4.3 Podzemní voda .....	18
2.4.4 Radioaktivita horninového prostředí a radonové riziko .....	18
2.4.5 Látkové toky .....	20
2.4.6 Narušení horninového prostředí – geologická rizika.....	21
2.4.6.1 Přírodní narušení horninového prostředí .....	22
2.4.6.2 Antropogenní narušení horninového prostředí .....	23
2.4.7 Vliv antropogenní činnosti na rozsah a zrychlení geolog. procesů.....	26
2.5 Soudobé poznatky ze studia a hodnocení geofaktorů u nás a v zahraničí.....	27
2.6 Shrnutí .....	32
<b>3. Hypotéza</b> .....	33
<b>4. Cíle práce</b> .....	33
4.1 Hlavní cíl .....	33
4.2 Dílčí cíle .....	33
<b>5. Materiál a metodika</b> .....	34
5.1 Materiál .....	34
5.1.1 Výběr modelového území.....	34
5.1.2 Studium geofaktorů v modelovém území.....	35
5.1.3 Přírodní charakteristika modelového území .....	36
5.1.3.1 Geomorfologie.....	36

---

5.1.3.2	Klimatické poměry .....	37
5.1.3.3	Geologie .....	38
5.1.3.4	Tektonika .....	40
5.1.3.5	Hydrogeologie .....	41
5.1.3.6	Pedologie .....	41
5.1.3.7	Povrchové vody .....	42
5.1.3.8	Zemědělství .....	43
5.2	Metody.....	43
5.2.1	Návrh metodického postupu hodnocení geofaktorů.....	44
5.2.2	Zdroje .....	49
5.2.3	Rekognoskace terénu – mapování .....	50
5.2.4	Měření a hodnocení radonového rizika z geologického podloží.....	51
5.2.5	Monitoring povrchových vod .....	51
<b>6.</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>54</b>
6.1	Výsledky terénní etapy a laboratorních rozborů .....	54
6.1.1	Horninové prostředí.....	54
6.1.2	Ložiska nerostných surovin .....	61
6.1.3	Půdy .....	62
6.1.3.1	Minerální prostředí půd .....	64
6.1.3.2	Půdní sorpční komplex .....	65
6.1.3.3	Mineralogický rozbor půd .....	66
6.1.4	Regionálně inženýrskogeologická charakteristika .....	68
6.1.4.1	Inženýrskogeologická charakteristika horninového prostředí.....	68
6.1.4.1.1	Předkvartérní podklad .....	68
6.1.4.1.2	Zvětralinový plášť a kvartérní pokryv .....	69
6.1.4.2	Hydrogeologické poměry.....	70
6.1.4.3	Geodynamické procesy .....	71
6.1.4.3.1	Seismicita .....	71
6.1.4.3.2	Zvětrávání.....	71
6.1.4.3.3	Eroze.....	72
6.1.4.3.4	Svahové pohyby .....	72
6.1.4.4	Poddolovaná území, antropogenní procesy .....	72
6.1.4.5	Stavební hmoty .....	73

6.1.4.6	Inženýrskogeologické podmínky zástavby .....	73
6.1.4.6.1	Základové půdy .....	73
6.1.4.6.2	Zakládání pozemních staveb .....	74
6.1.4.6.3	Zemní práce, povrchová těžba surovin.....	74
6.1.5	Radioaktivita horninového prostředí .....	75
6.1.5.1	Radionuklidy v horninách.....	75
6.1.5.2	Objemová aktivita radonu.....	75
6.1.5.3	Radioaktivita podzemní vody .....	79
6.1.6	Prameniště .....	80
6.1.6.1	Prameniště Zdíkovského potoka .....	80
6.1.6.2	Prameniště Adámkova potoka .....	81
6.1.6.3	Prameniště pod Lizem.....	81
6.1.6.4	Prameniště Vydřího potoka (pod Hrbem).....	82
6.1.6.5	Prameniště Vydřího potoka (Lčovický les) .....	82
6.1.6.6	Prameniště Novohuťského potoka (Pláně).....	83
6.1.7	Podzemní voda .....	83
6.1.8	Kvalita povrchové vody – změna stavu horninového prostředí .....	88
6.1.8.1	Povodí Liz.....	88
6.1.8.2	Povodí Zdíkovského potoka.....	95
6.1.9	Změny ve využívání krajiny .....	98
6.1.9.1	Strukturní a funkční charakteristika modelového území .....	98
6.2	Ověření navrženého metodického postupu hodnocení geofaktorů.....	99
<b>7.</b>	<b>Diskuse</b> .....	<b>104</b>
7.1	Přínos disertační práce pro vědu, praxi a pedagogickou činnost.....	107
<b>8.</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>108</b>
<b>9.</b>	<b>Literatura</b> .....	<b>110</b>

Přílohy

## SUMMARY

Nowadays, environmental protection is a very important matter which regard the problems of humans and society. We can neither underestimate or overestimate the environmental sector, because all of these matters are part of and play their particular role. Because of that, it is necessary to pay the same attention to both abiotic component of the nature and biotic elements and ecology.

The basic Earth's element that has been evolving for millions of years is the geological environment (geo-environment), in which the survey, description and evaluation the term "geo-factors" is used more and more often. This term expresses the geological phenomenon, its description and the process leading to its origin, run and that also continue to the end.

Study and research of the geological environment is a very important matter that has very high demands on scientific work and the financial provision for that work. Due to that reason, a small and closed catchment of the Zdíkovský Stream in Šumava Mountains (located near Vimperk) was chosen; it has been examined in detail since 1983. In the forested part of the catchment (LIZ), the water chemistry and the atmospheric deposition have been monitored for a long time within the GEOMON (BIOGEOMON) programme. The mass balance of the deposited and removed compounds and land use changes, owing to social changes after 1989, have been monitored in the whole catchment. Mineralogy and geochemistry of the weathering process have been investigated under the increased acid atmospheric deposition. For a complex study of these chosen items of geological environment, the results of the geological and hydrogeological survey have been used, which are stored in GEOFOND, the Czech Geological Service located in the Prague archives.

The aim of this study was to assess the role of the chosen geo-factors in the model catchment and to use the obtained knowledge in landuse and in environment protection. The main part of the research has observed the anthropogenic influence upon the geological environment, mainly on its water component and its interaction. Current knowledge of geology, the circulation of the underground waters, their capacity and chemistry in the model area have also been described. The most difficult objective was to propose the method of the evaluation of the geo-factors, which could be usable for land consolidation, landscape planning and landuse.

Between years 2002 and 2005, the geological mapping of the model area and investigated rock outcrops and exposures was carried out. I also did volume radon activity measurements in the spring areas and in the areas determined for building houses.

Based on the obtained results and knowledge, a geologic map was created in the scale 1:25000; the engineering geological zones for urban usage were delimited and the radon emanation risk of the territory was also determined.

A conversion from the intensive production to the extensive use of soil resources was observed in the model area. Almost one third of the arable land (from the original 315 ha to 110 ha) was grassed. The part of grassland used as pasture dramatically increased (over 7%). Built-up areas slightly increased within the new urban plan, the forestry in cultural forest stays unchanged.

By petrography and chemistry studies of bedrock in the small catchment of the Zdíkovský Stream, the main rock types were identified. The most widespread rock stone here are biotite-sillimanite paragneiss, hornblende-syenite porphyry, leucocratic biotite and muscovite-biotite granite, pegmatite and erlan. From rock alterations, there were sericitization and chloritization in most cases, but baueritization and weak caolinization occurred less often. The most widespread biotite-sillimanite paragneiss is medium resistant against weathering, with a lower buffer capacity. The dependence of sorptive saturation on fine soil content is clear. The control factor for soil evaluation in the light of mineral environment conditions is soil pH, which can be classified with regard to water migration environment type according to Perelman (1968) from acid type  $\text{pH} = 4,0 - 6,5$  to strongly acid with  $\text{pH} < 4$ . PH values corresponding with buffer range of cation exchange to buffer range of aluminum are markedly affected by a high content of organic components. In fine soil there was determined regular abundance of hydromica, which represents the first changeover to smectites. It bears evidence of silicate buffer system incidence.

A small solid mass of leucocratic biotite granite near to gamekeeper's lodge Liz has been newly described. This is a valuable geological element with regard to the geological position, where is preserved tectonically discrete contactly converted mantle of biotite plagioklase paragneiss. That's why it has been suggested for the preservation for the future, as a natural monument for further detailed petrologic and tectonic studies.

The radon risk is medium in most of the model territory. There is the occurrence of a local uranium anomaly in the vicinity of village Nový Dvůr, which expresses itself by high radon emanation both in the rocks and also in the underground water, which is collected and



used as a drinking water source for the public supply. An increased content of natural radioactive elements has been detected in the leucocratic granite ( $^{40}\text{K}$ ), biotite plagioclase paragneiss ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) and especially in the very active hornblende-biotite syenit porphyry ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  and  $^{235}\text{U}$ ).

This dike rock is, together with failure zones, fissures and ruptures, a common source of high values of volume radon activity in building sites.

From processing the hydrologic data, groundwater level measurements in the wells and spring-discharge, a very quick reaction of groundwater level is noticeable in dependence upon the atmospheric precipitation amount, which is caused by the higher permeability of loamy-stony debris in the upper part of the catchment. The majority of the groundwater contributions to the total runoff is formed by the hypodermic part. Even at a very high water stage, the groundwater flow participates only by a very small portion in the total flow creation. This is an indication of the hydrogeologic character of bedrock lacking groundwater. Detected supplies of groundwater are, however, very often supported by precipitation.

The groundwater of the deeper aquifer of the hydrogeological massif has the average mineralization in gneiss, migmatite and granitoids in the interval from 0,134 to 0,185 g.l<sup>-1</sup> with acid to the neutral reaction, with the prevailing molar water types  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$  and  $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$  with variable content of  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Na}^+$ . There is also the component  $\text{SO}_4^{2-}$ , is also present locally,; this is found mostly in the water from migmatites. Thanks to the total low mineralization, the ratio between essential ions has changed very easily, both by means of the agricultural activities (increasing of  $\text{NO}_3^-$  content) and it is also near to the urban areas ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{HPO}_4^-$ ), which have a negative influence on groundwater quality.

There has only been a little data regarding the evaluation of the influence of the structural changes so far, and the use of the particular ecosystems on groundwater quality. Commonly, it is possible to expect that these changes will be subsequently presented in the groundwater within next ten to twenty years and the changes won't be probably so strong as in the surface waters, because the rocks forming the bedrock of this area have the small ability of the acid input neutralization and a low content of basic ions. On the other hand, these factors are the cause of permanent litogeneous elements removal from the catchment. The loss of sulphates, aluminum and manganese also occurs. The disturbance of weakened forests leads to the acceleration of erosion and alteration processes and acidification. The store of nitrogen is not fully spent by biomass and nitrates are relieved to surface waters. The trend of cations washing is evident also in agricultural ecosystem, where is noticeable, first of all, due

to the removal of calcium, which nowadays reaches threefold values when compared to the past. The permanent removal of sodium from the whole area of Zdíkovský Stream catchment is also more negative, because a part of sodium enters plants and woods. The only possible way of sodium input is from rocks weathering, which is growing in intensity. The others also display is evident the trend of permanent, even if minimal removal. The loss of nitrates and sulphates via surface waters from the whole catchment is lower than it was in the past. The consequence is mineral depletion of the soil cover in the whole catchment, which leads to more intensive and faster weathering of bedrock.

For the evaluation of the importance and role of geo-factors for land use it was possible to suggest a method which contains three consequential phases:

- a) The Static (describing) Stage, which embodies at first the classification, determination and appearance of particular geo-factors in studied area.
- b) The Dynamic (functional) Stage, which characterizes the role of appropriate geo-factor in the studied aream in light of landscape potential.
- c) The Proposal (synthetic) Stage, which embodies the proposals of the measurements for decreasing the negative role of indicated risk factors within the studied area.

The example of the Zdíkovský Stream model area shows that the suggested method of the evaluation of the geo-factors could yield the basic guideline for the user's practice with the sufficient predicative and prediction (signal) ability. The pilot use of this method in the model area points to the latent state of the chosen geo-factors by their upper limits. Although it is a locality that is relatively little affected by anthropogenic activities, the risk geo-factors have been identified which shouldn't be left out, considering the further strategic aims for the use of this locality in the future.

## 1. ÚVOD

S hospodářským a civilizačním vývojem současné lidské společnosti, který provázejí rychlý růst populace a hospodářský růst v souvislosti s rostoucí poptávkou po energiích a materiálech, otevření světových trhů, zvýšení objemu dopravy, nastává exploatace všech přírodních zdrojů a znečišťování životního prostředí.

Za složky životního prostředí je pokládán vzduch, vody na zemském povrchu i pod ním, vegetace, krajina, její živá i neživá složka a také horniny a půda. Ve stanovisku mezinárodní organizace UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – Vzdělávací, vědecká a kulturní organizace Spojených národů) se píše doslova: „Naše životní prostředí je tvořeno atmosférou, vodami a horninami. Vzduchem, který dýcháme, vodou, kterou pijeme, různými materiály, které používáme a všemi formami života, z nichž všechny mají důležitou úlohu v životě a přežití lidstva“.

Podle zákona č. 17/1992 Sb., o ochraně životního prostředí, ve znění pozdějších předpisů, je podobně životním prostředím vše, co vytváří přirozené podmínky organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Těmito podmínkami jsou zejména ovzduší, horniny, voda, půda, organizmy, ekosystémy a energie. Ochrana životního prostředí v České republice je dále zakotvena v zákoně č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění a v prováděcí vyhlášce MŽP ČR k tomuto zákonu č. 395/1992 Sb.

Žádnou ze složek životního prostředí nemůžeme přeceňovat ani podceňovat, neboť všechny hrají svou určitou roli, jednou větší, jindy menší. Proto se do popředí zájmu odborné i laické veřejnosti dostává i komplexní výzkum geologického (horninového) prostředí, dnes zahrnovaný v termínu “geofaktory“. Jedná se o velmi náročnou odbornou práci, vyžadující nejen široký rozhled v různých oborech přírodních věd, ale i znalosti filozofické a právní, jejíž výsledky je často obtížné zprostředkovat odborníkům z praxe. Hlavním cílem této disertační práce je navržení a vypracování metody pro hodnocení geofaktorů pro účely organizace a využití půdního fondu a stabilizace krajiny.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Význam geofaktorů v krajině a v ochraně životního prostředí

Základem každého studia životního prostředí by mělo být studium jeho základní, po miliony let se vyvíjející složky – geologického (horninového) prostředí, které je obvykle opomíjeno. Při jeho výzkumu, popisu a hodnocení se stále častěji užívá termínu **geofaktory**. Tento termín byl zaveden do věd o Zemi až v osmdesátých letech dvacátého století v souvislosti se zvýšeným zájmem o životní prostředí.

Slovo geofaktor je vlastně zkratkou celého pojmu, který zní „geologický faktor“, nebo-li „geologický činitel“. Faktor, nebo-li činitel může vyjadřovat jev, jeho vlastnost i proces vedoucí k jeho vzniku, trvání i zániku.

Ve snaze o systémový (syntetický) přístup ke studiu a ochraně životního prostředí posouvá studium procesů (vztahů) uvnitř geofaktorů samých i vůči okolnímu prostředí geologické vědy do nové dimenze. Nejde již jen o výzkum vedoucí k uspokojování potřeb člověka a lidské společnosti – vyhledávání surovin energetických, rudních, nerudních, vzácných minerálů, chemických prvků, vod prostých i minerálních, ale o cílenou pozornost věnovanou vazbám mezi neživou a živou složkou krajiny, která směřuje k ekologické stabilitě krajiny a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti (sustainable development). Jeho filozofii vyjádřila Komise OSN pro životní prostředí a rozvoj ve zprávě „Naše společná budoucnost“, kterou schválilo Valné shromáždění OSN na svém 42. zasedání v roce 1987. Koncepce trvale udržitelného rozvoje v tomto pojetí znamená „vývojový proces, který zajistí naplnění lidských potřeb, aniž by snížil potenciál naplnění potřeb příštích generací, potřeb jiných společností a snížil bohatství přírody“.

### 2.2 Základní směry a přístupy k výzkumu geofaktorů

Od počátku systémového studia krajiny jako celku a jejích jednotlivých složek – ekosystémů (termín ekosystém formuloval v roce 1935 TANSLEY) převažuje na jedné straně výhradně biologický (ekosystémový) přístup, studující vztahy a interakce mezi organizmy, jejich společenstvy a jejich abiotickým a biotickým prostředím, na straně druhé přístup geografický (geosystémový), zabývající se studiem prvků geografického prostředí (jako jsou geologické podloží, půdotvorný substrát, vodstvo, půdy, rostlinstvo, živočichové, lidské výtvoary a produkty), jejich vlastnostmi a vzájemnými vztahy.

Pro potřeby studia komplexní struktury vztahů mezi společenstvy organizmů (biocenózami) a podmínkami jejich životního prostředí zavedl TROLL (1939) termín „krajinná ekologie“ (Landschaftsökologie). Toto zakladatelské pojetí krajinné ekologie se dále vyvíjelo a přineslo mnoho pokusů o univerzální definici základního pojmu krajinné ekologie – krajiny, kde je zřetelně odlišný přístup geografický od přístupu ekologického.

Významný německý geograf SCHMITHÜSEN (1973) definuje krajinu jako „utváření části geosféry, geograficky relevantní velikosti, kterou lze vzhledem k jejímu celkovému charakteru chápat jako jednotný celek“. Z definice je patrné, že toto vymezení, kdy termín „Landschaft“ - krajina, bychom dnes nazvali nejspíše krajinným typem, našlo příznivce zejména mezi geografii.

ZONNEVELD (1979) počítá již i s horninovým prostředím, když říká, že „krajina je část prostoru na zemském povrchu, zahrnující komplex systémů tvořených vzájemnou interakcí hornin, vody, vzduchu, rostlin a živočichů, přičemž výsledkem této interakce je jednotka zřetelně odlišitelná od jednotek okolních“.

U nás definoval krajinu český nestor přírodních věd HADAČ (1982) jako soustavu abiotických útvarů, geobiocenóz, hydrobiocenóz a technoantropocenóz. Z této definice je patrný vliv ruské školy, kde základy ekosystémové ekologie položil v roce 1889 pedolog DOKUČAJEV. Ty pak převzali a doplnili jeho žáci – např. SUKAČEV (1942) či SOČAVA (1978).

Poněkud obecnější pojetí krajiny podávají FORMAN a GODRON (1986, česky 1993), kteří chápou krajinu jako heterogenní část zemského povrchu, skládající se ze souboru vzájemně se ovlivňujících ekosystémů, který se v dané části povrchu v podobných formách opakuje. Charakter krajiny je ovšem v různých oblastech různý vlivem vývoje krajiny, který je výsledkem tří mechanismů, působících uvnitř hranice krajiny (FORMAN, GODRON, 1986). Jsou to:

- specifické dlouhodobé geomorfologické pochody
- formy osídlování krajiny jednotlivými organizmy
- místní krátkodobé disturbance jednotlivých ekosystémů.

Studium geofaktorů či geologických procesů dostává v takto širokém pojetí krajinné ekologie prostor až při studiu jednotlivých složek krajiny. Pro základní složky či jednotky krajiny užívají někteří krajinní ekologové termín – *ekotop* (tj. nejmenší územní jednotka, která je ještě celostní jednotkou) a *biotop* (TROLL, 1966; NEFF, 1967; SCHMITHÜSEN, 1967;

SCHREIBER, 1977; ZONNEVELD, 1979; AGGER et BRANDT, 1984). Jiní používají další termíny jako krajinná jednotka, buňka krajiny, geotop, facie, stanoviště aj. (CHRISTIAN et STEWART, 1968; VINOGRADOV, 1966, 1976; ZONNEVELD, 1979).

Pro studium geofaktorů jsou vhodnějším, i když poněkud obecnějším pojmem „krajinné složky“ definované jako jednotky uvnitř krajiny, určené fyzikálním či přírodním prostředím (RŮŽIČKA et al., 1978). Na nich jsou pak navrstveny „krajinné prvky“, určované především lidskými vlivy. Krajinné složky a krajinné prvky tak vytvářejí dvě úrovně struktury krajiny.

Krajinné složky jako konkrétní struktury tvořící krajinu, tj. geobiocenózy, hydrobiocenózy, skály apod., chápe také HADAČ (1982), i když jeho pojetí abiotické složky je však spíše geomorfologické a klimatologické (skály ovlivňují vzdušné proudění, horské hřebeny mohou zachycovat srážky a vyvolat dešťový stín, apod.). Svým pojetím přírodních podmínek se však nejvíce blíží dnešní definici geofaktorů. Přírodními podmínkami rozumí základní faktory, které ovlivňují funkci ekosystémů a tím celé krajiny. Přírodní podmínky, dané v zásadě interakcí klimatu a geologického podkladu, spolu s geologickými pochody utvářejícími zemskou kůru, tvoří základní rámec veškerého dění v krajině (HADAČ, 1982). Charakter krajiny je podle něho utvářen v první řadě klimatem, které určuje základní charakter koloběhu látek v jednotlivých složkách a celé krajině. Druhým podstatným faktorem jsou geologické podmínky.

Geografický (geosystémový) přístup ke studiu krajiny jako celku je velmi dobře propracován zejména na Slovensku. Slovenští odborníci vycházejí ze základního holistického axiomu, že celek je něco víc než jen prostý součet jeho částí (STUFF, 1926; SACHSSE, 1971).

Na základě všeobecné systémové teorie aplikované do geografie - teorie Gestalt (NEEF, 1967; CHORLEY, KENNEDY, 1971) zde MIKLÓS et al. (1997) definují systémový model krajiny jako *geosystém*. Geosystém je v jejich pojetí soubor prvků (komponentů) geografické sféry a jejich vzájemných vztahů každého s každým.

Za prvotní strukturu krajiny jako geosystém považují soubor těch prvků krajiny a jejich vztahy, které tvoří původní a trvalý základ pro ostatní struktury. Patří sem zejména abiotické prvky geosystému – geologický podklad a substrát, půdy, reliéf, vodstvo a ovzduší. Dále sem řadí i původní přirozenou vegetaci, která se však prakticky v našich končinách nevyskytuje.

Nejzákladnějším komplexem, který tvoří fyzický materiální základ všem ostatním složkám, je geologické podloží – substrát – podzemní voda – půda. Geologický podklad považují v dané geologické době za neměnný a neobnovitelný prvek krajiny (kromě zón aktivního vulkanizmu). Změny postihují jen nejsvrchnější vrstvu tohoto komplexu, kde dochází ke zvětrávání hornin a k vytváření dalších prvků – půdotvorného substrátu a půdy. Prvotní a nenahraditelný význam této sféry potvrzuje i časové hledisko, kdy proces zvětrávání a tvorby půd je v porovnání s ostatními procesy v geosystému nesmírně zdlouhavý. Pro studium, využívání a ochranu krajiny je významným přínosem, že analýza tohoto komplexu je na Slovensku nedílnou součástí všech základních a aplikovaných krajino-ekologických výzkumů.

### **2.3 Metody studia geofaktorů**

Základním zdrojem poznání horninového prostředí, resp. geofaktorů je geologické mapování jako zcela základní metoda geologického výzkumu, která je doplněna technickými, laboratorními a dalšími pracemi analytického charakteru. I když pro zjišťování a výzkum geofaktorů jsou často důležitější povrchová měření (vody, geofyzika, geochemie aj.) mají vrtné práce zcela nezastupitelný význam. Vrty jsou prováděny na počátku jakéhokoliv záměru poznat a využívat přírodní potenciál krajiny a její jednotlivé složky, při průzkumu rudních i nerudních surovin, paliv, vodních zdrojů, pro využití a sanaci horninového prostředí, například ve výstavbě apod. Nedílnou součástí výzkumu jsou i laboratorní rozborů vzorků hornin, zemin, vod a plynů. Komplexním vyhodnocením analytických prací pak získáváme syntetický obraz geologických faktorů – mapy.

#### **2.3.1 Vrty jako klasická metoda studia geofaktorů**

Od počátků výzkumu geosféry jsou vrty nepostradatelným zdrojem informací o složení horninového prostředí v různých hloubkách pod povrchem Země. Vrty nám zcela objektivně odhalují podle účelu a cíle průzkumu sled hornin, strukturní, tektonické, případně i hydrogeologické poměry.

Průzkum horninové prostředí v České republice prostřednictvím vrtů a také jejich hustota na plochu území snesou minimálně evropské srovnání. V archivu České geologické služby – Geofondu v Praze je dokumentováno více než 600 000 vrtů. Většina z nich vrtaná pro inženýrské geology, hydrogeology nebo pro ověření povrchových ložisek a stavebních

surovin je mělčí než 100 m. Povinnost předávání všech geologických prací do Geofondu je stanovena geologickým zákonem č. 62/1989 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

### **2.3.2 Těžba nerostných surovin**

Těžba nerostných surovin způsobuje na jedné straně významné narušení horninového prostředí, na druhé straně je významným zdrojem poznání o geologické stavbě území. Téměř 90 % nerostných surovin je těženo povrchovým způsobem, které ovlivňuje životní prostředí podstatně více než dobývání hlubinné. Nejedná se pouze o strategické palivoenergetické suroviny (uranové rudy, černé a hnědé uhlí, lignit, ropu a zemní plyn), ale i stavební kámen, štěrkopísky, vápence, kaolin apod. Zbytkové jámy, tj. opuštěné povrchové hnědouhelné doly, patří k obrovitým antropogenním tvarům reliéfu. Poddolování způsobuje poklesy terénu na velké ploše, poklesové kotliny jsou místy až 20 m hluboké. V případě, že je na poddolovaném území zástavba, mohou být důsledky až katastrofální. Haldy, popílký a odkaliště způsobují kromě jiného zvýšenou prašnost ovzduší. Hrozbou pro budoucnost jsou také zrychlené poklesy povrchu území spojené například s těžbou ropy a zemního plynu. Ve Wilmingtonu v USA dosáhla rychlost poklesu 740 mm za rok (KUKAL, 1990). Dalším nepříznivým faktorem je ztráta zemědělské půdy a změna hydrologického režimu podzemních vod. V letech 1980-1989 činil úbytek zemědělské půdy vlivem těžby nerostných surovin 7504 ha (KUKAL, REICHMANN, 2000).

### **2.3.3 Geochemické mapování**

Jedná se o jednu z moderních metod, která je zdrojem poznatků o kontaminaci horninového prostředí. Primárními zdroji látek v přírodním prostředí jsou minerály hornin a voda atmosférického původu. Srážková voda je na převážné části území republiky kyselá (pH okolo 5,6), po kontaktu s horninovým prostředím se neutralizuje. Tato reakce závisí na minerálním složení hornin a půd i na délce vzájemného kontaktu. Environmentální geochemie zkoumá zvýšení koncentrace rizikových prvků, způsobené lidskou činností. Snahou České republiky, která se připojila ke společnému programu zemí, ve kterých jsou geologické služby sdruženy do organizace FOREGS (Forum of the European Geological Surveys) je sestavení geochemického atlasu České republiky. Prvním krokem jsou mapy geochemie povrchových vod 1 : 50 000, sestavené pro celou republiku v Českém geologickém ústavu i přehledné mapy znečištění půd České republiky, u jejichž zrodu byla geochemická prospekce



nerostných surovin. Významným počinem pro sestavení atlasu republiky je geochemicko-ekologická mapa pražské aglomerace. Ta byla prováděna podle sjednocené evropské metodiky a bylo sestrojeno 24 map, z nichž každá znázorňuje distribuci prvku v půdě na povrchu a odděleně v hloubce 10-50 cm pod povrchem.

### 2.3.4 Geologické mapování

Základním a hlavním zdrojem poznání horninového prostředí, resp. geofaktorů je geologické mapování.

V roce 1964 bylo dokončeno geologické mapování tehdejšího Československa v měřítku 1: 200 000. V roce 1995 pak bylo skončeno mapování v podrobnějším, tedy větším měřítku 1:50 000. Tak úspěšné pokrytí našeho území geologickými a odvozenými mapami je výsledkem dlouhé historie geologických výzkumů našeho území (CÍCHA et al. 1994; BENEŠ, 1996). Základem všech prací je geologické mapování v měřítku 1:25 000 a dále pak mapování v menším měřítku.

V roce 1985 začal největší dosavadní projekt dnešní České geologické služby (donedávna Českého geologického ústavu, dříve Ústředního ústavu geologického), nazvaný „Soubor geologických a účelových map pro životní prostředí“. Cílem tohoto projektu, který koordinoval CÍCHA (1998) bylo pokrýt celé území republiky nejen mapami geologickými v měřítku 1:50 000, nýbrž i účelovými, které jsou z geologické mapy odvozené. Protože jsou zaměřeny na určitá konkrétní témata (např. hydrogeologie, nerostné suroviny apod.) jsou někdy označovány jako mapy tematické. Geologické mapy byly dokončeny již v roce 1995. Jsou přístupné jak v tištěné podobě, tak i na portálu státní správy (portal.gov.cz) na [www.geology.cz](http://www.geology.cz), v mapovém serveru [www.env.cz](http://www.env.cz), či [www.cenia.cz](http://www.cenia.cz).

Mapový soubor tvoří:

#### ***Mapa ložisek nerostných surovin***

Informuje o rozšíření nerostných surovin, vymezení dobývacích prostorů, o zásobách různých kategorií, o plochách, na kterých jsou prognózní zásoby a o lokalizaci těžebních prostorů různého druhu.

### ***Mapa hydrogeologická***

Zobrazuje rozšíření zvodnělých vrstev a jejich vodohospodářský význam, údaje o hydrogeologické prozkoumanosti území, o hloubce výskytu podzemních vod i o jejich kvalitě, o jejich agresivitě a případném znečištění. Obsahuje údaje také o pramenech, studních, vrtech a jejich vydatnosti a možnosti využití. Důležité jsou i informace o rychlosti proudění podzemních vod, o průtočnosti hornin a zemin i o inundačních územích.

### ***Mapa inženýrskogeologická***

Informuje o inženýrskogeologických podmínkách území, o mocnosti pokryvu, charakteru podkladu, riziku sesuvů, zrychlené eroze, krasových i jiných jevech. Zobrazuje základové podmínky v městských aglomeracích a je podkladem pro tvorbu územních plánů. Vymezuje chráněné oblasti přirozené akumulace vod, ochranná pásma vodních zdrojů a připojuje údaje o povolených skládkách, perspektivních místech pro skládkování i o staré důlní činnosti. Pro důležitá území jsou vypracovány tzv. Studie skládek a geodynamických jevů.

### ***Mapa půdní***

zobrazuje rozšíření základních půdních typů podle oficiální mezinárodní klasifikace.

### ***Mapa půdně interpretační***

vyjadřuje úrodnost zemědělských půd a charakter lesních půd, charakterizuje využitelné vlastnosti půdních ploch s jejich produkčním potenciálem. Zároveň ilustruje vliv různých faktorů na zachování půdního fondu.

### ***Mapa geofyzikálních indikací a interpretací***

předkládá nám výsledky gravimetrického, aeromagnetického, aeroradio-metrického, gamaspektrometrického i jiného mapování a interpretuje primární údaje. Zobrazuje i struktury pod zemským povrchem, složení povrchových vod, které s horninovým prostředím úzce souvisí i střety zájmů mezi ochranou krajiny a využitím nerostných surovin. Zahrnuje také podklady pro hodnocení radioaktivity horninového prostředí.

### ***Mapa geochemie povrchových vod***

v malých tocích, na pramenech a studních byl analyzován soubor 22 prvků a jejich rozmístění znázorněno v mapě. Mapa ukazuje vliv zemědělství, osídlení, průmyslu a jiných dalších faktorů na kvalitu povrchových vod i ve vztahu k horninovému prostředí.

### ***Mapa chráněných území*** (v měřítku 1:100 000)

zobrazuje všechny kategorie chráněných území.

### ***Mapa geofaktorů životního prostředí***

souborná mapa těžící z geologického i jiného mapování, shrnuje údaje o geofaktorech životního prostředí, jako jsou vlivy exodynamické, vlivy reliéfu, skládek odpadů, antropogenní jevy a další.

### ***Signální mapa střetů zájmů***

informuje o možných střetech zájmů mezi využíváním nerostných surovin a ochranou horninového prostředí, zabývá se i různými přírodními a antropogenními rizikovými geofaktory.

Celý soubor map s vysvětlivkami je výborným odrazovým můstkem k podrobnému poznání horninového prostředí a geofaktorů na území našeho státu. Shrnuje v sobě nejen poznatky obecně geologické, ale i znalosti o ostatních součástech horninového prostředí, půd, podzemních vod a nerostných surovin. Bohužel některé z uvedených typů map dodnes nepokrývají celé území České republiky.

## **2.4 Pojetí a rozdělení geofaktorů**

Ve vědecká i odborné literatuře, věnované studiu geofaktorů, se odrážejí různá hlediska a přístupy k charakteristice jevů a zejména k vazbám, které mezi nimi probíhají a jsou významné pro vývoj a stabilitu krajiny. V pracích jednotlivých autorů je patrná vývojová pluralita názorů a kritérií, se kterými ke klasifikaci a hodnocení geofaktorů přistupují.

Jak vyplývá z definice uvedené ČINČUROU ed. (1983) bylo původní pojetí geofaktorů pojetím spíše geografickým. Geofaktor = krajinný, geografický faktor zahrnuje

geografické danosti, které svým mnohotvárným spolupůsobením určují charakteristické znaky jednotlivých geografických regionů a krajinných typů. Mezi geofaktory jsou tak zahrnovány např. určité jevy podnebí, hydrosféry, půdního pokryvu a forem povrchu, které ovlivňují procesy zvětrávání a tvorby půd, reliéf apod. Kauzální spojení jednotlivých geofaktorů působí na všech místech Země.

Autoři dělí geofaktory na čtyři velké skupiny:

- reliéfové, podnební, hydrogeografické = **abiotické faktory**
- a biogeografické faktory = **biotické faktory**.

V České republice rozlišil jako jeden z prvních geofaktory na:

vlastnosti horninového prostředí  
geodynamické jevy  
morfologii povrchu  
hydrogeologické a hydrologické jevy  
geochemické jevy  
nerostné suroviny

MOLDAN (1983), z jehož rozdělení je již patrné dynamické pojetí geologie ve vztahu ke složitosti vazeb, které určují vývoj a stabilitu geosféry a tedy i krajiny.

Toto rozdělení přejímá i Encyklopedický slovník geologických věd (SVOBODA et al. 1983), kde jsou geofaktory chápány jako jeden ze základních primárních činitelů životního prostředí. Jsou dány geologickou stavbou a složením svrchní části zemské kůry, charakteristické svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi, morfologickými rysy a výskytem užitkových nerostů, zejména nerostných surovin a prostých a minerálních podzemních vod.

MATULA (1990, 1992) a posléze i SUK (1999) navrhuje považovat za geofaktory životního prostředí ty geologické objekty a procesy, které podstatným způsobem pozitivně nebo negativně ovlivňují kvalitu životního prostředí společnosti a stávají se tak limitujícími činiteli vývoje.

Toto pojetí přejímá i PETRÁNEK (1993), který považuje geofaktor za geologický činitel ovlivňující životní prostředí – zvláště geomorfologie, nerostné suroviny, podzemní vody, hloubka zvětrávání hornin, půdy aj.

Nejnověji definují u nás geofaktory KUKAL a REICHMANN (2000) takto: „Geofaktory jsou všechny geologické jevy, vlastnosti a procesy, které jsou spjaty s horninovým prostředím a celkově ovlivňují životní prostředí“.

Geofaktory klasifikují jako:

1. Vlastnosti horninového prostředí
  - a) vlastnosti minerálů a hornin
  - b) vlastnosti podzemních vod a plynů
  - c) vlastnosti nerostných surovin
  - d) vlastnosti půd
2. Jevy na zemském povrchu, tj. tvary reliéfu
3. Procesy v horninovém prostředí
  - a) exogenní
  - b) endogenní.

Ve vztahu k lidské činnosti při stále intenzivnějším využívání krajiny a jejím dopadu na životní prostředí můžeme také geofaktory dělit na přírodní a antropogenní.

Při studiu procesů probíhajících v horninovém prostředí krajiny lze však velmi často obtížně vymezit jevy a procesy čistě přírodní nebo antropogenní, obvykle se zde setkáváme s kombinací obou.

Při řešení konkrétních úloh využívání krajiny a ochrany životního prostředí dělí KUKAL a REICHMANN (2000) geofaktory na *pozitivní a negativní*. Překročili-li hodnoty negativních geofaktorů dané limity a hranice, nazývají je geofaktory *rizikovými*.

V zahraničí v současnosti nejlépe propojuje geologické faktory s životním prostředím HRAŠNA (2002), který pojímá za geofaktory vlastnosti jednotlivých složek geologického prostředí, které ovlivňují významnou měrou životní prostředí a možnosti využití krajiny. Uvědomuje si, že charakter geologického faktoru může být vzhledem ke způsobu využití území proměnlivý. Dělí proto geofaktory na *geologické potenciály* (geopotenciály), které umožňují určitý způsob využití krajiny a *geologické bariéry* (geobariéry), které tento způsob využití krajiny znemožňují (HRAŠNA, 2003). Z následující klasifikace geofaktorů je patrná snaha i o jejich hodnocení, které ale zůstává pouze v rovině verbální.

Klasifikace geofaktorů životního prostředí (HRAŠNA 2003)

<b>Geopotenciály (Geopotentials)</b>	<b>Geobariéry (Geobarriers)</b>
<p><b>Zdroje geologického prostředí</b> (Geosources)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nerostné suroviny</li> <li>- stavební suroviny</li> <li>- podzemní vody</li> <li>- minerální vody</li> <li>- zemské teplo</li> <li>- léčivá bahna</li> </ul> <p><b>Příznivé podmínky pro využití území</b> (Geofacilities)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- úrodné půdy</li> <li>- dobré základové půdy</li> <li>- vhodné podmínky pro náročné a speciální stavby</li> <li>- vhodné struktury pro infiltraci vod</li> <li>- jeskyně a jiné přírodní výtvořry</li> </ul> <p>(absence geobariér)</p>	<p><b>Jevy ohrožující životní prostředí</b> (Geohazards)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vulkanické erupce</li> <li>- ničivá zemětřesení</li> <li>- katastrofální svahové pohyby</li> <li>- náhlé poklesy území</li> <li>- záplavy přívalovými vodami</li> <li>- vysoká radioaktivita</li> </ul> <p><b>Ztížené podmínky pro využití území</b> (Geoconstraints)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- poklesávání území</li> <li>- vysoká seismická intenzita</li> <li>- nestabilní svahy</li> <li>- intenzivní eroze</li> <li>- skrasovatělé horniny</li> <li>- podmáčení (vysušení) území</li> <li>- znečištěné podzemní vody</li> <li>- patogenní zóny</li> </ul> <p>(absence geopotenciálů)</p>

Z uvedených definic a pojetí geofaktorů je zřejmé, že se jedná o těžko uchopitelné téma multidisciplinárního charakteru, kde je velmi obtížné jednoznačně formulovat charakter geofaktorů s exaktním vyjádřením jejich vztahů a vzájemné propojenosti s životním prostředím.

#### 2.4.1 Horninové prostředí

Horninové prostředí proto vymezují KUKAL a REICHMANN (2000) konkrétněji. Podle nich je horninovým prostředím země, po které chodíme, jako zdroj nerostných surovin i podzemní vody a půda, která člověku umožňuje obživu.

Horninové prostředí je tedy nejsvrchnější část zemské kůry, kde se projevuje nebo může projevit lidská činnost. Je tvořeno pevnými horninami, nezpevněnými zeminami, půdou

a vším co se v nich nachází, tedy nerostnými surovinami, podzemní vodou i plyny v pórech hornin a půd.

Bohužel horninové prostředí dodnes nemá v ochraně a tvorbě životního prostředí takové místo, jaké by si zasloužovalo. Mnozí totiž pod pojmem životní prostředí vidí zejména krajinu s rostlinstvem a zvířenou, ovzduší a vodstvo, přestože již ZONNENVELD (1979) definoval krajinu jako část prostoru na zemském povrchu, zahrnující komplex systémů tvořených vzájemnou interakcí hornin, vody, vzduchu, rostlin a živočichů, přičemž výsledkem této interakce je jednotka zřetelně odlišná od jednotek okolních.

Horninové prostředí jako jedna z nejstarších sfér životního prostředí bezprostředně ovlivňuje atmosféru, hydrosféru a biosféru minimálně ve třech úrovních:

1. Do atmosféry se dostávají produkty lidské činnosti, plyny z hornin a půd a částičky prachu z půdy a zvětralin v podobě spadu (tzv. atmosférická depozice).
2. Složení podzemních vod je do značné míry závislé na okolním horninovém prostředí, neboť většina rozpuštěných látek pochází z hornin a minerálů. Významně je ovlivněno také atmosférickou depozicí a dobou infiltrace. Umístění a vydatnost pramenů závisí na tom, kde jsou v horninovém prostředí hranice mezi propustnými a nepropustnými vrstvami a kde jsou horniny porušené tak, že se jimi vody dostávají na zemský povrch. Jakost vod je dána hlavně tím, s jakými horninami se dostanou do styku. To platí do značné míry i pro povrchové vody, zejména u malých vodních toků, kde nejsou tyto vztahy ještě překryty vlivy lidské činnosti. Naopak vody zase působí na horniny a půdy, rozpouštějí je, ukládají sedimenty a dávají vzniknout novým minerálům.
3. Horninové prostředí a zejména půda, která vzniká jeho zvětráváním, předurčuje hustotu a typ vegetace a následně i druhovou skladbu živočichů a jejich společenstev. Část vegetace a těl organismů, která nepodlehne zcela rozkladu, se opět stává součástí horninového prostředí.

O vzájemných vztazích mezi horninovým prostředím, atmosférou, hydrosférou a biosférou nelze tedy pochybovat.

Studium vývoje horninového prostředí České republiky, kterým rozumíme geologickou historii, má u nás dlouholetou a bohatou tradici. Ve starších pracích (SVOBODA

et al., 1964, BUDAY et al., 1961) i v novějších publikacích (SUK et al., 1984, MÍSAŘ et al., 1983, MIŠÍK et al., 1985, KUKAL, 1985, CHLUPÁČ et al., 2002, LOŽEK, 2007) nacházíme přehled geologické historie Československa a Česka. Podrobnější informace jsou k dispozici zejména ve vysvětlivkách k mapám měřítka 1:200 000 a v nových vysvětlivkách k mapovému souboru 1:50 000. Cenným zdrojem informací je stále také dvoudílný Encyklopedický slovník geologických věd (SVOBODA et al., 1983).

#### **2.4.2 Půda jako součást horninového prostředí**

Půdy patří do horninového prostředí právě tak jako pevné horniny a nezpevněné zeminy, tvoří svrchní část pevného zemského povrchu – pedosféru. Půdu lze považovat za hraniční vrstvu, ve které se stýká litosféra a biosféra. Pevný zemský povrch vystavený účinku ovzduší a vodstva poskytuje zvětraliny, které sami o sobě ještě půdou nejsou, ale jsou nutným předpokladem pro její vznik. K tvorbě půdy dochází teprve tehdy, přistupuje-li ke zmíněným vlivům ještě činnost organismů (mikroorganismů, vegetace, edafonu). Půda vzniká působením půdotvorných činitelů, které dělíme do dvou hlavních skupin. Jsou to půdotvorné faktory a podmínky půdotvorného procesu. Faktory působí při vzniku půd přímo, podmínky naopak přes svůj vliv na půdotvorné faktory – TOMÁŠEK (2007). Vývoj půdy probíhá dlouhodobým půdotvorným procesem. Základními půdotvornými faktory, které tento proces podmiňují, jsou: mateční hornina, klima (nadmořská výška, teploty, srážky), biologický faktor, podzemní voda, člověk – antropogenní faktor.

Působnost jednotlivých faktorů je ovlivňována podmínkami půdotvorného procesu, ke kterým patří zejména čas a reliéf terénu (svažitost, expozice). Vzhledem k tomu, že na určitých místech Země dochází ke zcela specifické kombinaci faktorů a podmínek (potlačení nebo naopak zvýraznění některých), má i půdotvorný proces specifický charakter, jehož výsledkem jsou půdy odlišné v uspořádání (výstavbě) půdního profilu (stratigrafie – počet a sled půdních genetických horizontů) i souborem zrnitostních, fyzikálních, agrochemických i biologických vlastností - LEDVINA et al. (2000).

Z pohledu studia geofaktorů je nejvýznamnější půdotvorný substrát a vliv klimatu, konfigurace terénu, podzemní voda a činnost člověka.

Půdotvorný substrát je výchozím materiálem, ze kterého půda vzniká a je prostředím přeměn probíhajících v půdě. Petrografické složení substrátu ovlivňuje rychlost vzniku půd



(rychlost zvětrávání), s tím související hloubku půdy, skeletovitost a její zrnitostní složení, na kterém závisí fyzikální, fyzikálně-chemické, biologické a další vlastnosti půdy. Z chemizmu substrátu patří mezi nejvýznamnější obsah bází, zejména vápníku a hořčíku. Důležitá je také přítomnost draslíku, fosforu, sodíku a lehce rozpustných solí – síranů a chloridů, které mohou způsobovat zasolení půd.

Půdotvorné substráty (matečné horniny) lze třídit podle různých hledisek, nejčastěji však podle jejich geologického stáří, které se většinou odráží v jejich stupni zpevnění.

Klima je dalším důležitým faktorem, který významně ovlivňuje směr, intenzitu a rychlost pochodů v půdě. Na teplotě, množství a rozvržení srážek během roku závisí, zda dochází z půd k vynášení látek vztlínající vodou, nebo k jejich vyluhování.

Podzemní voda spolu s vodou povrchovou ovlivňuje vláhové poměry v půdě. Vysoký obsah vody vede k fyzikálně-chemickým a chemickým změnám a tím k uplatnění oglejení nebo glejového procesu. Vysoká vlhkost zpomaluje rozklad organických látek a podporuje jejich hromadění (rašelinění). Jindy podzemní voda, bohatá na rozpuštěné látky může způsobovat zasolení půd.

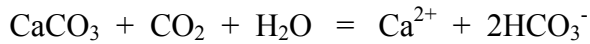
Konfigurace terénu ovlivňuje především předchozí půdotvorné činitele: klima v závislosti na nadmořské výšce a expozici stanoviště, rozložení matečných substrátů, vodní režim území aj. Přímo na tvorbu půdy působí ovlivňováním intenzity filtrace, hlavně však rušivě prostřednictvím eroze a akumulace.

Také vliv lidské činnosti na půdu se projevuje různým způsobem. Zemědělské využívání krajiny zvyšuje hloubku a intenzitu půdotvorných procesů a také způsobuje pozitivní změny ve fyzikálních, fyzikálně – chemických i biologických vlastnostech půd. Zároveň však kultivační zásahy přinášejí např. nežádoucí úbytek humusu, jsou příčinou zhutňování půd, vystavují půdu zvýšeným účinkům eroze a kontaminují ji cizorodými látkami apod.

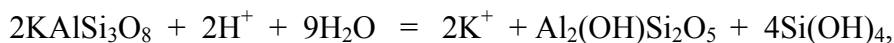
Pro hospodářské využití je však nejdůležitější vlastností půdy její úrodnost, tedy schopnost zabezpečovat nezbytnými podmínkami (zejména vodou a živinami) existenci a reprodukci rostlin, v závislosti na nich pak i existenci živočichů a lidské populace. V současné době se však do popředí stále více dostávají i jiné než produkční funkce půdy, jako je funkce stabilizační, krajinnotvorná, environmentální či hygienická.

Ze současných výzkumů acidifikace horninového prostředí je známo, že půda má schopnost působit proti okyselení atmosférickou depozicí jako puфраční systém. MOLDAN a FOTTOVÁ (1984) vyčlenili a charakterizovali šest hlavních typů puфраčních systémů:

1) Karbonátový puфраční systém (pH 8,0 – 6,2) je reprezentován dostatečným rozpouštěním  $\text{CaCO}_3$ , který udržuje systém v rovnováze popsané rovnicí:

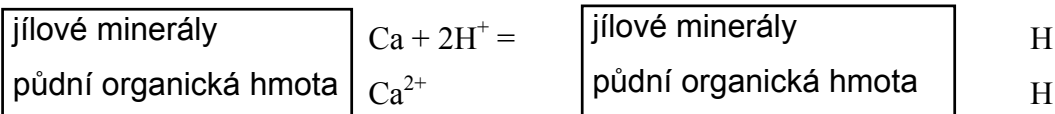


2) Silikátový puфраční systém (pH 6,2 – 5,0) je charakterizovaný zvětráváním silikátů (pufrování iontů  $\text{H}^+$ ), které může probíhat například podle rovnice



přičemž půda nevykazuje žádné ztráty bazických kationtů ani dusíku vyluhováním

3) Puфраční rozsah kationtové výměny (pH 5,0 – 4,2) probíhá v podmínkách, kdy bazické kationty (zejména  $\text{Ca}^{2+}$ ) hrají rozhodující roli v pufrování náhlých vln okyselení, které jsou zapříčiněny náhlým porušením iontových cyklů. Dochází-li v půdě k produkci silných kyselin ( $\text{HNO}_3$ ) ionty  $\text{H}^+$  jsou pufrovány protonovou výměnou s  $\text{Ca}^{2+}$  reakcí:



4) Puфраční rozsah hliníku (pH 4,2 – 3,8) nastupuje když půdní horizonty (často ve fázi rozkladu humusu) vykazují značné ztráty bazických kationtů, mají nízkou zásobu organické hmoty, nízkou rozpustnost fosfátů a vysokou rozpustnost kovů, jako například hliníku, který je ve volné formě pro rostliny toxický

5) Puфраční rozsah železa (pH 3,8 – 2,4) je doprovázený barevnými změnami v půdním profilu, růstem koncentrace toxických elementů a deficitem bazických kationtů a protonů v půdním roztoku

6) Puфраční systém organických látek probíhá v půdách za podmínky, je-li je voda bohatá na huminový materiál. Huminové látky se rozpouští ve vodě, zabarvují ji a okyselují. Při poklesu pH se jejich rozpustnost snižuje. V případě přísunu kyseliny sírové v kyselém dešti dochází ke zvýšení toku síranových a ke snížení toku organických kationtů s malou, nebo neměřitelnou pH. Organické kyseliny, které se akumulují, jsou pak oxidovány na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ .

### 2.4.3 Podzemní voda

V nejširším obecném smyslu se jedná o souborné označení pro veškerou vodu pod zemským povrchem bez ohledu na skupenství, pohyblivost a pozici (SVOBODA et al. 1983).

Odlišně je podzemní voda definována v ČSN 73 65 10 jako „podpovrchová voda v kapalném skupenství“.

V zahraniční literatuře se často používá termínu podzemní voda ještě v užším smyslu pro vodu v zóně nasycení nebo pro gravitační vodu, vytvářející souvislou hladinu – tj. pro vodu zvodně.

Množství podzemních vod odhadované na 23 400 km<sup>3</sup> (LVOVICH, 1974) je přibližně shodné s množstvím vod, obsažených v ledovcích, sněhu, jezerech a řekách (24 242,6 km<sup>3</sup>). Ačkoliv je množství zdrojů podzemních vod poměrně malé, jejich význam pro životní podmínky lidstva je obrovský. Mnoho aglomerací, měst a obydlí je zásobováno právě vodou z podzemních vodních zdrojů. Podzemní voda však může také způsobovat problémy při podmáčení zemědělsky využívaných půd a při záplavách měst a průmyslových oblastí.

Voda se liší oproti ostatním přírodním zdrojům svou pohyblivostí, která má velký vliv na klima, konfiguraci terénu, půdy, rozpouštění a transport hornin a minerálů a na vznik ložisek nerostů.

Každý zásah lidské činnosti do horninového prostředí se vždy také projeví v oběhu vod a bude mít vliv na životní prostředí.

### 2.4.4 Radioaktivita horninového prostředí a radonové riziko

V horninovém prostředí jsou přítomny radioaktivní prvky právě tak jako v hydrosféře, biosféře a atmosféře. Horninové prostředí však podstatně ovlivňuje a dokonce určuje regionální rozložení radioaktivity.

Přírodní radioaktivní prvky v horninách jsou zdrojem jaderného záření alfa, beta, gama a neutronového záření. Hlavními zdroji jaderného záření v horninách jsou draslík, uran a thorium. Izotopy <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U a <sup>232</sup>Th jsou mateřskými prvky rozpadových řad, jsou nestabilní a jsou zdroji jaderného záření. Důležitými radionuklidy rozpadové řady <sup>238</sup>U jsou izotopy

$^{222}\text{Rn}$  (radonu), přítomné ve všech horninách a v půdním vzduchu jako radioaktivní emanace. Izotopy radonu vysílají záření alfa.

Velkou část Českého masívu tvoří moldanubikum, v němž je mnoho silně metamorfovaných hornin prostoupeno plutony magmatitů. V pararulách a svorech, které jsou nejrozšířenějšími horninami šumavského moldanubika i moldanubika Českého lesa, je pole radioaktivity monotónní, se středními hodnotami  $D_a$  ( $D_a$  – veličina dávkového příkonu záření / $\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ /) pohybujícími se mezi 60 a 90. Vyšší radioaktivitu vykazují ortoruly šumavské větve moldanubika ( $D_a$  60-100). Tělesa granitoidů moldanubického plutonu mezi Volary a Pískem mají mnoho draslíku, uranu a thoria a patří k horninám s největší regionální radioaktivitou (150-200  $D_a$ ) Českého masívu (MATOLÍN, 1970).

Radon, který je produktem přírodního rozpadu uranového izotopu  $^{238}\text{U}$  se napřed mění na radium  $^{226}\text{Ra}$ , pak na radon  $^{222}\text{Rn}$  a dále na tzv. dceřiné produkty, jimiž jsou izotopy Po, Bi a Pb. Tyto produkty rozpadu již nejsou plynem, nýbrž pevnými částicemi (solidus), které mají kovovou povahu a mohou se vázat na částice vzdušného aerosolu. S těmito částicemi lidé vzduch vdechují do plic a dceřiné produkty se mohou při vyšší koncentraci akumulovat v plicním epitelu a způsobovat vnitřní ozáření organismu a vést až ke karcinogenním změnám a onemocnění rakovinou plic. Hlavním zdrojem, z něhož radon pochází, je horninové prostředí, druhotnými zdroji jsou stavební materiály a voda dodávaná do objektů.

Primárně tedy radon vzniká radioaktivním rozpadem v minerálech. Difúzí a konvekcí migruje do vzduchu v horninovém prostředí a do vod, později i do staveb. K difúzi dochází tepelným pohybem molekul a atomů plynu v půdním vzduchu. Atomy radonu se dostávají na malou vzdálenost z minerálů do pórů rychlostí řádu centimetrů za sekundu. Intenzivnější migraci radonu způsobuje však konvekce, která je vyvolána teplotními a tlakovými gradienty. Radon se v půdním vzduchu pohybuje propojenými póry, po trhlinách a zvodnělých tektonických poruchách ve směru snižujícího se tlaku. Dojde k tzv. komínovému efektu, což je nasátí vzduchu s radonem do objektu. Z uvedeného popisu mechanismu šíření radonu vyplývá, že pórozita a propustnost hornin a půd jsou rozhodujícími faktory. Dobře propustné horniny a zeminy (jako štěrky a písky) podporují migraci radonu, zatímco jíly působí jako bariéra. Významný vliv na šíření radonu horninovým prostředím mají také zlomy i další tektonické struktury (YANG, 2007, BARNET et al. 2008).

Protože hlavním zdrojem radonu je horninové prostředí (geologické podloží), je pro ochranu obyvatel před ozářením z dceřiných produktů radonu důležité znát jeho distribuci ve sledovaném území. Tato znalost umožňuje volit vhodná preventivní opatření proti pronikání radonu do projektovaných a stavěných objektů s obytnými nebo pobytovými místnostmi, případně aplikovat nejúčinnější protiradonová opatření v již zkolaudovaných stavbách.

#### 2.4.5 Látkové toky

V polovině osmdesátých let se začalo s dlouhodobým studiem vybraných malých povodí, na kterých bylo možné studovat látkové toky v krajině. Tento úkol, kterým byl pověřen Ústřední ústav geologický (dnes Česká geologická služba), navázal na státní úkol „Optimalizace geochemických procesů v krajině“, u jehož zrodu stál Bedřich Moldan. Cílem bylo sledovat přínos látek do povodí, jejich odnos a srovnat jejich celkovou bilanci. Malá povodí jsou vhodná pro toto studium, protože umožňují sjednocenou metodikou studovat vstupy a výstupy látek i případné překročení kritických zátěží pro některé složky. V České republice dostal projekt, zavedený v Ústředním ústavu geologickém MOLDANEM et al. (1986), název GEOMON (*Geochemical Monitoring of Representative Basins*). Tento systém geochemického monitoringu reprezentativních malých povodí má být součástí integrovaného ekologického sledování životního prostředí a má sloužit jako nejuniverzálnější systém včasného varování, objektivně signalizující změny prostředí a odchylky od dlouhodobé přírodní rovnováhy (FOTTOVÁ in MOLDAN et al., 1986).

Povodí v republice byla vybrána tak, aby byla skutečnými hydrologickými a hydrogeologickými jednotkami, aby jejich geologické podloží bylo pokud možno homogenní, aby měla stabilní vegetační pokryv a nebyla ovlivněna lokálními zdroji znečištění. Zjednodušeně jde o pramenné a horní části toků. Zvolená povodí reprezentují oblasti s různým geologickým podkladem, s různým stupněm odumírání lesů a různým regionálním znečištěním. Podle toho jsou vybraná povodí rozdělena na několik skupin:

a) Takzvaná *imisní povodí*, v příhraničí severních a západních Čech i severní Moravy se zřetelnými známkami degradace lesní vegetace. Patří sem tato povodí:

Uhlířská	(UHL)	v Jizerských horách
Modrý potok	(MOD)	v Krkonoších
U dvou louček	(UDL)	v Orlických Horách

Jezeří	(JEZ)	v Krušných horách
Červík	(CER)	v Beskydech.

b) Povodí tzv. *přechodné skupiny*, která jsou sice ovlivněna regionálním znečištěním, ale nejsou v nich patrné známky poškození lesní vegetace. Jsou to:

Lysina	(LYS)	ve Slavkovském lese
Pluhův Bor	(PLB)	ve Slavkovském lese.

c) Třetí skupina povodí je nazývána *pozad'ovými povodími*, což jsou povodí tzv. „čistá“, bez vlivu regionálního znečištění a s nenarušenou lesní vegetací. Sem patří:

Anenský potok	(GEM)	na Českomoravské vrchovině
Salačova Lhota	(SAL)	na Českomoravské vrchovině
Polomka	(POM)	na Českomoravské vrchovině
Loukov	(LKV)	na Českomoravské vrchovině
Na lizu	(LIZ)	na Šumavě
Spálenec	(SPA)	na Šumavě
Lesní potok	(LES)	na Říčansku.

Na povodích jsou sledovány toky látek a vypočítávány kritické zátěže oxidů síry, dusíku a těžkých kovů. Pravidelným sledováním, tj. odběry vody a jejich analýzami pak lze vypočítat bilanci jednotlivých složek. Kritická zátěž pro určitou složku životního prostředí byla definována PAČESEM (1998) „*jako vypočítané množství jejího atmosférického a zemědělského přínosu do terestrického ekosystému, které zvýší koncentraci složky na takovou výši, která ještě není škodlivá současným organismům*“. V posledních letech pojali do svých studií organizátoři projektu i roli biosféry včetně lidské činnosti, což vedlo k rozšíření původního názvu na současný – BIOGEOMON.

#### 2.4.6 Narušení horninového prostředí – geologická rizika

Horninové prostředí, které vzniká komplexem složitých geologických procesů je stabilní po kratší či delší dobu. Různými vlivy se může dostat do nestabilního stavu a potom nastane jeho porušení. Porušení je *přírodní* nebo *umělé* – *antropogenní*. Zatímco k přírodnímu porušení dochází po celou dobu geologické historie, antropogenní narušení horninového prostředí nabývá na intenzitě zejména během posledních 100 až 150 let.

Narušení horninového prostředí můžeme rozdělit na narušení *mechanické a chemické*, přičemž mechanické je daleko zřetelnější a nápadnější. Narušení mohou být také rychlá a dosáhnout takových rozměrů, že mohou mít až katastrofický charakter. Proto taková narušení můžeme považovat za rizikové geofaktory.

#### **2.4.6.1 Přírodní narušení horninového prostředí**

SUK (1999) dělí přírodní geologická rizika dle působení vnějších a vnitřních sil Země na:

1. Pohyby zemského povrchu
  - ☞ pohyby litosférových desek a pohyb kontinentů (kontinentální drift)
  - ☞ orogenetické a epeirogenetické pohyby dlouhodobé i náhlé
  - ☞ svahové pohyby
  - ☞ zemětřesení, jimiž se vyrovnávají tlaky v zemské kůře
2. Vulkanické jevy, k nimž patří sopky a jejich produkty (lávové proudy, tefra, sopečné bahnotoky – lahary, sopečné povodně z ledovců a sněhu, žhavá sopečná mračna a sopečné plyny)
3. Eroze a zvětrávání, desertifikace zahrnují jak erozi vodní (dešťová, říční, jezerní a mořská), glacigenní, tak i erozi větrnou
4. Povodně a tsunami
5. Působení vlastností minerálů a hornin, radonové riziko
6. Působení geofyzikálních polí
7. Geochemické faktory a jejich vliv na člověka
8. Srážka Země s nebeským tělesem (meteoritový impakt).

Odlíšnou klasifikaci i když logicky v podstatě shodnou, lépe zaměřenou na podmínky v České republice nabízejí KUKAL a REICHMANN (2000):

#### **1. Mechanické narušení horninového prostředí**

- a) Rychlé zemětřesené (seizmické) pohyby
- b) Pomalejší pohyby podél živých (aktivních) zlomů

- c) Sopečná činnost
- d) Gravitační pohyby, tj. sesuvy, laviny, bahnotoky, skluzy, skalní řízení
- e) Katastrofické poklesy povrchu vlivem vzniku krasových a pseudokrasových dutin a puklin
- f) Zrychlená eroze půd, hornin a zvětralin vlivem katastrofických procesů (větrné smrště, povodně)
- g) Zrychlená sedimentace vlivem katastrofických procesů (povodně, prachové bouře)
- h) Náhlé přírodní změny režimu podzemních a povrchových vod
- i) Náhlé změny vlivem přírodního porušení vegetace
- j) Střet Země s mimozemským tělesem.

## **2. Chemické narušení horninového prostředí**

- a) Rychlé srážení nových minerálů a jejich asociací z horkých i studených vod
- b) Zrychlené rozpouštění hornin, zejména solí a karbonátů, vznik krasových i jiných dutin a puklin
- c) Zrychlené zvětrávání hornin vlivem anomálních meteorologických a klimatických procesů
- d) Mimořádné obohacení půd a sedimentů některými prvky následkem vulkanických a postvulkanických procesů
- e) Mimořádně silný atmosférický spad rozložitelného cizorodého materiálu
- f) Rychlé obohacení půd, zvětralina hornin organickými látkami vlivem katastrofálního odumírání vegetace
- g) Zvýšená radioaktivita vlivem přírodní koncentrace radioaktivních minerálů, spojená též s emanací radonu.

Jak mechanická, tak i chemická rizika narušení horninového prostředí nepůsobí jednotlivě a izolovaně. Často je určitý způsob narušení následkem jiného nebo působí společně.

### **2.4.6.2 Antropogenní narušení horninového prostředí**

Lidská činnost narušuje horninové prostředí a mnohdy urychluje procesy jeho přírodního narušení takovým způsobem, jaký příroda nezná. Podíl antropogenního narušení se

---



zvyšuje s rostoucí hustotou osídlení, s intenzitou hospodaření a s rostoucí technickou vyspělostí civilizace.

Přírodovědci a ochránci životního prostředí si uvědomují již od poloviny minulého století nepříznivý vývoj životního prostředí, působený lidskou činností. Upozorňovali však většinou pouze na vymírání živočišných druhů, nepříznivé změny původní vegetace, pak na změny v hydrosféře a atmosféře a celkové ovlivnění krajiny. Popisy vlivů člověka na horninové prostředí byly sporadické. Průkopníkem badatelského směru, který věnuje pozornost a poukazuje na nepříznivé následky působení lidské činnosti na organický i anorganický svět je Američan MARSCH (1864, 1885). Jeho monografie „Man and Nature“ a „The Earth as modified by human action“ jsou významným přínosem pro tuto oblast výzkumu.

Dalším krokem ke zdůraznění vlivu člověka na horninové prostředí bylo vydání knihy TURNERA et al. (1990) „Earth as transformed by human action“ (další dvě vydání v letech 1993 a 1995), kde současní autoři již hovoří o přeměně horninového prostředí, nikoliv pouze o jeho pozměňování. Značný význam měla i kniha „Geology and environment of Western Europe“ (LUMSDEN, ed., 1992), kterou vydala organizace FOREGS (Forum of European Geological Surveys). Bylo plánováno další vydání, do kterého by byla zahrnuta i střední Evropa včetně České republiky, práce však byly odloženy. Významným přínosem pro hodnocení horninového prostředí je mezinárodní konference v roce 1995 v Princetonu ve Spojených státech, jejíž závěry byly publikovány ve sborníku „Man's role in changing face of the Earth“.

V roce 1991 se konala v dobříšském zámku v České republice mezinárodní konference evropských ministrů životního prostředí, z níž vzešel sborník „Europe's environment, the Dobříš Assessment“, vydaný v roce 1995. I když je zde největší pozornost věnována vodám, atmosféře, vegetaci a krajině, horninové prostředí není opomenuto.

K prosazování zájmů ochrany horninového prostředí zejména při střetu se zájmy o využívání nerostných surovin přispělo zřízení Odboru ochrany horninového prostředí na Ministerstvu životního prostředí v roce 1990. Ministerstvo spolu s Českým geologickým ústavem (dnes Česká geologická služba) organizovalo několik let po sobě seminář „Geologové proti ničení životního prostředí“, kde byly probírány různé aspekty ochrany horninového prostředí.

Horninové prostředí (intenzivnější využívání litosféry a jejích zdrojů) bude také podle SUKA (1999) prioritou při zajišťování potravin, vody a surovin pro obyvatele Země, zejména ve využívání:

- a) půdy
- b) vody
- a) energetických zdrojů
  - ☞ uhlí, uran, ropa a zemní plyn
  - ☞ geotermální energie
  - ☞ sopečná energie a energie magmatických krbů
  - ☞ potenciální zdroje, které bude možno využívat v budoucnosti (palladium, vápenec, jaderná energie ze slučování lehkých jader, ...)
- b) nerostné suroviny  
(např. kámen, štěrkopísek, cihlářské suroviny)
- c) pro cestovní ruch
- d) ukládání odpadů
- e) podzemní skladování a ostatní využití podzemních prostor.

Při takovémto intenzivním využívání litosférických zdrojů urychlí lidská činnost také geologické procesy, které budou mít bezprostřední vliv na studované geofaktory. Do popředí konkrétně vystupují:

- ☞ riziko kontaminace podzemních vod
- ☞ riziko změn režimu podzemních vod
- ☞ riziko ohrožení minerálních pramenů
- ☞ kontaminace horninového prostředí
- ☞ riziko zvýšené radioaktivity
- ☞ znečištění půd.

Některé geologické procesy se mohou stát rizikovými až katastrofickými. Patří mezi ně hlavně:

- ☞ změny reliéfu těžbou a haldami, poddolování a poklesy zemského povrchu
- ☞ sekundární seizmicita a svahové pohyby
- ☞ zvětrávání, sedimentace a eroze
- ☞ vznik antropogenních minerálů a hornin

#### 2.4.7 Vliv antropogenní činnosti na rozsah a zrychlení geologických procesů

Lidská činnost je jedním z procesů, které utvářejí a ovlivňují horninové prostředí. Antropogenní faktor je mnohdy účinnější než faktory přírodní. V některých případech urychlí dokonce lidská činnost geologické procesy tak, že se stávají rizikovými až katastrofickými. Mezi tyto důsledky patří hlavně poklesy zemského povrchu, zvětrávání, sedimentace, eroze, svahové gravitační pohyby a další pochody, které působí na horninové prostředí z atmosféry, hydrosféry a biosféry. Cenné údaje tohoto druhu shrnuje ve své publikaci KUKAL (1990), SUK (1999) i JAKEŠ (2005).

Nejdůležitější aktuální dopady antropogenní činnosti na geologické procesy v našich podmínkách jsou:

##### **poddolování**

kteří je spjaté se změnami hydrodynamických a hydrostatických podmínek i umělým zatížením zemského povrchu (vlivem zástavby). Poklesy vyvolané těmito příčinami nazval NIKONOV (1976) pohyby technogenními

##### **zvětrávání**

spolu s tvorbou půd se vlivem lidské činnosti zrychluje v průměru až desetkrát (KUKAL a REICHMANN, 2000) ve srovnání s přírodním pochodem. V případě tvorby půd je to zřejmě jediný případ, kdy takové urychlení geologických pochodů vítáme, neboť přirozená rychlost vzniku půd na pevných horninách je udávána v řádu milimetrů a na nezpevněných sedimentech a zvětralinách 1-2 cm na 1000 let. Nepříznivý vliv má však lidská činnost při zvětrávání stavebních materiálů ve velkoměstech, které se zrychlilo ve druhé polovině 19. století vlivem průmyslové revoluce WINKLER (1974). Tyto negativní vlivy potvrzují i práce – DUDKOVÉ (1977), KONTY (1984), ŠRÁMKA (1985), KUKALA et al. (1989) a další.

S ohledem na uvolňování sutí, vznik sesuvů a případně i řícení skal je důležité studium zvětrávání hornin v umělých zářezech stavenišť, silnic, železnic a v opuštěných lomech, na kterém se podílí vedle inženýrské geologie i petrologie

##### **eroze**

je urychlována zejména necitelnými zásahy do krajiny – odlesňování, regulace toků, nevhodné obhospodařování zemědělské půdy, apod. V našich podmínkách pak eroze

říční, jezerní či větrná (zejména půd bohatých na živiny) výrazně zvyšuje eutrofizaci vodních nádrží a snižuje úrodnost erodovaných půd

#### **sedimentace**

je zejména v hustě osídlených oblastech s průmyslovou a stavební činností významně ovlivňována lidskou činností. Zrychlená sedimentace je pak rizikovým geofaktorem, neboť zanesením koryt toků ovlivňuje jejich průtočný režim a může způsobit i zátopy, nebo může dojít v přehradních nádržích i k havárii na energetických zařízeních. Z povodní v roce 2002 máme ještě v živé paměti nános a usazování splavenin na polích, loukách, lidských sídlištích a komunikacích. Ve velkoměstech a v průmyslových oblastech způsobuje vzdušná (eolická) suspenze mimořádně rychlou eolickou sedimentaci, kterou nazýváme atmosférickou depozicí.

## **2.5 Soudobé poznatky ze studia a hodnocení geofaktorů u nás a v zahraničí**

Lidská civilizace vyvolává od počátku 19. století obrovské látkové toky, které nemají v přírodním prostředí obdoby, kde podobné procesy probíhají tisíce a desetitisíce let. Podle MOLDANA (1983) je dnešní látkový tok spjatý s činností člověka asi 3-5x větší, než látkový tok spojený se sedimentačním cyklem. Obrovský rozsah lidské činnosti s sebou přináší řadu nečekaných důsledků, které značně poznamenávají přírodu rozsáhlých oblastí. Vzrůst koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší, eutrofizace vodních nádrží, přenos pesticidů potravním řetězcem, kontaminace pitné vody dusíkatými látkami, ohrožení ozonové vrstvy halometany a regionální výskyt kyselého deště – to jsou příklady významných procesů, které ovlivňují rozsáhlá území či celou planetu.

Celosvětový zájem a pozornost jsou v současnosti soustředěny na okyselování (acidifikaci) přírodního prostředí – srážek, povrchové vody a půdy. Jev, který byl izolovaně pozorován již od počátku 20. století a masově od začátku šedesátých let, dnes postihuje rozsáhlé oblasti Evropy a Spojených států amerických. Proto v Evropě existují již plně fungující monitorovací systémy, například National Swedish Environmental Monitoring Programme PMK (BERNES, 1985), Integrated Monitoring in the Nordic Countries (Guidelines for Integrated Monitoring, 1987), Hydrologische Untersuchungsgebiete in der Bundesrepublik Deutschland (IHP/OHP, 1983). Podrobně je sledováno jezero Gårdsjön ve Švédsku (ANDERSSON, OLSSON, 1985), Plynlimon ve Walesu (HORNUNG, 1981), Storgama v Norsku (CHRISTOPHERSEN et al., 1983), povodí v Polsku (GRODZINSKY,

1984), řada povodí v Holandsku, Austrálii, ve Francii a v dalších zemích (ERIKSOON, 1984). Obdobné programy běží i v Severní Americe, kde jsou podrobně sledována povodí Hubbard Brook, Coweeta a další (LIKENS et al., 1977, CORREL, 1977).

Také u nás probíhá již po léta výzkum řady povodí. Nejdéle jsou sledována povodí říčky Trnávky na Českomoravské vrchovině a povodí Jezeří v Krušných horách (PAČES, MOLDAN, 1981; PAČES, PAČESOVÁ, 1988; KINKOR, 1988). V současnosti monitoruje Česká geologická služba pravidelně čtrnáct malých povodí programu BIOGEOMON. Jejich cílem je objasnit a upozornit na příčiny environmentálních změn, rychlost těchto změn včetně prognóz vývoje do budoucnosti.

Pro celkové posouzení a hodnocení geofaktorů je nutná souborná kategorizace jednotlivých geologických procesů, které neposuzujeme odděleně, ale jako řetězec navzájem podmíněných podnětů, zprostředkovaných vlivů a následků. Jelikož je v geologických vědách nejlépe propracovanou metodou mapování, jsou i výsledky hodnocení geofaktorů vyjádřeny převážně synteticky v mapách. Mapy přinášejí základní údaje, zhodnocují geologické a další faktory z hlediska ekologických soustav hospodaření, založených na látkové energetické bilanci území. Dále poskytují údaje pro optimalizaci hospodaření s vodními zdroji z hlediska jejich účinné ochrany a racionálního využívání, minimalizace zásahů do přirozeného vodního režimu krajiny, dosažení optimální vodní bilance v rámci povodí z hlediska požadavků společnosti a ekologických možností krajinných systémů. Mapy přinášejí i podklady pro propojení jednotlivých složek v krajině systémem koridorů ekologické stability. Tvoří také důležitý podklad pro zajištění ekologicky nejlepšího řešení v rámci investiční výstavby v souladu s ochranou přírodních zdrojů CÍCHA et al., 1995). Geologickými mapami se vztahem ke geofaktorům jsou nejlépe pokryta území Rakouska, Německa, Slovenska a České republiky, kde má geologické mapování velkou tradici. Velkým přínosem pro další rozvoj této problematiky byl také 5. mezinárodní kongres Mezinárodních asociací inženýrských geologů v roce 1986 v Buenos Aires, který podnítl řadu výzkumných prací, týkajících se velkých geologických celků (např. MARINOS et al., 1997, MIHALIĆ, 2005), či speciálních úkolů (PROSKE et al., 2005). V současné době však můžeme pozorovat určitý ústup ze sledování a hodnocení geofaktorů v globálním a teritoriálním měřítku. Stále častěji jsou řešeny lokální, či regionální problémy (MARSCHALKO et al., 2008) spojené se změnami našeho životního prostředí. Do popředí se tak dostávají zejména problémy související se svahovými pohyby (KREJČÍ et al., 2007, MORAVCOVÁ et al. 2008) a povodněmi jak na

našem území (MARSCHALKO a LAHUTA, 2009), tak i v sousedních zemích (BALIAK, 2009). Velká pozornost je dnes věnována také rozvojovým zemím v Asii, Africe, či Střední Americe (ANDREAS, ALLAN, 2007), kde se významnou měrou uplatňují i naši geologové (KYCL et al., 2009, BURDA et al., 2009 a NOVOTNÁ et al., 2009). Studia geofaktorů a krajiny však musejí být v současné době nutně multidisciplinárním přístupem, neboť geologický dopad fyzikálních, chemických, biologických a kulturních sil nikdy nemůže být úplně oddělen a není možné jej vyhodnocovat a kvantifikovat odděleně a v detailu (WESTBROEK, 2003).

Hodnocení geofaktorů, zejména s důrazem na jejich vazby s ostatními složkami životního prostředí, v jiné rovině, než-li v mapách je však stále ojedinělé a málo exaktní.

Jeden z postupů pro hodnocení geofaktorů u nás podávají KUKAL a REICHMANN (2000), kteří rozdělují intenzitu narušení horninového prostředí České republiky na pět kategorií, zvláště pro narušení mechanické a zvláště pro chemické:

### **Mechanické narušení horninového prostředí**

*1. stupeň* – oblasti bez nebezpečí zrychlené eroze a sedimentace, nekrasové terény bez poklesů povrchu, minimální riziko svahových pohybů. Žádná důlní činnost, pouze lokální a většinou opuštěné lomy a pískovny. Jen malé a běžné stavební práce. Větší chráněné krajinné oblasti.

*2. stupeň* – může se projevit lokální zrychlená eroze a občasné zazemnění vodních nádrží. Přítomny jsou starší svážné terény, kde by se mohly případně reaktivovat sesuvy. Mohou se objevit krasové a pseudokrasové jevy s občasným nebezpečím poklesů povrchu. Vyskytují se ojedinělé větší lomy, mohou být přítomna starší důlní díla včetně hald, avšak malého rozsahu. Běžné stavební a zemní práce.

*3. stupeň* – oblasti s aktivními svážnými terény menších rozměrů. Mohou do nich zasáhnout krasové a pseudokrasové terény s rizikem propadnutí povrchu. Zrychlená eroze na svazích, občasná rychlejší sedimentace ve vodních nádržích. Hustší osídlení, příp. intenzivnější zemědělská činnost. Více činných a opuštěných lomů. Mohou být přítomny důlní práce menšího rozsahu.

*4. stupeň* – oblasti jsou často postihované svahovými pohyby, údolní nivy občas zaplavované, občasná rychlejší sedimentace i katastrofického charakteru. Půdní eroze na svazích může být velmi intenzivní. Průmyslová činnost je rozsáhlá, infrastruktura silně

rozvinutá. Husté osídlení, zemní práce většího rozsahu, mnoho aktivních i opuštěných lomů, důlní činnost značného rozsahu. Celkové značné antropogenní přetváření krajiny. Méně než 50% plochy povrchu bez přemístění velkého množství hornin a zemin.

5. *stupeň* – oblasti se zcela převládajícím antropogenním vlivem, více než 50% plochy povrchu postiženo značným přemísťováním velkých objemů hornin a zemin, povrch se může blížit typu „měsíční krajiny“. Povrchové a podpovrchové dobývání nerostných surovin, zemní práce značného rozsahu, poddolovaná místa s nebezpečím propadání povrchu. Hustší osídlení, městské aglomerace. Lidská činnost může způsobit katastrofické svahové pohyby, silnou erozi a mohutnou sedimentaci při záplavách údolních niv. Mimořádná koncentrace průmyslové činnosti.

### **Chemické narušení horninového prostředí**

1. *stupeň* – podzemní vody neznečištěny. Řídké osídlení bez průmyslu a s málo intenzivním zemědělstvím, půdy bez rizika nadměrného obohacení nitráty.

2. *stupeň* – lokální a mírné znečištění podzemních vod a půd. Bez nebezpečí rozsáhlejších kontaminací. Řidší osídlení, malý průmysl, zemědělství může být intenzivnější. Kontaminace rizikovými prvky nedosahuje limitních hodnot.

3. *stupeň* – riziko výraznějšího znečištění podzemních vod a půd, kontaminace těžkými kovy může místy a občas dosáhnout nadlimitních hodnot. Hustší osídlení s průmyslem a zemními pracemi. Kontaminaci vod může ovlivnit i důlní činnost. Půdy ovlivněny atmosférickou depozicí.

4. *stupeň* – značné znečištění. Kontaminace podzemních vod se šíří akvifery. Půdy znečištěny na značné ploše, obsahy rizikových stopových prvků často přesahují nadlimitní hodnoty. Nutnost sanací některých radonových emanací. Husté osídlení, případně intenzivní zemědělství.

5. *stupeň* – katastrofické znečištění podzemních a povrchových vod rizikovými prvky, výskyt nadlimitních koncentrací. Půdy postiženy atmosférickou depozicí. Radonové riziko může dosáhnout značného stupně.

Uvedené kategorie narušení horninového prostředí oddělují narušení mechanické od chemického, ale v přírodě obvykle působí oba typy společně – narušení je smíšené.

Významným přínosem pro hodnocení geofaktorů u nás je návrh metodiky standardizace zátěží faktorů životního prostředí autorů MYSLIL, STIBITZ (1998), která má umožnit plošné zhodnocení současného stavu životního prostředí, kvantifikování existujících zátěží v rámci regionů i celé ČR, posouzení zranitelnosti jednotlivých složek životního prostředí a poznání senzitivity území ve vztahu k trvale udržitelnému rozvoji společnosti. Základním přístupem k řešení je dělení faktorů životního prostředí na skupiny, kdy horninové prostředí je primární. Sekundární faktory jsou v interakci horninového prostředí s vodou a plyny a terciární skupinou jsou zásahy způsobované člověkem, nebo-li antropogenní vlivy. Jednotlivé faktory jsou hodnoceny bodově (v rozsahu 0-10 bodů) a v celku je každé skupině faktorů přiznávána jiná bodová váha (1,1 až 2,0) tak, aby byl celek jednotně matematicky charakterizován. Za nejvhodnější plochy pro studium a hodnocení geofaktorů jsou volena dílčí povodí. Cílem metody je zvýraznit v jakémkoliv území rozhodující faktor, podat obraz o současném stavu horninového prostředí a prognózovat jeho další vývoj. Výstupem mají být mapy ekologické senzitivity území, které mohou být součástí jiných geografických informačních systémů. Třebaže tento systém hodnocení geofaktorů nemůže nahradit místní detailní šetření pro řešení specifických úkolů, je pozitivní ve své otevřenosti, která umožňuje vkládat další faktory a studovat je samostatně nebo v celkovém kontextu. V současnosti je navržená metoda ověřována v praxi a po úpravách, či doplněních bude nabídnuta pracovníkům státní správy.



## 2.6 Shrnutí

Na základě podrobné rešerše k uvedené problematice lze vyslovit názor, že dosud není v tuzemsku ani v dostupných literárních zahraničních zdrojích prezentována ucelená metodika pro hodnocení geofaktorů, která by byla přijata a využívána aplikační sférou. Na druhé straně je pociťován zřetelný tlak na vědecko-výzkumnou základnu na vypracování takovéto metodiky a její ověření v praxi. Na základě konzultací s předními odborníky z oborů, zahrnujících danou problematiku (KUKAL, SUK, MOLDAN, DUMBROVSKÝ, FOTTOVÁ) a projektantů, zabývajících se krajinou (DRS, DOUCHA) bylo doporučeno se touto problematikou zabývat.

### 3. HYPOTÉZA

Charakter a vlastnosti horninového prostředí předurčují a podstatnou měrou ovlivňují využívání jak celé krajiny, tak zejména jejích jednotlivých složek. Krajina je na základě přírodních podmínek využívána pro lesní či zemědělské hospodaření, průmyslovou a sídelní činnost. Antropogenní činnost v krajině zpětně působí na horninové prostředí a často mění jeho přirozené vlastnosti a urychluje jeho vývoj. Tyto změny, které souvisejí na konci 20. století se změnou politického systému jak v České republice, tak i ve Východní Evropě, lze nejlépe sledovat na chemismu látkových toků ve svrchní části pokryvných útvarů (půdách, substrátech, zvětralinách) a v povrchových vodách malých povodí, které se stávají nedílnou součástí geologických výzkumů.

*Hypotézou této práce je, že lze postihnout vnitřní vazby geofaktorů se základními složkami krajiny, indikovat stupeň narušení jejich stability a hodnotit je pomocí uceleného metodického postupu.*

### 4. CÍLE PRÁCE

#### 4.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem práce je navržení metodického postupu pro hodnocení geofaktorů v krajině a jeho ověření na modelovém území Zdíkova na Šumavě.

#### 4.2 Dílčí cíle

- Aktualizace poznatků o geologické stavbě území, oběhu, vydatnosti a chemismu podzemních vod.
- Vymezení inženýrskogeologických rajónů pro urbanistické využití území a stanovení radonového rizika.
- Postižení intenzity a změn geochemických procesů v horninovém prostředí ve vztahu ke změnám ve využívání krajiny. Podrobně bude zpracováno lesní mikropovodí LIZ a rámcově celé povodí Zdíkovského potoka ve srovnání se změnami v jednotlivých krajinných jednotkách.

## 5. MATERIÁL A METODIKA

### 5.1 Materiál

#### 5.1.1 Výběr modelového území

Území Šumavy patří k oblastem ve Střední Evropě, kde se dosud pouze v malé míře projevíly negativní vlivy lidské průmyslové činnosti. Modelové území - povodí Zdíkovského potoka v katastru obce Zdíkov se nalézá na rozhraní Vimperské vrchoviny a Šumavských plání v Chráněné krajinné oblasti Šumava (vytvořené v roce 1963), kde jsou zachovány původní lesní porosty – horské klimaxové smrčiny, acidofilní horské bučiny a další zajímavá společenstva, např. rašeliniště.

Modelové území má v průměru nadmořskou výšku kolem 750 m. n. m. Vzorové povodí Zdíkovského potoka č. 1-08-02-013 o rozloze 17,218 km<sup>2</sup> je povodí IV. řádu. Pramen Zdíkovského potoka je vzdálen asi 3,5 km od obce Zdíkov a leží ve Zdíkovském lese v nadmořské výšce 980 m. n. m., poblíž vrcholu Hrb 1 074 m. n. m.

Od konce roku 1983 je v lesním mikropovodí Liz a Albrechtec pravidelně sledován chemismus povrchového odtoku i atmosférických srážek, komplexní látkový tok je v povodí Zdíkovského potoka sledován od roku 1988. Sledování hydro-meteorologických jevů má ve studovaném území dlouhou tradici, neboť u zdíkovského zámku byla od roku 1879 „stanice dešťoměrná“, která vznikla z podnětu Hydrografické komise (univ. prof. F. J. Studnička) a Lesnického spolku pro Království české. Tradice pravidelných záznamů „meteorologických“ pozorování, které pořizoval zámecký panský zahradník Jan Šimek a potom jeho zeť František Horejš, se však datuje již od roku 1858.

V zájmovém území se nachází několik obcí, z nichž největší je obec Zdíkov je vzdálená asi 5,83 km od města Vimperk. Spádovými obcemi a osadami jsou Albrechtec, Masákova Lhota, Klasetín a Zábrod. Celkový podíl sídelních struktur činí 4,2% plochy zájmového území. Zemědělská činnost vychází z principů hospodaření v oblastech horského zemědělského výrobního typu. Po roce 1998 probíhá postupně přechod od intenzivní zemědělské výroby k extenzivnímu využívání půdního fondu. Téměř třetina orné půdy (z původních 315 ha na 110 ha) byla zatravněna, výrazně vzrostl (o 7%) podíl pastevně využívaných travních porostů (tabulka č. 1). Na méně svažitých pozemcích se hospodaří

na orné půdě. Vysokého podílu zalesnění území (přes 60%) s převahou smrkové monokultury využívá lesní hospodářství ve státních a obecních lesích.

V současné době je v povodí Zdíkovského potoka zemědělskou činností obhospodařováno 510 ha půdy. Největším hospodařícím subjektem je zemědělské družstvo Šumava Zdíkov a dále soukromý zemědělec (v dolní části povodí). Převažuje zde pastevní systém chovu skotu s netržní produkcí mléka v kombinaci s pastvou koní a v menší míře ovcí.

### 5.1.2 Studium geofaktorů v modelovém území

Z geologického hlediska je území součástí šumavské větve moldanubika v typickém horninovém vývoji (metamorfika, granitoidní horniny). Obě studovaná sousedící malá povodí leží na obdobném horninovém podloží tvořeném převážně sillimanit-biotitickými pararulami až migmatity. To jsou hlavní důvody, proč bylo vybráno povodí Liz (na Zdíkovském potoce) a Albrechtec (na Adámkově potoce) pro systematický výzkum biogeochemických procesů a zejména pro dlouhodobý monitoring jejich změn. Povodí Liz a Albrechtec jsou z hydrologického hlediska studována již 33 let, látkový tok je sledován 20 let (JEHLIČKA, 1988).

Povodí jsou zalesněna, avšak v dolní části povodí Liz se v 70. letech vytvořila v důsledku kalamity a velkého množství sněhu světlina, jejíž poloha postupně vzrostla až na 270 ha. V severozápadní části povodí Albrechtec se nachází jezírko Kyz, což je zatopená jáma v odvalech po bývalé těžbě křemene pro sklárny. Hladina vody zde během roku nepatrně kolísá, hloubka jezírka, které postrádá povrchový odtok, je asi 14 metrů (MANDÁK, 1977).

Od konce roku 1983 je v uvedených povodích pravidelně sledován chemismus povrchového odtoku i atmosférických srážek. Srážky jsou vzorkovány 1x měsíčně (vždy počátkem měsíce) pomocí odběrového zařízení pro odběr celkových srážek. Povrchový odtok z povodí Liz je vzorkován denně za účelem orientačního měření pH, vodivosti, alkality a spolu s povodím Albrechtec pak 1x měsíčně pro účely stanovení všech významných složek: pH, vodivost, alkalita, Na, K, Mg, Ca, NH<sub>4</sub>, F, Cl, SO<sub>4</sub>, TOC, Al, Fe, Mn, Zn. Jednou za měsíc je vzorkována také podzemní voda z pramene P 744 Zdíkovského potoka. Obě povodí jsou vybavena plovákovými limnigrafy Metra 501 s týdenní obrátkou registračního válce. Meteorologická pozorování jsou prováděna od roku 1976 poblíž hájovny „U Lizu“, vzdálené cca 450 m severně od závěru povodí Liz. Pro registraci atmosférických srážek je

využíván ombrograf Metra se záchytnou plochou 250 cm<sup>2</sup>. Meteorologické prvky jsou měřeny v 7.00, 14.00 a 21.00 hodin.



**Foto 1. Měrný přepad U Lizu (foto S. Škoda)**

### **5.1.3 Přírodní charakteristika modelového území**

#### **5.1.3.1 Geomorfologie**

První přesnější geografické vymezení Šumavy provedl v polovině 19. století významný český geolog Jan Krejčí (1825 – 1887). Ve své knize *Der Böhmerwald*, kterou vydal společně s profesorem Josefem Wenzigem, rozděluje šumavské pohoří na dva základní celky: Český les a Šumavu v užším slova smyslu. Současné horopisné členění Šumavy vychází ze Zeměpisného lexikonu ČSR: Hory a nížiny, zpracovaného kolektivem pracovníků pod vedením profesora Jaromíra Demka roku 1987.

Jedná se o provincii Česká vysočina, Šumavskou subprovincii (soustavu), podsoustavu Šumavská hornatina, která je tvořena celkem Šumavy a Šumavským podhůřím. Šumava patří mezi naše plošně nejrozsáhlejší pohoří s výměrou 2573 km<sup>2</sup>, z čehož 1630 km<sup>2</sup> zaujímá Chráněná krajinná oblast Šumava a 690 km<sup>2</sup> Národní park Šumava.

Modelové území se rozprostírá na rozhraní Šumavských plání a Vimperské vrchoviny. Šumavské pláně představují centrum šumavské horské klenby se zarovnaným povrchem s nadmořskou výškou nad 1000 m, která je zbytkem starého reliéfu, který se zachoval díky tomu, že sem dosud nepostoupila zpětná eroze vodních toků. Do své polohy byl vysunut tektonickými pohyby. Pláně se vyznačují plochým reliéfem o střední nadmořské výšce 980 m, nad něj vyčnívají do výše přes 1200 m oblé vrcholky (suky a odlehlíky) s častými tvary periglaciálního zvětrávání a odnosu. Pramení zde Teplá Vltava, Stašský a Zdíkovský potok. Na rozvodnici modelového povodí jsou nejvyššími vrcholy: Jilmová (978 m n.m.), Kamenná hora (1057 m n.m.), Hrb (1070 m n.m.) a Výška (1117 m n.m.). Údolí jsou mělká a otevřená, často je vyplňují rašeliniště.

### 5.1.3.2 Klimatické poměry

Území je charakterizováno jako chladná oblast, která přechází směrem do vnitrozemí v oblast mírně chladnou, vlhkou.

Vegetační období (průměrná denní teplota nad 5°C) zde nastupuje počátkem května. Období plné vegetace (průměrná denní teplota nad 10°C) přichází až počátkem června. Od 5. října lze pak očekávat konec vegetačního období (průměrná denní teplota pod 5°C). Z hlediska kolísání teplotní křivky lze pozorovat vzestup teploty od 15. ledna. Tento vzestup se zastaví mezi 14.–15. únorem, což je období zimního monzunu. Další vzestup teploty o 0,2-0,3°C denně nastává od 21. března. Ve dnech 10. a 11. května pravidelně vpadá na naše území studený vzduch ze severu, který způsobuje v tomto období noční mrazíky, které většinou nastávají již v plném rozvoji vegetace, a proto mají na svědomí značné hospodářské škody. Do 8. června teplota stoupá, ale pak následuje opět zastavení vzestupu nebo i pokles teploty, které vyvolává dlouhotrvající příliv chladného mořského vzduchu z Atlantského oceánu nad teplé evropské vnitrozemí a toto období opravdu bývá deštivější a chladnější. Od 15.–25. června teplota opět roste, aby v období od 15. července do 5. srpna dosáhla ročního teplotního vrcholu (hodnoty se pohybují kolem 14°C). Poté nastává pozvolný pokles, který končí přechodným vzestupem (přibližně o 0,4°C denně) ve dnech 26.–28. listopadu. Tento vzestup končí 1. prosince a od tohoto data už teplota klesá až do 15. ledna.

V roce 1910 bylo na základě 42 let dlouhé řadě záznamů meteorologických dat vypočítáno pro Zdíkov průměrné množství atmosférických srážek za rok – 799 mm a průměrný počet dnů se srážkami za rok – 98 (MANDÁK, 2002).

Tabulka 1: Teplotní charakteristiky zájmového území

Klimatická charakteristika podnebných oblastí	Chladné podnebné oblasti	
	Průměrná roční teplota v [°C]	2 - 4
Průměrná teplota v lednu v [°C]	-5 až -7	-3 až -6
Průměrná teplota v červenci v [°C]	12 - 15	14 - 16
Suma teplot nad 10°C	pod 2000	2000 - 2200
Počet mrazových dnů (min. teplota -0,1°C)	140 - 180	140 - 180
Počet ledových dnů (max. teplota -0,1°C, tzn. celodenní mráz)	60 - 70	40 - 70
Počet letních dnů (max. teplota 25°C)	0 - 30	10 - 30

Tabulka 2: Srážkové charakteristiky zájmového území

Klimatická charakteristika podnebných oblastí	Chladné podnebné oblasti	
	Průměrný roční úhrn srážek [mm]	1200 - 1600
Srážkový úhrn ve vegetačním období v [mm]	500 - 700	500 - 700
Srážkový úhrn v zimním období v [mm]	350 - 500	300 - 500
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	120 - 140	120 - 140
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	120 - 160	100 - 140

Tabulka 3: Charakteristika slunečního svitu v zájmovém území

Klimatická charakteristika	Hodnoty
Průměrný počet hodin slunečního svitu za rok	1644
Počet jasných dnů	30 - 40
Počet zamračených dnů	130 - 150

### 5.1.3.3 Geologie

Studované území se nalézá na listu geologické mapy M-33-XXVI Strakonice. První, kdo studovali geologické poměry této oblasti, jsou F. X. M. ZIPPE, F. von HOCHSTETTER a V. von ZEPHAROVICH, kteří v roce 1854 vytvořili geologickou mapu v měřítku 1:144 000. Další geologickou mapu okolí svého rodiště Zdíkova vytvořil J. N. WOLDŘICH (1875).

V roce 1961 byla vydána geologická mapa v měřítku 1:200 000, list Strakonice (KODYM et al., 1961) a povodí Spůlky v měřítku 1:25 000 zmapoval V. ČECH. Nejnověji byla v roce 1980 vytvořena Uranovým průmyslem mapa v měř. 1:50 000, list Kašperské Hory (M-33-100-C) (SOBOTKOVÁ, 1980) a studie FIALY (1983). V roce 1984 byla zhotovena registrační Vejnarova mapa v měřítku 1:50 000, která byla vodítkem novějšího mapování

v letech 1990 a 1994. Jeho výsledkem je geologická mapa v měřítku 1:50 000 list Vimperk (BATÍK a kol., 1998).

Podle regionálně geologického členění Českého masivu (CHLUPÁČ, ŠTORCH eds., 1992) náleží modelové území do dílčí jednotky moldanubika Šumavy, kterou tvoří přeměněné horniny proterozoického stáří a velká tělesa paleozoických hlubinných vyvřelin. Šumavská větev moldanubika přesahuje hranice Čech do Německa a do Rakouska až k řece Dunaji.

Studované povodí Zdíkovského potoka, které se rozkládá jižně od pošumavského zlomu, je součástí komplexu Boubína. Tento prostor reprezentuje spíše jednotvárnou (monotónní) jednotku a představuje patrně hlubší část krystalinického patra (BATÍK a kol., 1999).

Monotónní jednotka má největší plošný rozsah. Je petrograficky jednotvárná; nejrozšířenější horninou jsou plagioklasové pararuly-biotitické, sillimanit-biotitické nebo cordierit-biotitické. Časté je rychlé střídání břidličnatých a masivních odrůd. Pararuly bývají v různém stupni migmatitizovány. Hlavními minerály jsou: plagioklasy, křemen, draselné živce, biotit, někdy i muskovit, sillimanit, amfibol, granát či cordierit.

Pestrá jednotka, jejíž hlavní horninovou náplň tvoří také plagioklasové pararuly, vyvinuté v různých odrůdách, se odlišuje od jednotky jednotvárné hojnými vložkami dalších hornin: krystalické vápence (mramory), krystalické křemence (metakvarcity), erlany, amfibolity a grafitické břidlice. Velmi časté jsou i přechodové horniny – kvarcitické ruly, svorové ruly, dolomitické vápence až dolomity, grafitické vápence a další. Pararuly pestré jednotky se liší od pararul jednotky jednotvárné vyšším obsahem granátu a malým podílem draselných živců.

Nejrozšířenější horninou moldanubického plutonu, který zasahuje na Šumavu od jihovýchodu z oblasti hornorakouského Waldviertelu, je středně zrnitý porfyrický biotitický granodiorit weinsberského typu, středně až drobně zrnitý granit až adamelit eisgarnského (mrákotínského) typu a středně zrnitá odrůda těže horniny (číměřský typ). Moldanubický pluton má místy hojný žilný doprovod: aplity, pegmatity, žulové porfyry a lamprofyry. Tyto horniny vytvářejí plochá deskovitá tělesa – žíly přímo v hlubinných vyvřelinách nebo prorážejí přeměněné horniny v jejich okolí.

Kvartérní uloženiny jsou reprezentovány převážně deluviálními a deluviálně soliflukčními písčítokamenitými hlínami a kamenitými až blokovitými sutěmi. Ojedinele, kolem vrcholků elevací, se vyskytují kamenná moře, v okolí vodotečí jsou vyvinuty fluviální



a deluviofluviální písčitohlinité a hlinitopísčité sedimenty. Mělké deprese, zejména v okolí prameniště, jsou vyplněny vrchovištní rašelinou.

#### 5.1.3.4 Tektonika

Šumavské moldanubikum se vyznačuje velmi složitou stavbou, která je výsledkem několika orografických cyklů, zejména kadomského a variského. Horninové soubory byly vícekrát postiženy vrásněním a starší deformace byly zastřeny a překryty deformacemi mladšími (tzv. polyfázový vývoj). Z plastických deformací převládají zejména vrásové megastruktury směru severozápad - jihovýchod. Základním strukturám se přizpůsobila i hlavní vyvřelá tělesa moldanubického plutonu, která vystupují zpravidla v antiklinálně vyklenutých pásmech. Vedle vrásových struktur jsou významné také zlomové struktury, které tvoří dva hlavní systémy:

1. zlomy směru ZSZ-VJV až SZ-JV, konkrétně zlom podšumavský, který probíhá modelovým územím z okolí Kašperských Hor přes Vimperk dále na sever od Prachatic. Nejvýznamnější je vimperský úsek tohoto zlomu (BENEŠ et al., 1983), který představuje širší, místy silně mylonitizovanou a drcenou zónu. Na zlomu došlo k šikmému levostrannému posunu, doprovázeném výstupem jižní kry (BATÍK, 1997).

2. zlomy směru sever – jih až SSV-JJZ, k nimž náleží zejména zlom volyňský.



**Foto 2. Izolovaná vrása pararuly**  
(foto S. Škoda)

S ohledem na plošně nevelký výskyt pestrých vložkových hornin je dosud užívané členění moldanubika na jednotku pestrá a jednotvárná v modelovém území nesnadno použitelné. Proto člení BATÍK et al. (1999) území Vimperska podle významných zlomů do několika bloků. Povodí Zdíkovského potoka se nalézá v komplexu Boubína.

#### 5.1.3.5 Hydrogeologie

Modelové území je součástí hydrogeologického rajónu R 631 – Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy. Toto území není příznivé svou geologickou stavbou pro tvorbu zásob podzemních vod. Horniny krystalinika představují z hydrogeologického hlediska jednokolektorový zvodnělý systém přípovrchové zóny zvětralin a rozevřených puklin s infiltrací prakticky v celé ploše hydrologického povodí. Obvyklé je lokální proudění podzemní vody v jednotlivých samostatných povodích. Zvodnění puklin je nízké, dosahuje hodnot vydatnosti řádově desetin  $l \cdot s^{-1}$ , hladina vody je značně rozkolísaná. Hlubší oběh podzemní vody s napjatou hladinou je vázán na otevřené puklinové systémy a propustné tektonické zóny ve větších hloubkách. Chemický typ podzemních vod je obvykle Ca-HCO<sub>3</sub> a Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>.

Podzemní vody pokryvných útvarů jsou převážně dotovány atmosférickými srážkami a částečně doplňovány puklinovými vodami (ELIÁŠ et al., 1985). K drenáži podzemních vod dochází pozvolnými výrony do kvartérních sedimentů místních vodotečí či v pramenech, které jsou převážně suťové.

#### 5.1.3.6 Pedologie

Členitost terénu je v modelovém území značná, geologické poměry nejsou příliš složité. Naprosto převládají metamorfika, hlavně plagioklasové pararuly, v menší míře jsou zastoupená kyselá intruziva (granity). Na ploše řešeného území se nachází půdní asociace kambizemního podzolu, které jsou zpravidla narušeny stálou erozí doprovázenou povrchovým odnosem zvětralin. Profil je střední až hluboký, přičemž hloubka je omezena souvislou šterkovitou až kamenitou vrstvou, případně skalním podložím. Zrnitostně jde o lehké až středně těžké, převážně hlinitopísčité až hlinité půdy s vysokým podílem hrubého písku (grusu) – slabě až středně šterkovité s častou příměsí kamenů. Humusový horizont (ornice) má průměrnou mocnost cca 15 cm a je šedohnědý. Střední horizont vnitropůdního zvětrávání

je okrově hnědý až hnědý podle matrix a obsahuje kolísavé množství grusu. Tento horizont postupně přechází do zvětraliny nebo přímo do matečné horniny. Fyzikální vlastnosti jsou poměrně příznivé (vzhledem k lehčímu zrnitostnímu složení nedochází k povrchovému přemokření, naopak může docházet k sezónnímu nedostatku vody), obsah humusu v humusovém horizontu vzrůstá s nadmořskou výškou a pohybuje se okolo 4%, půdní reakce je kyselá – pH 3,5 - 5.

Nivu Zdíkovského potoka a navazujících vodotečí vyplňuje organozemní glej (Histohumic Gleysol). Původní vegetaci tvoří zamokřené olšiny nebo podmáčené smrčiny. Ovlivněny jsou vysokou hladinou stagnující podzemní vody. Humifikace se projevuje hromaděním humusu ve svrchní vrstvě až místním rašeliněním. Profil této půdy je hluboký a bezskeletovitý, zrnitostně jde o středně těžké, převážně hlinité půdy s vysokou hladinou podzemní vody (často vystupující až k povrchu). Typická je zřetelná střídavá stavba. Humusový horizont, který je šedý a rezivě skvrnitý, má mocnost cca 20 cm, oxidačně redukční glejový horizont je šedý s železitémi úkazy (např. trubičky podél kořenových drah). Redukční glejový horizont je homogenní, zelený až modrošedý s obsahem jílu. Fyzikální vlastnosti jsou nepříznivé (špatná struktura, slabá provzdušňenost, rozbředlá konzistence), obsah humusu v humusovém horizontu je střední až vysoký (3 – 10%), půdní reakce je kyselá s pH ~ 5. Mezi předcházejícími dvěma půdními jednotkami je vklíněno přechodné pásmo, tvořené kyselou varetou pseudoglejové kambizemě (Stagno-gleyic Cambisol).

### 5.1.3.7 Povrchové vody

Charakteristické hodnoty pro povodí Liz za období 1986-1987 jsou uvedeny v následující tabulce č. 4.

Tabulka 4: Hydrologická charakteristika 1986 – 1987

Průměrný srážkový úhrn (mm)	830
Odtoková výška (mm)	332
Evapotranspirace (mm)	517
Průměrný průtok (l.s <sup>-1</sup> )	10,1
Průměrná roční tepota (°C)	5,9
Průměrná lednová teplota (°C)	- 3,8
Průměrná červnová teplota (°C)	13,5
Průměrná relativní vlhkost vzduchu (°C)	78,4

Zdíkovský a Adámkův potok jsou přítoky Spůlky (1-08-02-010) toku V. řádu, který pramení na sv. úbočí Churáňova a vlévá se do Volyňky poblíž obce Bohumilice. Povodí Spůlky bylo podrobně hydrologicky sledováno v průběhu mezinárodní hydrologické dekády v letech 1963-1974. Hydrologické poměry Zdíkovského a Adámkova potoka jsou studovány od roku 1976.

### 5.1.3.8 Zemědělství

#### Zařazení do výrobní oblasti

Zemědělská činnost vychází z principů hospodaření v oblastech horského zemědělského výrobního typu. Z hospodářské činnosti převažuje hospodaření na trvale travních porostech (TTP). Téměř polovina ploch TTP připadá na extenzivní pastevní chov skotu. Na méně svažitých pozemcích se hospodaří na orné půdě. Některá ovlivnění hospodářské činnosti vycházejí z podmínek hospodaření v CHKO Šumava.

## 5.2 Metody

Na základě podrobné rešerše archivních materiálů a výše uvedených cílů bylo navrženo rámcové schéma postupu řešení dané problematiky s diferenciací na jednotlivé časové a věcné etapy.

Schema 1: Obecný postup řešení

Číslo etapy	Etapa	Výstup
1.	Studium archivních materiálů	Literární přehled – kapitola 2
2.	Sběr dostupných dat	Soubor vstupních dat
3.	Rekognoskace terénu – mapování	Výsledky – kapitola 6.1, přílohy
4.	Analýza dat	Výsledky – kapitola 6.1, přílohy
5.	Syntéza dat	Výsledky – kapitola 6.1, přílohy
6.	Návrh metodiky	Výsledky – kapitola 6.2
7.	Hodnocení geofaktorů – ověření metody v modelovém území	Výsledky – kapitola 6.3

### 5.2.1 Návrh metodického postupu hodnocení geofaktorů

Při navrhování metodického postupu hodnocení geofaktorů pro potřeby využívání a stabilizace krajiny se ukazuje značným problémem objektivní posuzování a hodnocení geologických činitelů v různých krajinných typech tak, aby byla předkládaná metodika srozumitelná a dostupná širokému okruhu odborné i laické veřejnosti.

Pokusy o metodické hodnocení geofaktorů narážejí od počátku na specifiku a rozdílnost dvou přístupových rovin – roviny popisné a funkční. Dosavadní pokusy o systematické hodnocení geofaktorů se proto omezují převážně na hodnocení popisné, zatížené značnou mírou subjektivního pohledu hodnotitele (viz Kukulovo dělení geofaktorů do pěti tříd).

V důsledku současného stupně poznání a vysoké úrovně informačních technologií dochází dnes k propojování obou přístupových rovin v hodnocení geofaktorů v podobě geografických informačních systémů – GIS. I zde však většinou převládá přístup popisný a funkčnost a dynamika geofaktorů bývá často zastřena a srozumitelná pouze úzkému okruhu specialistů.

Cílem práce je navrhnout a ověřit jednoduchou, srozumitelnou, expeditivní metodu s vysokou vypovídací schopností, realizovatelnou dostupným technickým vybavením a předat ji budoucím uživatelům. Tato metoda by měla umožnit návrh opatření pro ochranu, stabilizaci a harmonizaci vybraných geofaktorů pro současné i budoucí využívání řešeného území. Sloužit by měla zejména při studiu, plánování a projektování lidských aktivit v mikroregionech, regionech i velkých územních celcích a také při navrhování pozemkových úprav.

Metodický přístup: podstatou metody je specifikovat geofaktory typické pro studované území a zhodnotit jejich význam a funkčnost pro využívání a stabilitu krajiny. Základem je využít všechny dostupné existující materiály a doplnit je aktuálními poznatky o geologické stavbě území formou terénní rekognoskace. Při tom je kladen důraz zejména na vazby s okolním životním prostředím a na rizikové činitele, které mohou mít vliv na kvalitu geofaktorů.

Informačními zdroji metody jsou: - materiály z archivu ČGS Geofondu v Praze  
- účelové mapy ČGS pro životní prostředí

- základní geologické, hydrogeologické mapy
- publikované výsledky, rozborů a analýzy.

Metodický postup: pro přehlednost a logickou návaznost jednotlivých kroků při hodnocení geofaktorů je navržen postup ve třech etapách, které na sebe plynule navazují. Jedná se o etapy:

- a) statickou (popisnou), která zahrnuje zejména klasifikaci, vymezení a výskyt jednotlivých geofaktorů ve studovaném území
- b) rovinu dynamickou (funkční), charakterizující roli příslušného geofaktoru ve studovaném území z hlediska krajinného potenciálu
- c) rovinu návrhovou (syntetickou), která zahrnuje návrhy na opatření ke snížení negativní role indikovaných rizikových faktorů ve studovaném území.

Vlastní metoda:

**Rovina regionální:**

1. základem pro hodnocení geofaktorů na regionální úrovni je přehled geofaktorů z Mapy geofaktorů životního prostředí ČR na příslušném listu mapy v měřítku 1:50 000. Podkladem je Mapa významných krajinných jevů, ze které je vymezeno dvacet geofaktorů z litosféry, pedosféry, hydrosféry a antroposféry, doplněných o radonové riziko z podloží

2. výběr geofaktorů je prováděn z pohledu využitelnosti krajiny pro jednotlivé specifické činnosti: sídelní, těžbu surovin, vodohospodářskou, zemědělskou, lesnickou, dopravní, ochranu životního prostředí

3. označením významných geofaktorů pro jednotlivou oblast využití krajiny získáme základní přehled o významných, či konfliktních plochách a jevech, které zpřesní cíle dalšího výzkumu a studia v rovině lokální.

Pro přehlednost jsou geofaktory seřazeny do tabulky č. 5, kde jsou při hodnocení zaznamenávány podle způsobu využívání krajiny.

Tímto vymezením a orientačním posouzením bude vyloučeno riziko opomenutí i nově vzniklých geofaktorů v důsledku přírodních a antropogenních procesů v krajině. Plochy se zastoupenými vybranými geofaktory jsou zakresleny do mapového podkladu, čímž získáme grafické znázornění možných střetů zájmů viz příloha č. 10.

Tabulka 5: Vymezení geofaktorů na základě Souboru map pro životní prostředí

Číslo	Geofaktor	Určení geofaktoru	Způsob využívání krajiny						
			střední	těžba surovin	vodohospodářský	zemědělský	lesnický	dopravní	ochrana ŽP
1	Povrchové dobývací prostory ložisek	**							
2	Území postižená hlubinným poddolováním	*							
3	Zásoby nerostných surovin	*							
4	Prognózy nerostných surovin	**							
5	Významné zlomy	*							
6	Sesuvy	**							
7	Skalnatá území	*							
8	Průmyslové horniny a nerosty	*							
9	Stavební suroviny a rudy	**							
10	Území ohrožená až poškozená plošnou vodní erozí	***							
11	Území ovlivněná podzemní vodou	**							
12	Území s převládající transmisivitou	*							
13	Oblast výskytu podzemních vod	**							
14	Pásma ochrany zdrojů vod	**							
15	Chráněné oblasti přirozených akumulací vod	*							
16	Vodohospodářské toky	*							
17	Významné využívané vodní zdroje	**							
18	Vypouštění odpadních vod	**							
19	Skládky tuhých komunálních odpadů	**							
20	Chráněná území	*							
21	Území se středním a vysokým radonovým rizikem	***							

**Poznámka:**

- \* geofaktory, které lze převzít ze Souboru map pro životní prostředí bez doplňujícího posuzování s ohledem na jejich konzervativní charakter, dlouhodobou stabilitu a intenzitu působení
- \*\* geofaktory, u nichž je nutné provést screening s ohledem na jejich dynamický charakter, proměnlivost výskytu a intenzity působení
- \*\*\* geofaktory, pro které je nezbytné provést s ohledem na jejich specifickou průzkum, měření, výpočty, či laboratorní zkoušky.

**Rovina lokální:**

1. specifikace konkrétních geofaktorů ve studovaném území ze souhrnu všech geofaktorů, které v České republice existují. Vybrané geofaktory budou zahrnuty do jednotlivých etap hodnocení. Pro potřeby pilotního projektu bylo vymezeno pro studované území Zdíkovska 16 potencionálních geofaktorů – viz tabulka č. 26.

2. hodnocení navržených geofaktorů z hlediska jejich výskytu ve studovaném území. Hodnotí se kombinace plošného výskytu geofaktoru a doba jeho působení z hlediska potenciálu krajiny

výskyt:	1 – významný (20-50% plošné zastoupení)
	2 – velmi významný (> než 50% zastoupení)
doba působení:	1 – krátkodobě (sezónně)
	2 – dlouhodobě (celoročně)

výsledné skóre ( v rozmezí 1 až 4) je dáno součinem výskytu a doby působení.

3. hodnocení role (potenciálu) vybraných geofaktorů s použitím koeficientů v rozmezí 0,1 až 1, vyjadřujících váhu každého jednotlivého geofaktoru. Výsledkem je skóre, na jehož základě je určeno pořadí, které naznačuje individuální rizikovost geofaktorů

potenciál geofaktorů:	< 0,50	latentní
	0,50-0,75	naléhavý
	> 0,75	velmi naléhavý

4. stanovení koeficientu významnosti studovaných geofaktorů pro celé zájmové území. Tento koeficient bude vyjadřovat významnost geofaktorů ve studovaném území



v souhrnu a lze z něho usuzovat na stupeň stability geofaktorů v území pro potřeby využívání krajiny. Koeficient významnosti geofaktorů (**KVG**) se stanoví jako podíl součtu skóre jednotlivých geofaktorů z hodnocení jejich potenciálu a součinu počtu vybraných geofaktorů s maximem výskytu a doby působení a nejvyšší možnou váhou.

$$\text{KVG} = \text{součet skóre významu} \times \text{váha/počet vybraných geofaktorů} \times \text{max. výskyt a působení} \times \text{nejvyšší váha}$$

Po stanovení hranic pro vybrané geofaktory v rozmezí minimálního výskytu, působení a nejnižší váhy a maximálního výskytu, působení a nejvyšší váhy zjistíme pozici KVG ve studovaném území a tedy jejich významnost pro plánování využívání území.

Následuje stanovení hranic pro určení významnosti KVG pro studované území, kdy stanovujeme pro vypočtenou hodnotu KVG hranice rizikovosti takto:

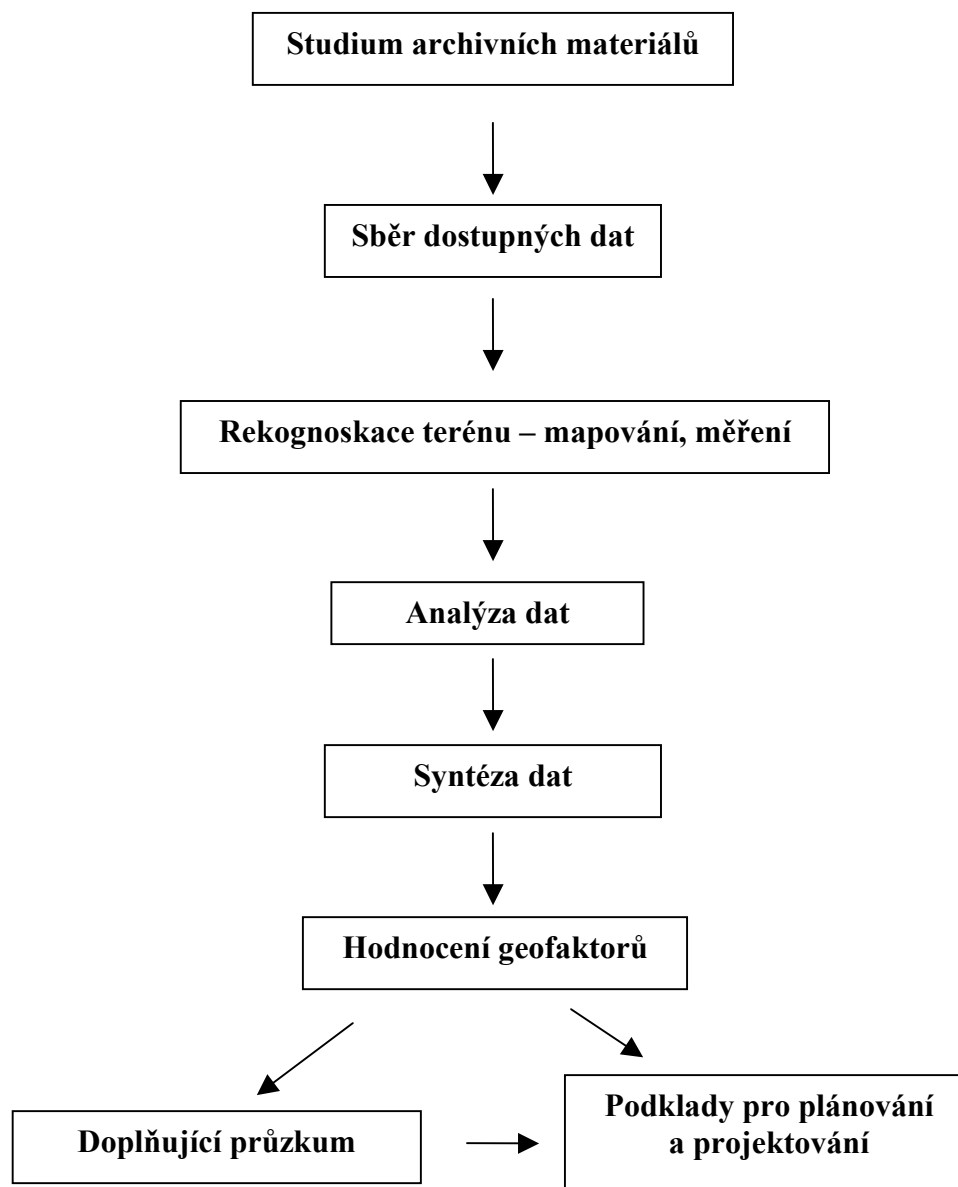
I – geofaktory nerizikové	0,1 – 1,0
II – málo rizikové	1,1 – 2,0
III – středně rizikové	2,1 – 3,0
IV – vysoce rizikové	3,1 – 4,0

Při vlastní projekci pro tvorbu územního a krajinného plánu je nezbytné zohlednit jak výslednou hodnotu KVG, tak i označené rizikové geofaktory, které by měly být limitující pro předpokládané využití území.

Následujícím krokem by v praxi mělo být ověření skutečné rizikovosti těchto geofaktorů podrobným průzkumem a analýzami a zahrnutí získaných výsledků do konečných projektů. Pro přehlednost je níže uvedeno schema jednotlivých etap pro studium a hodnocení geofaktorů podle navržené metody.


Ověření navržené metody hodnocení geofaktorů pro potřeby využívání a stabilizace krajiny ve studovaném území Zdíkovska je provedeno v následující kapitole 6.2.

Schema 2: Etapy studia a hodnocení geofaktorů (nově navržený metodický postup)



### 5.2.2 Zdroje

Písemné a mapové materiály, které byly využity jako podklad pro vlastní výzkumné práce, byly vyhledány v knihovnách a archivech veřejných institucí i soukromých osob. Hlavními zdroji těchto materiálů byly:

 archiv České geologické služby GEOFOND v Praze

- ☞ knihovna České geologické služby v Praze
- ☞ Státní vědecká knihovna České Budějovice
- ☞ knihovna Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích
- ☞ archiv firmy Průzkumné práce spol. s r.o. České Budějovice
- ☞ Ústav pro hydrodynamiku AVČR Praha
- ☞ soukromá knihovna
- ☞ veřejně přístupné zdroje – internet.

### 5.2.3 Rekognoskace terénu - mapování

Podkladem pro mapovací práce byly autorské pracovní geologické mapy ČR Zdeňka VEJNARA z let 1984 a 1985 v měřítku 1:50 000, list 32-11 Kvilda, 32-12 Volary, 22-33 Kašperské Hory a 22-34 Vimperk.

Ze Souboru geologických a účelových map ČR České geologické služby měřítku 1:50 000 byly použity tyto mapy:

1. Geologická mapa ČR – list 22-34 Vimperk, 22-33 Kašperské Hory
2. Hydrogeologická mapa ČR – list 22-34 Vimperk, 22-33 Kašperské Hory
3. Mapa geochemie povrchových vod ČR – list 22-34 Vimperk
4. Mapa geofaktorů životního prostředí ČR
5. Signální mapa střetů zájmů – list 22-33 Kašperské Hory
6. Mapa významných krajinných jevů – list 22-33 Kašperské Hory.

Při sestavování geologické a inženýrskogeologické mapy modelového území bylo provedeno zhodnocení charakteru a složitosti geologických poměrů porovnávací (fenomenologickou) valorizací výše uvedených mapových podkladů, posudků, popisů sond a technických norem pro posuzování vhodnosti základových půd. V další etapě proběhlo mapování v terénu s podrobným dokumentováním odkryvů a všech významných krajinných jevů, při kterém byly pořízeny schematické zákresy, měření, fotodokumentace a byly odebrány vzorky hornin.

Při studiu hornin a horninových masívů bylo základem makroskopické hodnocení a popis jejich litologie a strukturně texturních znaků. Strukturní a tektonické prvky byly zpracovány a vyhodnoceny orientační analýzou, měření bylo prováděno geologickým kompasem značky Clar.

#### **5.2.4 Měření a hodnocení radonového rizika z geologického podloží**

Pro měření a hodnocení radonového rizika z geologického podloží na měřených plochách byla základem metodika pro lokální hodnocení radonového rizika (dnes radonového indexu) pozemku, která byla vypracována v roce 1990 a novelizována v roce 1994 (BARNET et al., 1994; BARNET, 1994). Principem tohoto stanovení je měření objemové aktivity radonu (OAR) v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin na dané ploše. Kombinací těchto dvou faktorů je potom stanoven radonový index pozemku.

Odběr vzorků půdního vzduchu pro stanovení objemové aktivity radonu byl prováděn z hloubky 80 cm pod povrchem území pomocí ocelových odběrových tyčí se ztraceným hrotem do velkoobjemových stříkaček Janett. Každý vzorek půdního vzduchu byl poté přenesen do výměnné scintilační Lucasovy komory v přístroji LUK 3, kde byly vzorky podrobeny detekci částic alfa, vznikajících radioaktivní přeměnou radonu. Tyto částice dopadají na stěny scintilační komory, kde při dopadu vyvolávají světelné efekty (záblesky), registrované fotonásobičem. Aktivita radonu ve vzorku půdního vzduchu je přímo úměrná množství dopadajících částic alfa. Jeden radioaktivní rozpad za sekundu se označuje jednotkou Bq (Becquerel). Hodnota OAR v půdním vzduchu se potom vyjadřuje v  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Vlastní hodnocení OAR v půdním vzduchu bylo prováděno pomocí třetího (75%) kvartilu souboru dat z měřené plochy.

Plynopropustnost zemin byla stanovena na základě makroskopického popisu vzorků, odebraných sondovací tyčí v hloubky 0,8 -1,0 m a hodnocení odporu sání při odběru vzorků půdního vzduchu. Zeminy byly zařazeny do tříd dle ČSN 73 1001 "Základová půda pod plošnými základy".

#### **5.2.5 Monitoring povrchových vod**

Chemismus povrchových vod v povodí Zdíkovského potoka je sledován na čtrnácti odběrových místech, která jsou závěry jednotlivých mikropovodí (viz příloha č. 8). Ta byla vybrána tak, aby indikovala rozdílné krajinné složky a navazovala na měření, která byla prováděna Ústavem krajinné ekologie ČSAV v Českých Budějovicích v letech 1989-2002. Odběr vzorků povrchových vod byl proveden 11. září 2004, 4. prosince 2005, 20. srpna a 3. prosince 2006.

Ve vzorcích byly zjišťovány tyto ukazatele a prvky: pH, vodivost, chemická spotřeba kyslíku ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ),  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , Al, Ba, Ca, Cd, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Pb, Sr, Zn a P.

Chemické analýzy vzorků vod provedla zkušební laboratoř ANECLAB s.r.o. České Budějovice. Zkoušky byly provedeny těmito metodami:

- stanovení dusičnanů a síranů metodou kontinuální průtokové analýzy
- stanovení dusitanů molekulární absorpční spektrofotometrickou metodou
- stanovení elektrické konduktivity (vodivosti) přímou konduktometrií při 25 °C
- elektrometrické stanovení hodnoty pH při 25 °C
- spektrofotometrické stanovení amonných iontů se salicylanem a chlornanem v přítomnosti nitroprussidu sodného
- stanovení chloridů argentometrickou titrací s chrománovými ionty jako indikátorem dle Mohra
- titrační stanovení chemické spotřeby kyslíku po oxidaci vzorku manganistanem draselným v prostředí kyseliny sírové
- stanovení vybraných prvků ve vodách a zředěných kyselinových výluzích metodou ICP-AES podle ČSN EN ISO 11885
- okyselení vzorku  $\text{HNO}_3$  (1:199), rozbor po 24 hodinách.

Statistická zhodnocení získaných dat byla provedena programem Statistika (Statsoft, Inc., Tulsa) za použití popisných statistik (Descriptive statistics) a jednocestné analýzy rozptylu (One-way ANOVA).

Pro popis výsledků interakce biogeochemických dějů probíhajících v uzavřeném celku, představovaném malým povodím, slouží výpočet hmotových bilancí prvků. Základní veličinou je tok daného prvku udávaný v  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Porovnáním toků, v případě základní bilance vstupu atmosférickou depozicí (tzv. bulk) a výstupu povrchovým odtokem, dostáváme pro každý prvek úhrnnou akumulaci, či ztrátu. Hodnota ročního vstupu atmosférickou depozicí se pro jednotlivé prvky získá jako součet dvanácti údajů o měsíčním vstupu vypočtených podle následujícího vzorce:

$$I_{im} = x_{im} \cdot a_m \cdot 10^{-2} \quad I_{im} \dots \text{vstup prvku } i \text{ atmosférickou depozicí}$$

v  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{měsíc}^{-1}$

$x_{im}$  ... koncentrace prvku  $i$  ve vzorku srážky  
z daného měsíce v  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

$a_m$  ... množství srážek v daném měsíci v  $\text{mm}$  (tj.  $\text{l}\cdot\text{m}^{-2}$ )

Roční velikost výstupu jednotlivých prvků povrchovým odtokem se vypočte ze zjednodušeného vztahu:

$Q_i = 1/A\cdot Q\cdot t\cdot y_i\cdot 10^{-6}$      $Q_i$  ... výstup prvku  $i$  povrchovým odtokem  
v  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$

$A$  ... plocha povodí v  $\text{ha}$

$Q$  ... průměrný roční průtok v  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$

$t$  ... počet sekund v roce

$y_i$  ... průtokem vážená koncentrace prvku  $i$  v  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Jedná se o zjednodušenou bilanci s předpokladem, že hydrologický cyklus je hlavním transportním procesem pro všechny prvky.

## 6. VÝSLEDKY

### 6.1 Výsledky terénní etapy a laboratorních rozborů

#### 6.1.1 Horninové prostředí

---

V modelovém území litologicky dominují dva základní typy hornin: migmatitizovaná biotitická a sillimanit-biotitická pararula (místa s muskovitem a cordieritem) a leukokratní biotitický migmatit (místa se sillimanitem a granátem), který má ortorulový vzhled. První typ horniny buduje celé východní povodí Liz a druhý typ převažuje v západním povodí Albrechtec. Litologické rozhraní mezi oběma horninovými typy je neostré, pozvolné a představuje zřejmě přechod mezi různě intenzívně migmatitizovanými úseky téže horniny. Není však vyloučena ani možnost různého látkového složení výchozích hornin obou základních typů.

Oba základní typy hornin jsou hojně prostoupeny žilami pegmatitů, aplitů a leukokratních žul o mocnostech kolísajících od decimetrů do desítek metrů. Vyjimečných mocností až 100 m dosahují proniky leukokratní žuly v jz. části území, v okolí kóty Výška (1117 m n. m.). Výplň žil není většinou tvořena jen jedním z uvedených horninových typů, ale spíše jejich asociací. Leukokratní žuly jsou většinou drobnozrnné až střednozrnné, muskovitické, místa s nízkým obsahem biotitu a lokálně i s drobnými shluky turmalínu. U některých žil, jmenovitě leukokratních žul, byla pozorována i kataklastická deformace, ojediněle i paralelní žilky a žíly masivního šedého křemene o mocnosti až 80 cm.

Vyjimečnou žilnou horninou je amfibol-biotitický syenitový porfyr západně od kóty Hrb (1073 m n. m.). Tvoří žilu o mocnosti asi 40 m, probíhající v odlišném směru SV-JZ (30°) v délce cca 500 m. Hornina má vyjimečně hrubou porfyrickou strukturu, která se při okrajích mění v jemnozrnnou a jen drobně a řídkou porfyrickou. V pokračování žíly k SSV, na okraji povodí Liz, byla zjištěna žíla stejného složení i směru.

Jako jediná vložková hornina v pararulách jednotvárné série je přítomen kvarcit až kvarcitická rula (místa s klinopyroxenem) v ojedinělém výskytu v povodí Liz.

#### Biotitická a sillimanit-biotitická plagioklasová pararula

středně zrnitá je v modelovém území významně rozšířenou horninou. Bývá slabě migmatitizována, vždy si však zachovává pararulový vzhled. Základními minerály jsou křemen, plagioklas, kolísavé množství draselného živce a biotitu. Přítomen bývá i sillimanit a cordierit. Z akcesorických součástí je přítomen apatit, zirkon, rutil, grafit a rudní minerály



**Foto 3. Sillimant-biotitická pararula**  
(foto S. Škoda)



**Foto 4. Kontakt pararuly s leukokratickou žulou**  
(foto S. Škoda)

#### Krystalický vápenec

tvoří vyjimečně polohy i více metrů mocné, které se následkem eroze a složité stavby území zachovaly jen jako nevelká torza původně rozlehlých poloh zčásti dolomitizovaných (ČECH, 1956). V minerálním složení uvádí WOLDŘICH (1901) kromě běžného kalcitu i wollastonit, flogopit, vzácněji zrnka sfaleritu a galenitu.

#### Erlan

s pyroxenem a granátem tvoří nehojná drobná tělíska, obsahující plagioklas, diopsid a z akcesorií titanit, apatit a zirkon (ČECH, 1956).



### Amfibolit

je drobnozrnná, tmavozelená hornina, tvořící metrové až několika metrů mocné čočkovité polohy. Výskyt ve Zdíkovském lese představuje nejspíše amfibolický eklogit.

### Amfibolit-biotitický syenitový porfyr

je nejvýraznější šumavskou horninou, v minulosti hojně vyhledávanou kameníky. Vystupuje v žilách směru V-Z, často až několik stovek metrů dlouhých, o síle od decimetrů až do několika metrů. Při zvětrávání se rozpadá na velké bloky nebo zvětrává na nesoudržnou, snadno rozpojitelnou zeminu. Je významně zastoupen ve fluviálních štěrkovitých a kamenitých sedimentech místních vodotečí. Hornina je šedá, porfyrická s vyrostlicemi draselného živce, které běžně dosahují velikosti 2-3 cm. Základní hmotu tvoří draselný živec (obvykle převažující nad kyselým plagioklasem), dále biotit, obecný amfibol, někdy nižší obsah křemene a z akcesorií apatit, zirkon, rutil nebo titanit.



**Foto 5. Syenitový porfyr**  
(foto S.Škoda)

### Leukokratní biotitická a muskovit-biotitická žula

tvoří drobná i větší žilná tělesa (západně o vrcholu Výška). Hornina je drobně až středně zrnitá, světle bělošedé, šedé, místy až tmavě šedé barvy. Textura je převážně všesměrně zrnitá s drobnými vyrostlicemi černého turmalínu o velikosti 2-10 mm. Řídce jsou vyvinuty vyrostlice křemene a plagioklasu velikosti okolo 5 mm. Hlavní minerální součástí je muskovit, draselný živec, křemen a plagioklas. Draselný živec převažuje nad plagioklasem. Akcesoricky je zastoupen turmalín a biotit.



**Foto 6. Leukokratní žula**  
(foto S. Škoda)



**Foto 7. Pegmatit**  
(foto S. Škoda)

### Pegmatity

patří k žilnému doprovodu paleozoických plutonů. Vyskytují se v tělesech všech typů granitoidů i v hlavních typech krystalických břidlic. Převažují jednoduché nediferencované pegmatity složené z K-živce, křemene (většinou v převaze nad živci), muskovitu, biotitu a skorylu.

### Žilný křemen

jako součást křemenných žil proráží krystalické břidlice ve směru SV-JZ. Žilnou výplň tvoří šedě bílý křemen, který byl v minulosti těžen pro výrobu skla (viz těžební jáma

U Kýzu). Prismatické plochy jeví příčné rýhování. Časté jsou prorostlice a drúzy krystalů křemene do 10 cm.



**Foto 8. Žilný křemen**  
(sklářská surovina, foto S. Škoda)

Kvartérní sedimenty jsou zachovány nesouvisle a pouze v několika genetických typech. Jde o denudační oblast, v níž jsou zastoupeny převážně uloženiny deluviální, deluviofluviální, fluviální a rašeliny. Stratigraficky náležejí zčásti do pleistocénu a většinou do holocénu až recentu.

#### Rašeliny

se vyskytují ve výšce okolo 900 m n. m. v okolí pramenišť a v místech, kde je zadržována voda. Zde vyplňují deprese v mocnosti 0,5 – 1,5 m. Pevně se jedná o svahová rašeliniště, která jsou rozdělena podle převládajících druhů humolitů na typy rašeliníkový, rašeliníko-suchopýrový, které výrazně převažují, dále rašeliníko-ostřicový, ostřicový a rašeliníko-mechovo-ostřicový. Ve Zdíkovském lese se nevytvářejí na rašeliništích jezírka. Povrch rašelinišť je pevnější a méně houpatý než je tomu například na Chalupské slati u Borových Lad, kde mocnost rašeliny dosahuje až 7 metrů.

#### Fluviální hlinité písky a štěrky

leží na dně pravidelných toků a v přilehlých aluviálních nivách. Na bázi převládají štěrky a písčité štěrky, výše jsou uloženy štěrkovité hlinité písky a hlinité písky.

### Deluviofluviální hlíny a písčité štěrky

tvorí výplně horních úseků některých toků nebo periodicky zavodňovaných depresí. Jejich drenážní systémy ve vrchních částech zamokřených ploch na mnoha místech zanikly následkem rozsáhlých meliorací, provedených v minulosti.

### Deluviální hlinitopísčité a hlinitokamenité sedimenty

jsou vzhledem ke značnému plošnému i hloubkovému zvětrávání hornin přítomny v terénu obvykle ve třech pozicích. Nalézají se ve spodní části svahu s mírným sklonem, spočívají na zbytcích paleoplošin ve výšce kolem 750 m n. m. a dále se vyskytují v některých širších sedlech v sousedství vyšších vrcholů. Jejich mocnost značně kolísá, obvykle od jednoho do dvou metrů, lokálně může ale dosahovat i několika metrů.

### Kamenná moře, osypy a suťové kuželi

kamenná moře jako produkt mrazového zvětrání v periglaciálním klimatu v pleistocénu jsou vyvinuta na mírných západních či severních svazích izolovaných skal, skalních srubů či skalních výchozů u obce Branišov (Kohoutová 894 m n. m.), Drviště a v lokalitě U Lizu. Na úpatí stěn skalních výchozů vznikají gravitačně akumulace volné suti i jiných zvětralin – osypy, přecházející v údolních svazích v suťové kuželi, které osypy přerůstají a překrývají.

V povodí Liz byl nově popsán malý granitový masivek (ŠKODA, PÁLENSKÝ, 2005) při terénní rekognoscaci geologických poměrů a měření radonu v prostoru prameniště v květnu roku 2003. Drobný masiv leukokratní žuly, který intrudoval do pararul v závěru variské orogeneze, se nalézá na pravém břehu Zdíkovského potoka v povodí Liz, cca 2 km jjz. od obce Zdíkov. Masivek reprezentuje výchoz o rozměru cca 12 x 10 m, který je situován v jeho západní a severní straně. Plášť masivku, který je v jižní části výchozu vyklenutý, tvoří biotitická migmatitizovaná pararula s výraznou foliací.

Vlastní těleso masivku tvoří drobně až středně zrnitá muskovitická leukokratní žula světle bělošedé, šedé, místy až tmavošedé barvy. Textura horniny je převážně všesměrně zrnitá s drobnými vyrostlicemi černého turmalínu (skorylu) o velikosti 2-10 mm. Řídce jsou vyvinuty vyrostlice křemene a plagioklasu velikosti okolo 5 mm. Hlavní minerální součástí je muskovit + K-živec + křemen + plagioklas. Draselný živec převažuje nad plagioklasem.

Akcesoricky je zastoupen zmíněný turmalín a hnědě zbarvený biotit. Křemen-živcový mobilizát je planárně orientován, diagonálně k původní stavbě.



**Foto 9. Výrazně břidličnatá pararula  
na kontaktu s leukokratickou žulou  
(foto S. Škoda)**

Strukturní stavba území obou povodí je charakterizována stálou foliací metamorfní série směru SZ-JV ( $120-130^\circ$ ) s úklonem  $30-45^\circ$  k SV. Výrazným puklinovým systémem je až decimetrová síť puklin o generelním směru SSV-JJZ a strmém úklonu  $80^\circ$  k ZSZ. Méně hojné pukliny mají směr SZ-JV a upadají strmě ( $85^\circ$ ) k JZ.

Směr žilných proniků je téměř vždy paralelní se směrem foliace prorážených metamorfítů, někdy shodný i se směrem sklonu foliace (k SV), jindy protiklonný (k JZ).





**Foto 10. Typická blokovitá odlučnost leukokratické žuly**  
(žulový masiv nad Lizem, foto S. Škoda)

Masiv je navržen pro svou ochranu na přírodní památku s ohledem na jeho geologickou jedinečnost a tektonickou pozici v šumavských pararulách.

### **6.1.2 Ložiska nerostných surovin**

Z ložiskové hlediska má studované modelové území jen malý význam, navíc komplikovaný střety zájmů, především polohou v CHKO Šumava při hranici s NP Šumava s přírodními rezervacemi. Pro možné využívání připadají v úvahu jen určité granitoidní

horniny jako dekorační kámen. Méně kvalitní granity a žilné vyvřeliny, stejně jako ruly a migmatity, jsou potencionálně využitelné jako kamenivo a drcený kámen, eluvia těchto hornin pak jako stavební písky. Velmi omezené perspektivy z hlediska eventuální těžby mají vybraná rašeliniště.

#### R u d y

Území je východním pokračováním známého zlatonosného revíru Kašpersko-horského. Stopy po průzkumu nejspíše zlata byly zjištěny v prostoru severozápadně od lokality U Sloupu a v lese u Pasecké slati.

#### N e r u d y

Na svahu Novotných vrchu a u Masákovy Lhoty byly prováděny v roce 1865 geologické průzkumy výskytu grafitu. Vrty do hloubky 38 metrů zjistily, že jde o tuhu podřadné kvality a malého rozsahu.

#### S t a v e b n í s u r o v i n y

Píscitohlinitá eluvia metamorfitů a granitoidů byla těžena v minulosti v malých pískovných přímo v intravilánu obce Zdíkov a ve Zdíkovském lese jako stavební písky. Mocná žíla světle šedého žilného křemene jako surovina pro výrobu skla byla těžena v lokalitě U Kyzu do hloubky až 14,5 m (MANDÁK, 1977). Uvedená lokalita v podobě malého umělého jezírka je památkou na rozkvět šumavského sklářství (v 18. století). Název Kyz (někdy Kýz) vznikl z německého Kies, což znamená v češtině křemen.

### 6.1.3 Půdy

Většina půd vytvořených na pararulovém substrátu povodí Liz a Albrechtec jsou oligotrofní až oligomezotrofní kambizemě. Podél potoků jsou vyvinuty převážně organozemní gleje a pseudoglejové kambizemě. Ve vyšších polohách jsou patrné známky podzolizace a v místech hojných sutí vznikly rankery.

S hloubkou výrazně klesá  $C_{org}$ , kationtová výměnná kapacita a acidita, pH ( $H_2O$ ) i pH (KCl) vzrůstá. Acidita svrchních organických horizontů je dominována přítomností organických kyselin odvozených z humifikačních procesů povrchových horizontů. Zásoba výměnných kationtů (Ca, K, Mg) v půdách je nízká. K hlavním pufracním systémům patří

rozpouštění sekundárních minerálů Al. V půdách s pH pod 5 hraje role výměny  $H^+$  za Ca, Mg a K podružnou úlohu (KINKOR, 1988).

Charakteristika hlavních půdních jednotek (HPJ) na území Zdíkovska:

- HPJ 23 – Regozemě arenická a kambizemě arenická, v obou případech i slabě oglejené na zahliněných píscích a štěrkopíscích nebo terasách, ležících na nepropustném podloží jílu. Vodní režim je značně kolísavý a to vždy v závislosti na hloubce nepropustné vrstvy a mocnosti překryvu.
- HPJ 29 – Kambizemě modální eubazické až mezobazické, včetně slabě oglejených variet, na rulách, svorech a xylitech, popřípadě žulách, středně těžké, bez skeletu až středně skeletovité s převažujícími dobrými vláhovými poměry.
- HPJ 35 – Kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické, kryptopodzoly modální, včetně slabě oglejených variet, na břidlicích a neutrálních vyvěřelých horninách a jejich svahovinách, středně těžké, středně skeletovité, vláhově příznivé až mírně převlhčené, v mírně chladném klimatickém regionu.
- HPJ 36 – Kryptopodzoly modální, podzoly modální, kambizemě bystrické případně i kambizem modální mezobazická, bez rozlišení matečných hornin, převážně středně těžké, s různou skeletovitostí, půdy až mírně převlhčené, vždy však v chladném klimatickém regionu.
- HPJ 37 – Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podornici od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké, lehčí až lehké, převážně vysušené, závislé na srážkách.
- HPJ 39 – Litozemě modální na substrátech bez rozlišení, s mělkým drnovým horizontem, zpravidla 10 – 15 cm mocný, s nepříznivými vláhovými poměry.
- HPJ 40 – Půdy se sklonitostí vyšší než  $12^\circ$ , kambizemě rendziny a pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další zrnitostně středně těžké, lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici.
- HPJ 50 – Gambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách, středně těžké, lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření.



HPJ 64 – Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité.

HPJ 72 – Gleje fluvické zrašelinělé a gleje fluvické histické, na nivních uloženinách, středně těžké až velmi těžké, trvale pod vlivem hladiny vody v toku.

HPJ 73 – Kambizemě oglejené, pseudogleje glejové i hydroeluviální, gleje hydroeluviální i povrchové, nacházející se ve svahových polohách, zpravidla zamokřené s výskytem svahových pramenišť, středně těžké až velmi těžké, až středně skeletovité.

HPJ 74 – Pseudogleje glejové i hydroeluviální, gleje povrchově zrašelinělé i gleje povrchově histické, gleje akvické, stagnoglej modální, půdy středně těžké až velmi těžké, středně skeletovité, nacházející se ve svahových polohách, zamokřené svahovými prameny, často zrašelinělé (NĚMEČEK, 2001).

### 6.1.3.1 Minerální prostředí půd

Charakteristika minerálního prostředí (REIF et al., 1989) byla studována na vzorcích půdní jemnozeme, odebraných z profilu půdních sond. Stanovený obsah půdní jemnozeme, tj. obsahu půdních částic menších než 2 mm v jednotlivých půdních horizontech, obsah půdní vlhkosti, hodnoty aktivního a potenciálního pH jsou shrnuty v tabulce č. 6.

Tabulka 6: Charakteristika minerálního prostředí (REIF et al., 1989)

Označení vzorku	Obsah jemnozeme (hmotnostní %)	Obsah vody (hmotnostní %)	pH aktivní	pH potenciální
1A humus	54,41	13,70	3,87	2,90
1A	39,02	11,40	4,67	3,64
1B <sub>1</sub>	51,42	14,13	4,21	3,76
1B <sub>2</sub>	46,91	12,61	4,37	3,90
2A humus	66,67	12,75	3,80	2,67
2A	66,67	15,03	3,83	2,93
2B	61,75	13,80	4,49	4,12
3A humus	62,16	10,41	3,59	2,35
3A	59,13	6,85	3,55	2,71

Označení vzorku	Obsah jemnozeme (hmotnostní %)	Obsah vody (hmotnostní %)	pH aktivní	pH potenciální
3B	59,85	6,72	4,57	3,89
4A	51,37	4,93	4,55	3,36
4B	9,17	5,22	4,85	3,99
5A	72,22	9,73	3,71	3,00
5B	54,66	11,01	4,44	4,07
6A	62,01	11,14	3,62	2,80
6B	58,25	7,12	4,63	4,19

Průměrné hodnoty aktivního a potenciálního pH z uvedené tabulky jsou následující:

Tabulka 7: Průměrné hodnoty aktivního a potenciálního pH pro jednotlivé půdní horizonty (REIF et al., 1989)

Půdní horizont	pH aktivní	pH potenciální
Humusový	3,75	2,64
A	3,99	3,07
B	4,51	3,97

Na základě stanovených hodnot potenciálního (výměnného) pH lze s použitím klasifikace TRAJKOVA (1968) označit půdy jako silně kyselé.

### 6.1.3.2 Půdní sorpční komplex

Vlastnosti půdy jsou určeny na základě rozboru půdního sorpčního komplexu organických a minerálních koloidů. Stanovené hodnoty výměnných půdních bazí (S), hydrolytické acidity (H), maximální kationtová výměnná sorpční kapacity (T) a sorpční nasycenosti (V) jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Podle rozdělení TRAJKOVA (1968) lze hodnotu kationtové výměnné kapacity u vzorků humusu považovat za velmi vysokou, u vzorků z horizontu A převážně za vysokou a horizontu B za nízkou. Z hlediska stupně sorpčního nasycení považujeme půdy za nenasycené až extrémně nenasycené.

Tabulka 8: Stanovení hodnot půdního sorpčního komplexu ve vzorcích půdní jemnozeme (REIF et al., 1989)

Vzorek	S [mmol(+)/100g]	H [mmol(+)/100g]	T [mmol(+)/100g]	V [%]
1A humus	12,43	30,81	43,24	28,75
1A	6,38	11,69	18,07	35,31
1B <sub>1</sub>	4,92	9,07	13,99	35,17
1B <sub>2</sub>	2,41	4,09	6,50	37,08
2A humus	12,76	37,69	50,45	25,29
2A	4,75	19,50	24,25	19,59
2B	4,35	7,62	11,97	36,34
3A humus	14,28	82,41	96,69	14,77
3A	6,30	23,69	29,99	21,01
3B	5,67	13,97	19,64	28,87
4A	11,23	12,86	24,09	46,62
4B	3,56	3,74	7,30	48,77
5A	9,57	25,69	35,26	27,14
5B	5,88	8,00	13,88	42,36
6A	4,17	24,92	29,09	14,33
6B	2,37	4,76	7,13	33,24

### 6.1.3.3 Mineralogický rozbor půd

Mineralogický rozbor půdní jemnozeme byl prováděn metodou rentgenové difrakční analýzy. Údaje o semikvantitativním zastoupení nerostů v půdní jemnozemi jsou uvedeny v tabulce č. 9. Nejhojněji je zastoupen primární křemen, plagioklas, K-živec, muskovit a velmi sporadicky amfibol. Z druhotných minerálů je výrazněji zastoupen chlorit, vznikající přeměnou biotitu, méně pak hydroslídy, sporadicky kaolinit a siderit. Mimo uvedené nerosty byl v jílovém podílu půdní jemnozeme (tabulka č. 10) stanoven montmorillonit.

Tabulka 9: Mineralogické složení půdní jemnozeme (REIF et al.,1989)

Vzorek	křemen	plagioklas	K-živec	muskovit	hydroslída	chlorit	kaolinit	siderit	amfibol
1A	4	2	3	2	1	2	-	-	-
1A humus	4	3	-	1	1	1	-	-	-
2A	4	2	2	1	-	1	-	-	-
2A humus	4	2	2	1	1	-	-	-	-
3A	4	3	-	2	-	2	-	-	-
3A humus	4	2	1	2	-	-	-	-	-
4A	4	2	1	2	-	2	-	-	-
5A	4	3	2	2	1	3	-	-	-
6A	4	3	2	2	-	-	1	-	-
1B <sub>1</sub>	4	3	2	1	-	1	-	-	-
1B <sub>2</sub>	3	3	2	1	1	2	-	-	-
2B	5	2	3	2	1	2	-	-	-
3B	4	2	-	2	1	2	-	-	-
4B	4	2	2	3	1	3	-	-	1
5B	4	3	-	2	-	3	-	-	-
6B	4	3	2	2	-	2	1	1	-

Stupnice: 5 – obsah nerostu = 50 obj. %  
 4 – obsah nerostu = 50-20 obj. %  
 3 – obsah nerostu = 20-10 obj. %  
 2 – obsah nerostu = 10-5 obj. %  
 1 – obsah nerostu < 5 obj. %

Z uvedených výsledků je zřejmé, že zastoupení jílových minerálů mimo hydroslídy je relativně nízké. Hydroslídy identifikované společně s muskovitem, vznikající jeho hydratací za současného uvolnění alkálií a železa, naznačují přechod od slíd ke smektitům.

Tabulka 10: Mineralogické složení jílového podílu půdní jemnozeme (REIF et al., 1989)

vzorek	křemen	plagioklas	K-živec	slída	chlorit	montmorillonit	kaolinit
1B <sub>1</sub>	+	+	+	+	+	-	-
1B <sub>2</sub>	+	+	-	+	+	-	-
2B	+	+	-	+	+	-	-
3B	+	-	+	+	-	-	-
4B	+	+	+	+	+	-	-
5B	+	+	-	+	+	+	-
6B	+	+	+	+	+	-	+

+ = nerost byl stanoven

- = nerost nebyl stanoven

## 6.1.4 Regionálně inženýrskogeologická charakteristika

### 6.1.4.1 Inženýrskogeologická charakteristika horninového prostředí

#### 6.1.4.1.1 Předkvartérní podklad

Podle převažujícího horninového podkladu se jedná o základní inženýrsko-geologický region krystalinika, zastoupeného formací metamorfovaných hornin moldanubika (pestré i jednotvárné skupiny) a formací žilných hornin moldanubického plutonu. Regionálně metamorfované horniny i různé typy granitoidů mají podobné technické vlastnosti. Zvětrávají na písčité a písčitohlinité eluvium, které je velmi málo stlačitelné, dobře propustné a dostatečně únosné, poskytuje tedy vhodnou základovou půdu. Hloubka zvětrávání závisí na petrografickém složení a zrnitosti hornin, stupni rozpukání a klimatických poměrech. Proto jsou největší mocnosti písčitých zvětralin na středno až hrubozrnných granitech, a to především v místech, kde má reliéf charakter paroviny. Menší mocnosti písčitých až jílovitopísčitých eluvií, doprovázených písčítokamenitými sedimenty, se vytvářejí na metamorfovaných horninách – rulách a migmatitech.

Z dalších metamorfovaných hornin (erlány, vápence, amfibolity apod.) vznikají zvětraliny typu písčitých hlín, hlín s příměsí úlomků hornin a hlinitokamenitých sutí, které bývají snadno rozpojitelné, málo stlačitelné a tedy dostatečně únosné pro zakládání staticky nenáročných staveb. Tyto horniny se nejčastěji vyskytují v mělkých depresích a na mírných svazích, kde mohou nabývat až několikametrových mocností. Zde může docházet při nevhodném zásahu do stability svahu (např. odtěžením zemin v patě svahu) k lokálním svahovým pohybům – sesuvům.

Významným geodynamickým faktorem hornin krystalinika je puklinatost a foliace (metamorfní břidličnatost).

Puklinatost má velký význam jak pro cirkulaci podzemních vod, tak i pro zvětrávání a rozpad hornin. Přestože má rozpuštění skalního masívu především lokální charakter, může docházet i ke skalnímu řízení v místech větších skalních výchozů (zejména u granitoidů) ve vrcholových partiích a na strmých úbočích potoků.

Foliace metamorfovaných hornin je naproti tomu spíše fenoménem regionálního charakteru. Nejlépe je vyvinuta v rulách, amfibolitech a migmatitech. Plochy metamorfní břidličnatosti jsou v podstatě plochy diskontinuity prostupující více či méně celý horninový komplex. Za vhodných podmínek (vločky cizorodých hornin, zvodnění, tektonické porušení, příkrý sklon ploch, narušení stability) zde může také docházet ke skalnímu řízení nebo sesouvání. Proto je vhodné, aby sklony svahů výkopů, zářezů a stavebních jam odpovídaly úklonům foliačních ploch.

#### **6.1.4.1.2 Zvětralinový plášť a kvartérní pokryv**

Region krystalinika je z větší části překryt sedimenty nejmladšího geologického útvaru – kvartéru. Vývoj těchto sedimentů závisel na charakteru zdrojových hornin, klimatických a morfologických poměrech. Z inženýrskogeologického hlediska mají právě tyto uloženiny největší význam, neboť většina běžných staveb je zakládána právě v nich. Z hlediska vývoje kvartérních uloženin se setkáváme na Zdíkovsku s oblastí snosovou, oblastí pahorkatin i oblastí akumulací. Snosová oblast je typická odnosem zvětralin, v lokálních depresích a na mírných svazích dochází k tvorbě svahovin.

Na zarovnaném povrchu parovin (vrcholové partie Šumavy) nedochází k odnosu zvětralin a vznikají zde až několik metrů mocná eluvia. Materiál ze snosových oblastí se akumuluje v depresích.

Nevhodné pro běžné zakládání staveb jsou nivní sedimenty místních vodotečí (převážně potoků a říček), dosahující mocnosti až 5 m. Jsou to nezpevněné, silně zvodnělé, hlinitopísčité a písčítokamenité sedimenty často s výrazným podílem organické příměsi.

#### 6.1.4.2 Hydrogeologické poměry

Modelové území je na mělké podzemní vody a vydatnější prameny poměrně chudé. Podzemní vody se vyskytují převážně v puklinách skalního masívu, ojediněle v pokryvných útvarech a v náplavech potoků. Přírozené vývěry podzemních vod jsou soustředěny v podobě pramenních vývěrů ve svažitých lesních částech povodí. Vody stékají po spádu svahu skrz deluviální sedimenty do údolních niv nebo je zamokřují a podmáčejí povrch území. Ve zvětralinovém plášti hornin a v pokryvných zeminách, obsahujících v plochých mísovitých splachových depresích méně propustné zeminy, vznikají lokální roztráštěné zvodně. V takových půdách je nutné počítat s možností podmáčení základové půdy, případně při větším množství atmosférických srážek i se zatopením výkopů. To může ve svažitém území vést až ke statickým poruchám konstrukcí staveb. Tyto potíže lze většinou odstranit gravitačním odvedením vod drenážemi z prostoru staveniště.

Hladina podzemní vody v podrajónech holocenních náplavů (údolních niv) potoků je ovlivňována především infiltrací z vodních toků. Je zde vyvinut souvislý horizont mělké podzemní vody, hydrologicky propojený s vodou ve vodoteči. Hladina této vody leží blízko povrchu terénu. Při vydatnějších srážkách a po tání sněhu se sedimenty údolní nivy obohacují ještě podpovrchovou vodou ze svahových uloženin. Jako zdroj vody jsou nivní náplavy dosti vydatné, voda je snadno dosažitelná, ale měkká s kolísavou teplotou. Proto lze tyto vody vhodně využívat pouze jako vodu užitkovou.

U všech podzemních vod ve studovaném území je nutné počítat s jejich nežádoucím chemickým složením, zejména s agresivitou na betonové konstrukce – viz tabulka č. 11.

Podzemní vody jsou kyselé (pH 5,45 – 6,9) a patří do skupiny vod tvrdých s převládajícím vlivem nekarbonátové a vápenaté, případně hořečnaté tvrdosti. Jejich útočnost se projevuje slabou kyselostní a uhličitou agresivitou. Podle ČSN EN 206-1 převládá středně agresivní chemické prostředí – XA2.

Tabulka 11: Agresivita podzemních vod

Číslo	Lokalita	Vrt	pH	Tvrdość (mmol/l)	Agresivní CO <sub>2</sub>		Stupeň agresivnosti
					Ca (mg/l)	Fe (mg/l)	
1	Nový Dvůr	HJ 1	6,40	1,25	21,53		<b>XA2</b>
		HJ 2	6,20	0,73	22,00		<b>XA2</b>
2	Klasetín	HJ 1Z	6,30	0,75	19,04		<b>XA2</b>
		HJ 2Z	6,40	0,89	16,74		<b>XA2</b>
3	Albrechtec	HV 2	6,75	1,35	17,90	19,10	<b>XA1</b>
		HV 3	6,45	0,91	22,00	22,80	<b>XA2</b>
		HV 4	6,25	0,70	23,40	24,20	<b>XA2</b>
4	Nový Dvůr	HV 1	6,00	0,45	6,60		<b>XA1</b>
		HV 2	6,00	0,45	8,78		<b>XA1</b>
5	Zdíkovec	ZD 1	6,10	0,45	35,09		<b>XA2</b>
6	Nový Dvůr	HJ 1	6,00				<b>XA1 *</b>
7	Branišov	BV 378	6,90	1,40			-
8	Zdíkov	HV 1	6,60	0,50	4,40		-
9	Masákova Lhota	S 2	5,45				<b>XA2 *</b>
10	Zdíkov	S 19	6,10	1,56	21,00	22,00	<b>XA2</b>
11	Zdíkovec	V 1	6,50	2,00	21,20	21,90	<b>XA2</b>
12	Zdíkov	S 2	6,70	1,81	27,30	30,10	<b>XA1</b>
		S 3	6,80	1,15	20,10	21,40	<b>XA1</b>

\* u těchto vrtů byla hodnocena pouze kyselostní agresivita

### 6.1.4.3 Geodynamické procesy

#### 6.1.4.3.1 Seismicita

Studovaná lokalita leží mimo oblast nebezpečných zemětřesení, intenzita předpokládaných zemětřesných otřesů je méně než 6 MCS.

#### 6.1.4.3.2 Zvětrávání

Charakter a produkty zvětrávání jsou popsány v kapitole 6.4.1. Produkty křídového a terciérního zvětrávání se ve studované oblasti nevyskytují, neboť produkty těchto procesů podlely destrukci a odnosu. Nejvýznamnější jsou tedy kvartérní zvětrávací produkty, jejichž resedimentací vznikly sedimenty převážně deluviální, fluviální, deluviofluviální, eolické a vzácně i ledovcové povahy. Největší rozšíření organických sedimentů (rašeliny) je na území národního parku Šumava. Značná část území spadá do rozsáhlé denudační oblasti, a proto jsou zde zvětrávací produkty vyvinuty velice omezeně.



#### **6.1.4.3.3 Eroze**

Eroze je proces rychlého odnosu zvětralinového pláště v důsledku hlubokého větrání, slabé propustnosti podloží a nedostatečného rostlinného pokryvu. Eroze zde probíhá buď větrem nebo vodou, nezávisí na horninovém prostředí. Největší škody jsou způsobovány antropogenní činností při nevhodném způsobu orby na svažitých polích. Proti erozi je nutné bojovat vhodnými způsoby obhospodařování pozemků, zmenšováním jejich rozlohy, vysazováním vhodných porostů a tvorbou erozi bránících krajínotvorných prvků.

#### **6.1.4.3.4 Svahové pohyby**

Svahové pohyby jsou projevy nestability horninového prostředí, které vznikají v důsledku gravitačního působení na horninový masív a bývají výrazně podmíněny jak hydrologickou situací, tak i antropogenní činností. Sesuvy vznikají nejčastěji ve středních a dolních částech svahů a v místech intenzivního zvětrávání hornin. Velmi náchylná k sesuvům jsou území s variabilní a střídající se litologickou náplní v území, kde sklon foliace nebo vrstevnatosti je totožný se sklonem svahu.

Území Zdíkova není významně ohroženo sesuvy. Lokální sesuvy velmi malého rozsahu vznikají v důsledku nevhodného lidského zásahu do přirozených svahů při výstavbě komunikací (zejména lesních svážných cest) a dnes i při výstavbě rodinných domů.

#### **6.1.4.4 Poddolovaná území, antropogenní procesy**

Hornická činnost byla v minulosti v území Zdíkova poměrně málo rozšířená, měla spíše lokální význam. Jejimi relikty dodnes zůstaly stopy v podobě odvalů, jam, propadlin, apod. Většina stop po těžbě byla však s povrchu území setřena, lokálně je území znehodnoceno pro budoucí využití v lokalitě U Kyzu a ve Zdíkově – viz mapa inženýrsko-geologického rajónováním (příloha č. 3). Nejčastějším předmětem zájmu těžby byly nerudní a stavební suroviny, jako žilný křemen, krystalické vápence, lomový kámen, písky a hlíny.

Kromě těžby se dnes projevují zásahy člověka do horninového prostředí i při dalších činnostech, z nichž nejdůležitější je ukládání odpadů. Dochází k rozsáhlým akumulacím antropogenních uloženin různého charakteru, které je nutné vhodně rekultivovat. Oblasti těžbou dotčených území a antropogenních akumulací je možné využívat pro stavební účely jedině při aplikaci zvláštních způsobů zakládání nebo zlepšení základové půdy.

#### **6.1.4.5 Stavební hmoty**

Ze stavebních hmot lze na území Zdíkova využívat ušlechtilý kámen (granity, syenity a porfyry), drcený kámen různé kvality (ruly, migmatity) a omezeně i těsnicí a cihlářské suroviny, šterkopísky a písky. V minulosti zde byl těžen i krystalický vápenec pro výrobu hašeného vápna.

#### **6.1.4.6 Inženýrskogeologické podmínky zástavby**

Základní a obecné podmínky pro výstavbu vycházejí z údajů uvedených pro jednotlivé inženýrskogeologické regiony v kapitole 6.4.1.

##### **6.1.4.6.1 Základové půdy**

Na základě rozboru morfologických, geologických a hydrogeologických poměrů bylo rozděleno modelové území do šesti rajónů, různě vhodných k zastavění. Tyto rajóny, které jsou zakresleny v mapě inženýrskogeologického rajónování v měřítku 1:25 000 v příloze č. 3 jsou následující:

##### Rajóny v h o d n é k zastavění (označené žlutou barvou)

zabírají největší část rozlohy území. Vyskytují se převážně na terénních vyvýšeninách a na jejich úbočích. Skalní podloží budují biotitické a silimanit-biotitické pararuly s vložkovými horninami a žilami granitoidů. Hloubka skalního podkladu je podle svažitosti území v rozmezí 2 až 3 metrů pod povrchem. Pokryvným útvarem jsou zde svahové písčité hlíny s příměsí horninových úlomků a kamenité hlinitopísčité sutě. Podzemní voda se nevyskytuje v souvislém horizontu, je zpravidla hluboko pod základovou půdou. Srážkové vody se dobře vsakují a nepodmáčí povrch území. Ve svažitém území, na svazích 20° a více je nutné věnovat zakládání staveb zvýšenou pozornost.

##### Rajóny m é n ě v h o d n é k zastavění (označené žlutohnědou barvou)

zabírají značnou část území. Pokryvnými útvary jsou zde deluviální a deluviálně soliflukční písčité nebo jílovitopísčité hlíny s příměsí horninových úlomků o mocnosti 3 až 5 metrů. Na méně propustných zeminách se dočasně nadržuje srážková voda a povrch území zde bývá

podmáčen. Vyskytují se na mírně svažitém, zvlněném i rovinném terénu. Podzemní voda se vyskytuje v propustných písčitých polohách v hloubce 2-3 metrů.

Zařazují sem i staveniště na západním okraji Zdíkova (označená zelenou barvou), kde tvoří podloží staveniště deluviofluviální proměnlivě hlinité písky, naplavené sem původním tokem Adámkova potoka. Potok byl v 70. letech 20. století přeložen a částečně zatrubněn. Písky byly v minulosti neřízeně těženy v malých pískovnách, dnes zavezených převážně odpadem.

Rajóny n e v h o d n é k zastavění (označené modrou, šedou a červenou barvou)

zabírají v území nejmenší plochu. Zařazují sem holocenní náplavy potoků a výplně splachových depresí, kde jsou nedostatečně únosné základové půdy a nepříznivé hydrogeologické poměry. Podzemní voda se vyskytuje mělce pod povrchem území, obvykle v hloubce 0,5-1 m.

Patří sem i rašelinné půdy v okolí prameniště, násypy, výsypky a jámy po těžbě surovin a výchozy skalních hornin.

#### **6.1.4.6.2 Zakládání pozemních staveb**

Mimo oblasti náplavových sedimentů lze používat při zakládání jednoduchých konstrukcí běžné zakládací metody pro plošné základy. Ve svažitém terénu je nutné vést základovou spáru stupňovitě v zeminách či horninách obdobných fyzikálně-mechanických vlastností. Zámraznou hloubku je nutné volit s ohledem na horský typ klimatu nejméně 1,20 m pod upraveným povrchem území. Problémy s podzemní vodou mohou nastat pouze v údolních nivách, vadózní podzemní vody lze ve svažitém území snadno podchytit a gravitačně odvést obvodovou drenáží.

#### **6.1.4.6.3 Zemní práce, povrchová těžba surovin**

Vzhledem ke geologické pestrosti území jsou podmínky pro zemní práce lokálně výrazně odlišné. Kvartérní sedimenty jsou dobře rozpojitelné běžnou mechanizací, u hornin závisí rozpojitelnost na litologii, stupni zvětrání a hloubce zemních prací. Na elevacích nelze vyloučit při rozpojování hornin ani nutnost použití trhavin.

## 6.1.5 Radioaktivita horninového prostředí

### 6.1.5.1 Radionuklidy v horninách

U základních horninových druhů modelového území byly změřeny pracovištěm Státního ústavu radiační ochrany v Českých Budějovicích aktivity radionuklidů  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  a  $^{137}\text{Cs}$ . Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 12.

Tabulka 12: Aktivita radionuklidů hlavních horninových druhů (měřeno laboratoří SÚJB, regionální centrum České Budějovice)

Hornina	Aktivity radionuklidů hlavních horninových typů v Bq/kg					
	$^{40}\text{K}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Th}$	$^{235}\text{U}$	$^{238}\text{U}$	$^{137}\text{Cs}$
Leukokratní žula	721±4	7±1	< 2,1	< 0,4	7±2	3,8±0,1
Biotitická pararula	176±2	11±1	5±1	0,6±0,2	10±3	6,7±0,1
Syenitový porfyr	842±4	31±2	37±2	3±0,4	73±6	< 0,1
Žilný křemen	94±3	6±1	4±1	< 0,4	2,5±1,4	4,5±0,1

Z měřených hornin má nejméně radioaktivních prvků žilný křemen. Biotitická pararula má nižší obsah draslíku než granitoidy, ale zvýšený obsah  $^{238}\text{U}$ , který je zdrojem radonu. Výrazně radioaktivní horninou je ve studovaném území syenitový porfyr. Jako typická šumavská žilná hornina hojně proniká rulovým pláštěm a významně ovlivňuje radonové riziko. Lokálně se může tato hornina projevit na stavebním pozemku jako plocha s vysokou aktivitou radonu a vést k zařazení pozemku do vyšší kategorie radonového indexu.

### 6.1.5.2 Objemová aktivita radonu

Při hodnocení radonového rizika modelového území byly měřeny objemové aktivity radonu ve vzorcích půdního vzduchu v místech pramenišť Zdíkovského potoka a jeho přítoků, pramenišť Novohuťského a Vydřího potoka a na kontaktech (výchozech) rozdílných horninových druhů. Na stavenišťích v intravilánu obce Zdíkov a Nový Dvůr byla prováděna měření OAR pro stanovení radonového indexu pozemků (ŠKODA, 2003a, 2003b, 2007).

Prameniště byla zvolena za měřené plochy na základě domněnky, že hodnoty aktivity radonu v půdním vzduchu zde mohou pomoci indikovat typ pramene podle jeho geologické pozice a geneze. Velká pozornost při hodnocení radonového rizika byla věnována lokalitě

v Novém Dvoře se zdroji podzemní vody pro veřejné zásobování pitnou vodou, neboť zde byly ve vodě opakovaně zjištěny vysoké obsahy radonu – viz kapitola 6.1.5.3. Celkem bylo změřeno 312 bodů objemové aktivity radonu v půdním vzduchu (OAR), z toho přímo v modelovém území 198 bodů. Na základě výsledků, které jsou uvedeny v tabulce č. 13, byla sestavena radonová mapa modelového území v měřítku 1:25 000 – příloha č. 4.

 Tabulka 13: Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu ( $\text{kBq.m}^{-3}$ )

Číslo	Lokalita	Počet měření	Maximální hodnota	Minimální hodnota	Medián	Třetí kvartil
		n	$Q_{\max}$	$Q_{\min}$		$C_{A75}$
1	Prameniště Zdíkovského potoka	36	17,7	2,2	8,0	12,3
2	Prameniště Adámkova potoka	32	56,6	6,9	22,8	32,1
3	Prameniště Klásetínského potoka	24	13,6	3,1	7,2	11,2
4	Prameniště Vydřího potoka – pod Hrbem	30	65,9	4,1	31,3	52,8
5	Prameniště Vydřího potoka – Lčovický les	20	47,6	2,2	14,3	21,6
6	Prameniště Novo-huťského potoka - Pláně	20	204,5	4,7	12,3	26,1
7	U Kyzu – plocha A	30	26,7	4,7	10,7	16,5
8	U Kyzu – plocha B	30	80,5	14,1	37,7	46,2
9, 12	Obec Zdíkov	33	104	12,3	21,1	32,5
10	Obec Nový Dvůr	15	74,8	33,9	49,0	55,8
11	Nový Dvůr – vodní zdroje	30	152,8	23,2	105,6	114,8
13	Leukokratní žula	12	524,7	2,0	7,8	21,3
14	Biotitická pararula	80	104	6,9	25,6	42,0

V místech pramenišť je pronikání a koncentrace radonu v přípovrchové zóně pokryvu závislá na propustnosti zemin a na podzemní vodě, která zde vyvěrá na povrch území. V okolí pramenišť obsahují zeminy pokryvu také výrazný podíl organické příměsi, vznikly zde rašelinné zeminy mocné 1 až 2 metry. Ty jsou trvale syceny vodou, která výrazně snižuje jejich propustnost. Odběry reprezentativních vzorků půdního vzduchu zde byly proto významně ovlivněny charakterem částic zemin a nasyceností pórů vodou. Hodnoty OAR v půdním vzduchu se zde většinou pohybují v rozmezí 10-20 kBq.m<sup>-3</sup>.

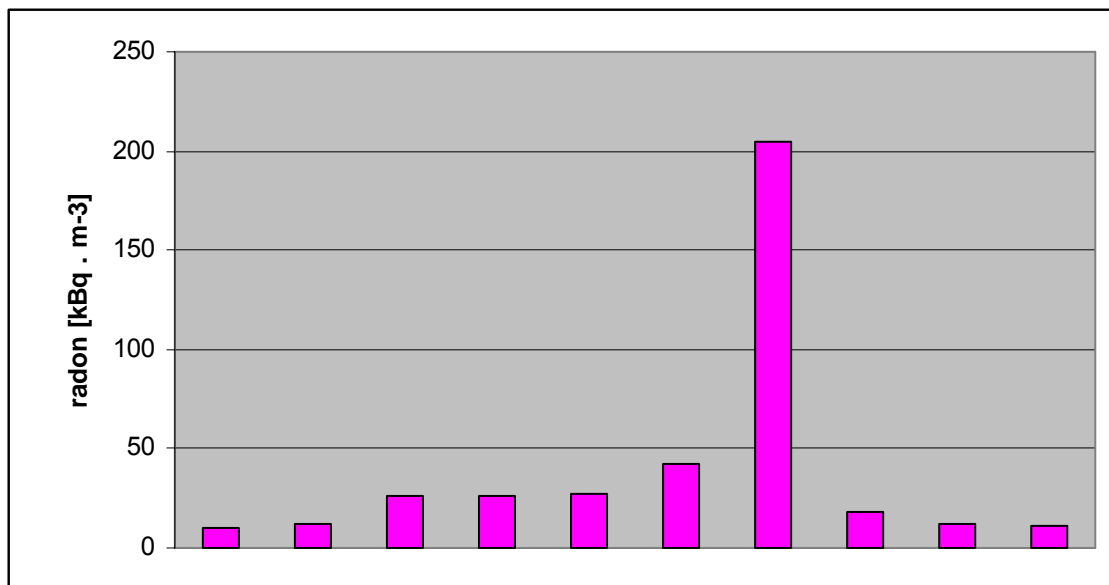
V hornatých částech území však ani zhoršená propustnost těchto zemin nezastírá vyšší obsah radonu v horninovém podloží. Hodnoty objemové aktivity radonu na prameništích Vydřího, Novohuťského i Adámkova potoka jsou srovnatelné s hodnotami na staveništích v obcích, kde radon proniká snáze k povrchu území díky hlubší úrovni podzemní vody. Ta zde vytváří souvislou zvedeň až v puklinách skalního masivu v hloubce kolem 20 m. Větší mocnost pokryvu, tvořeným hlinitopísčitymi zeminami, zde dovoluje rychlejší migraci radonu i s ohledem na vyšší teplotní gradient, než-li je tomu v okolí pramenišť, kde jsou zeminy podzemní vodou ochlazovány.

Tabulka 14: Radonový index měřených pozemků

Číslo	Lokalita	Počet měření	Třetí kvartil	Propustnost zemin	Radonový index
		N	C <sub>A75</sub>		
1	Prameniště Zdíkovského potoka	36	12,3	Střední	<b>nízký</b>
2	Prameniště Adámkova potoka	32	32,1	Střední	<b>střední</b>
3	Prameniště Klásetínského potoka	24	11,2	Střední	<b>nízký</b>
7	U Kyzu – plocha A	30	16,5	Střední	<b>nízký</b>
8	U Kyzu – plocha B	30	46,2	Střední	<b>střední</b>
9, 12	Obec Zdíkov	33	32,5	Střední	<b>střední</b>
10	Obec Nový Dvůr	15	55,8	Střední	<b>střední</b>
11	Nový Dvůr – vodní zdroje	30	114,8	Střední	<b>vysoký</b>

Hodnoty OAR jsou v intravilánech obcí v rozmezí 20-70 kBq.m<sup>-3</sup>, radonový index stavebních pozemků je převážně střední – viz tabulka č. 14.

Při detailním zkoumání prameniště Novohuťského potoka (lokalita č. 6) na Pláních jsem naměřil hodnoty OAR výrazně překračující průměrné hodnoty, měřené na ostatních lokalitách. S velkou pravděpodobností zde lze usuzovat na tektonické rozhraní, které znázornil ve své registrační mapě i Vejnar (1984). To se projevuje také v morfologii terénu, kde pod terénním zlomem výšky 3 až 5 metrů je kotlina s prameništěm, vyplněná mocnou vrstvou rašeliny. Průběh měření s délkovým krokem po 0,5 m je znázorněn na obrázku č. 1, kde dominuje maximální hodnota OAR rovná 204,5 kBq.m<sup>-3</sup>.



Obr. 1: Obsah radonu v profilu přes tektonickou poruchu na prameništi Novohuťského potoka na Pláních (lokalita č. 6).

Vysoký výskyt radonu byl naměřen také v blízkosti kontaktu tělesa leukokratní žuly s biotitickou pararulou (lokalita č. 13). Maximální hodnota OAR (524,7 kBq.m<sup>-3</sup>) zde několikanásobně překračuje nejvyšší hodnoty naměřené na staveništích. Nejedná se zřejmě o aktivitu radonu zvýšenou díky obsahu radioaktivních prvků v leukokratní žule, kde jsou hodnoty <sup>226</sup>Ra a <sup>238</sup>U nižší, než-li v okolní biotitické pararule, ale o projev tektonické predispozice žulové intruze do rulového pláště.

### 6.1.5.3 Radioaktivita podzemní vody

Z laboratorních rozborů radionuklidů ve zdrojích pitné vody pro veřejné zásobování je zřejmé, že obsah radonu  $^{222}\text{Rn}$  často překračuje směrnou hodnotu 50 Bq/l. U podzemní vody z veřejné studny v Novém Dvoře byla dokonce před úpravou vody (provzdušňováním) překročena limitní hodnota (MH) 300 Bq/l. Výsledky rozborů z let 1998 – 2003 jsou uvedeny v tabulce č. 15.

Tabulka 15: Obsah radionuklidů ve vodě (rozbory vodohospodářské laboratoře Povodí Vltavy, s.p. České Budějovice)

Lokalita	Datum	Aktivita alfa (Bq/l)	Aktivita beta (Bq/l)	Radon 222 (Bq/l)	Poznámka
Zdíkov	14.1.1998	< 0,025	0,024	52	
Branišov		< 0,035	0,071	91	
Zdíkovec		< 0,051	0,054	38	
Nový Dvůr		< 0,026	0,064	<b>310</b>	> MH
Masáková Lhota		< 0,025	0,030	83	
Nový Dvůr	18.3.1998			220	
Zdíkov	6.1.1999	0,005	0,041	34	
Nový Dvůr		0,025	0,098	<b>370</b>	> MH
Masáková Lhota		0,026	0,200	81	
Zdíkov	13.3.2000	0,019	0,032	1,6	
Branišov		0,150	0,074	33	
Zdíkovec		0,058	0,073	20	
Nový Dvůr		< 0,020	0,068	18	vodovod
Masáková Lhota		0,034	0,072	33	
Zdíkov	9.4.2001	< 0,017	0,015	87	
Branišov		< 0,032	0,080	45	
Zdíkovec		< 0,032	0,026	26	
Nový Dvůr		< 0,029	0,050	<b>650</b>	> MH
Masáková Lhota		< 0,024	0,029	57	
Nový Dvůr	16.7.2001	< 0,023	0,120	12	vodovod
Zdíkov	13.6.2002	0,017	0,047	40	
Branišov		0,027	0,114	100	
Zdíkovec		0,048	0,088	31	
Nový Dvůr		0,020	0,084	81	
Masáková Lhota		0,056	0,054	82	
Zdíkov	14.4.2003	0,029	0,036	48	
Branišov		0,019	0,041	56	
Zdíkovec		0,084	0,139	29	
Nový Dvůr		0,018	0,050	36	
Masáková Lhota		< 0,023	0,032	55	



Ve studovaném území se stejně jako v celých jižních Čechách nevyskytují minerální ani termální vody. Výjimkou jsou prosté radioaktivní vody infiltrační zóny, označované podle balneologické klasifikace jako vody radonové.

Následné měření aktivity radonu ve vzorcích půdního vzduchu v okolí vodních zdrojů v Novém Dvoře zde potvrdilo i přes nasycení pokryvných zemin vodou z tajícího sněhu vysokou radonovou emanaci. Poměrně vysoké hodnoty radonu v rozmezí 105 – 150 kBq.m<sup>-3</sup> i zvýšený obsah thoronu <sup>218</sup>Th (30 – 40 kBq.m<sup>-3</sup>) ukazují na možnost výskytu lokální uranové anomálie. V mapě radonového rizika České republiky v měřítku 1:200 000, list Jihočeského kraje z roku 2000 je uváděna oblast redistribuce uranu v okolí jezírka U Kyzu. Výsledky měření OAR zde však výskyt uranového zrudnění nepotvrzují.

### **6.1.6 Prameniště**

V hornaté části studovaného území, při jižní hranici rozvodnice povodí Zdíkovského potoka a pod ní byla studována aktivita radonu v půdním vzduchu v prostoru pramenišť Zdíkovského, Adámkova, Novohut'ského a Vydřího potoka. Měření radonu a stanovení plynopropustnosti zemin pokryvu má přispět k poznání geologické stavby jednotlivých pramenišť. Podzemní voda vyvěrá ve studovaném území dostatečně rychle, takže zde vznikají mělké pramenné studánky – limnokreny, ze kterých voda volně odtéká jako potůček.

Studiem šesti pramenných oblastí na poměrně homogenním horninovém podloží byl ověřen tektonický původ prameniště Novohut'ského potoka na Pláních nad Novými Hutěmi.

#### **6.1.6.1 Prameniště Zdíkovského potoka**

Popis: pramenní vývěr podzemní vody pod vzrostlým smrkem ve smíšeném smrk-bukovém porostu. Pod vývěrem je výrazná mělká prohlubeň s vrchovištní rašelinnou půdou, kde dochází k plošnému zamokření povrchu území a k soustředěnému odtoku vody do vznikající vodoteče. Koryto potoka má přirozený charakter, volně meandruje v terénu. Dno pokrývají úlomky ruly, žilné žuly a křemene. Skalní podloží buduje světle hnědošedá, jemně až středně zrnitá biotitická pararula s výraznou foliací. Podloží je zakryto kamenitými až balvanitými sutěmi vel. 20-40-80 cm s hlinito-písčitou výplní. Rašelinná půda je tmavě hnědá, jemnozrná s nízkou humifikací. Obsahuje málo rozpadlé zbytky smrků a je trvale sycena podzemní vodou.

Plynopropustnost zemin: střední (sutě) a nízká (rašelinná zemina)

Typ pramene: sestupný - suťový

Radonový index: nízký

#### **6.1.6.2 Prameniště Adámkova potoka**

Popis: pramenní vývěry podzemní vody ve smrkovém porostu pod mýtinou. Povrch území v místě vývěrů je zakryt tmavě hnědou, jemnozrnnou, měkkou vrchovištní rašelinnou půdou s nízkou humifikací. Mocnost zeminy je 0,7-1,0 m. Souvislý pokryv je tvořen světle hnědými svahovými písčitými hlínami s úlomky hornin, které přecházejí do podloží ve svahové kamenité sutě. Skalní podloží buduje světle šedá až bělošedá, jemně až středně zrnitá, migmatitizovaná biotitická pararula, protkaná sítí puklin vyhojených šedobílým žilným křemenem. Hornina je výrazně prostoupěna křemitým metatektem s krystaly  $\text{SiO}_2$  velkými 10-20 mm. Žilný křemen vykazuje známky drcení. Povrchový odtok vody je usměrněn umělými zářezy až k silnici, pod níž má vodoteč již přirozený charakter. Dno potoka pokrývají úlomky ruly, žilné žuly a křemene.

Plynopropustnost zemin: střední (písčité hlíny a sutě)

Typ pramene: sestupný - suťový

Radonový index: střední

#### **6.1.6.3 Prameniště pod Lizem (klásetínská větev Zdíkovského potoka)**

Popis: pramenní vývěry podzemní vody na okraji mladého smíšeného smrk-bukového porostu. Vývěry jsou svedeny umělým zářezem, vedeným po vrstevnici k soutoku se Zdíkovským potokem. Koryto je regulováno, u soutoku je opevněno kamennou rovnaninou. Skalní podloží buduje světle hnědošedá, jemně až středně zrnitá biotitická pararula s výraznou foliací. Podloží je zakryto kamenitými sutěmi s hlinitopísčitou výplní a hlinitým pískem s úlomky hornin.

Plynopropustnost zemin: střední (hlinité písky a sutě)

Typ pramene: sestupný - suťový

Radonový index: nízký

#### 6.1.6.4 Prameniště Vydřího potoka (pod Hrbem)

Popis: pramenní vývěry podzemní vody v mladém (bývalá mýtina) a starším smrkovém porostu pod vrchem Hrb (1070 m n. m.). Povrch území v místě vývěrů je zakryt tmavě hnědou, jemnozrnnou, měkkou vrchovištní rašelinnou půdou s nízkou humifikací. Mocnost zeminy je 0,5-1,0 m. V místě vývěrů podzemní vody je povrch území trvale podmáčen. Souvislý pokryv je tvořen světle hnědými svahovými písčitými hlínami s úlomky hornin, které přecházejí do podloží ve svahové kamenité sutě. Skalní podloží buduje světle šedohnědá, středně zrnitá biotitická pararula s výraznou foliací. Povrchový odtok vody je usměrněn umělými zářezy hlubokými 0,6 m do blízkosti silnice, nad níž má vodoteč již přirozený charakter. Vytěžené zeminy charakteru hlinitého písku se štěrkem jsou nahrnuty podél břehů, což znemožňuje povrchový odtok vody do koryt. Dno rýh a potoka pokrývají úlomky ruly a žilného křemene.

Plynopropustnost zemin: střední (písčité hlíny a sutě)

Typ pramene: sestupný - suťový

Radonový index: střední

#### 6.1.6.5 Prameniště Vydřího potoka (Lčovický les)

Popis: pramenní vývěry podzemní vody ve starším smrkovém porostu pod silnicí. Povrch území v místě vývěrů je zakryt tmavě hnědou, jemnozrnnou, měkkou prachovitou hlínou s rašelinou s nízkou humifikací. Mocnost hlín je 0,4-1,0 m. V místě vývěrů podzemní vody je povrch území trvale podmáčen. Souvislý pokryv je tvořen světle hnědými svahovými kamenitými sutěmi vel. 20-30 cm s hlinito-písčitou výplní. Skalní podloží buduje světle šedohnědá, středně zrnitá biotitická pararula s výraznou foliací, proniknutá žilkami bílého žilného křemene a světle bělošedá žilná žula s všesměrně zrnitou stavbou. Povrchový odtok vody probíhá v přirozených korytech hlubokých 0,4-0,8 m. Dno potoka pokrývají úlomky ruly, žuly a žilného křemene.

Plynopropustnost zemin: střední (písčité hlíny a sutě)

Typ pramene: sestupný - suťový

Radonový index: střední

#### 6.1.6.6 Prameniště Novohut'ského potoka (Pláně)

Popis: K pramenním vývěřům podzemní vody dochází ve starším smrkovém porostu cca 25 m pod silnicí, kde je morfologicky zřetelný pokles terénu o výšce 3-5 metrů. Povrch území v místě vývěřů je zakryt tmavě hnědou, jemnozrnnou, měkkou rašelinnou půdou s nízkou humifikací. Mocnost zeminy je přes 1 m. V místě vývěřů podzemní vody je povrch území trvale podmačen. Souvislý pokryv nad poklesem je tvořen světle hnědými svahovými písčítými hlínami a kamenitými sutěmi s hlinitopísčitou výplní. Skalní podloží buduje světle šedohnědá, středně zrnitá biotitická pararula s výraznou foliací, proniknutá žilkami bílého žilného křemene a světle bělošedá žilná žula s všesměrně zrnitou stavbou. Povrchový odtok vody probíhá ve třech přirozených korytech hlubokých 0,5-0,6 m. Dno potoka pokrývají úlomky ruly, žuly a žilného křemene. Měřením aktivity radonu v půdním vzduchu byl v místě poklesové kotliny indikován zlom směru SV-JZ. Koncentrace radonu jsou znázorněny na obrázku č. 1.

Plynopropustnost zemin: střední (písčité hlíny a sutě) a nízká (rašelinná půda)

Typ pramene: sestupný - zlomový

Radonový index: střední

#### 6.1.7 Podzemní voda

Jednoduché hydrogeologické poměry jsou podmíněny geologickou stavbou území, které je tvořeno různými typy rul, migmatitů a granitoidů. Tento soubor hornin vytváří hydrogeologický masiv s puklinovou porózitou. Podél toků jsou vyvinuty málo mocné fluvialní sedimenty, představující horninové prostředí s průlinovou porózitou. V Chráněné krajinné oblasti Šumava se nachází Chráněná oblast přirozené akumulace vod (CHOPAV) Šumava, vyhlášené nařízením vlády ČSR č. 40/1978 Sb. ze dne 19. 4. 1978.

Podle hydrogeologické rajonizace (OLMER, KESSL et. al, 1990) se studované území řadí k rajonu 631 – Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy. Území patří k chladným oblastem CH6 a CH7 s velmi krátkým až krátkým, mírně chladným a vlhkým létem. Přechnodné období je dlouhé s chladným jarem a mírně chladným podzimem. Zima bývá dlouhá, mírná, mírně vlhká s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou. Průměrná roční teplota vzduchu je okolo 5°C, v nižších polohách okolo 7,2°C. Průměrný roční úhrn srážek, který se snižuje s klesající nadmořskou výškou, se pohybuje okolo 800 mm.

Studované území představuje jako převážně celá oblast Šumavy pramenní oblast řady povrchových toků, zde Zdíkovského potoka, který je pravostranným přítokem Spůlky. Celé území je odvodňováno k severu, náleží do povodí Labe.

Modelové území tvoří převážně metamorfity moldanubika zastoupené různými druhy rul a migmatitů, z nichž vystupuje řada plošně malých i větších těles vložkových hornin a magmatitů. Tento soubor hornin vytváří hydrogeologický masiv, jehož významným kolektorem je připovrchová zóna rozvolnění a rozpuštění hornin spolu se zvětralinovým pláštěm. Je charakteristická průlinovo-puklinovou porózitou. Připovrchová zóna migmatitů a pararul vykazuje, jak je patrné z tabulky č. 16, malé vydatnosti a průměrné hodnoty koeficientu transmisivity  $Y = 4,8 - 4,85$  ( $T = 6,3 \cdot 10^{-5}$  a  $7,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Obdobné hodnoty koeficientu transmisivity má i připovrchová zóna granitoidů a krystalických vápenců.

Z vodohospodářského hlediska je připovrchová zóna metamorfovaných a granitoidních hornin vhodná k menším odběrům pro místní zásobování (KRÁSNÝ, 1986). Tyto vody jsou zdrojem místního obecního vodovodu, který zásobuje jak obec Zdíkov, tak i přilehlé osady. Pukliny jsou většinou sevřeny a zatěsněny jílovitými produkty zvětrávání. Jejich vydatnosti se pohybují jen v desetinách litru za sekundu, ojediněle mohou dosáhnout až 1 l/s.

Zcela odlišné horninové prostředí s průlinovou porózitou tvoří kvartérní fluvialní sedimenty v údolí Zdíkovského potoka. Hlinité písky a štěrky, mocné 3 - 4 metry, vykazují vyšší transmisivitu ( $T = 3,5 \cdot 10^{-5}$  a  $3,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Vzhledem k jejich rozsahu je jejich vodohospodářské využití vhodné také pouze pro menší odběry k individuálnímu zásobování, převážně užitkovou vodou. Rašeliniště tvoří horninové prostředí s nepatrnou transmisivitou.

Hlubší oběh podzemní vody je vázán na tektonické poruchy regionálního rozsahu s vyšší puklinovou porózitou v jejich okolí a na litologická rozhraní, kde jsou horniny porušeny hustou sítí puklin. Výraznou tektonickou strukturou je vimperské zlomové pásmo (vimperský úsek podšumavského zlomu), kde jsou řadou vrtů doloženy vyšší hodnoty indexu transmisivity ( $Y = 5,17 \cdot 10^{-5}$ ;  $s_y = 0,38$ ), než je průměrná hodnota pro horninové prostředí tvořené pararulami. Z vodohospodářského hlediska je toto prostředí vhodné opět k menším odběrům pro místní zásobování.

Tabulka 16: Hydrogeologické údaje

Číslo	Lokalita	Vrt	Terén	Ustálená hladina podzemní vody		Vydatnost (l/s)	Specifická vydatnost (l/s.m <sup>-1</sup> )	Chemický typ
				(m)	(kóta)			
1	Nový Dvůr	HJ 1		7,86		0,12	0,0505	Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
		HJ 2		8,74		0,15	0,0495	Ca-SO <sub>4</sub>
2	Klasetín	HJ 1Z	791,83	1,08	790,75	2,11		Ca-HCO <sub>3</sub>
		HJ 2Z	790,68	1,30	789,38	2,08		Ca-HCO <sub>3</sub>
3	Albrechtec	HV 2				0,54		Ca-HCO <sub>3</sub>
		HV 3				0,68		Ca-HCO <sub>3</sub>
		HV 4				0,77		Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
4	Nový Dvůr	VHV 1	954,69	7,91	946,78	0,40	0,0230	Ca-SO <sub>4</sub>
		HV 2	936,26	7,44	928,82	0,30	0,0380	Ca-SO <sub>4</sub>
5	Zdíkovec	ZD 1		14,30		2,50	0,7460	Ca-HCO <sub>3</sub>
6	Nový Dvůr	HJ 1		10,20		0,40		Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
7	Branišov	BV 378	782,35					Ca-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>
8	Zdíkov	HV 1	991,83	0,80	991,03	0,90	0,2900	Ca-HCO <sub>3</sub>
9	Masákova Lhota	S 2		9,00		0,37		Ca-HCO <sub>3</sub>

Pro krystalinikum je příznačný lokální oběh podzemní vody, který závisí na morfologii terénu, neboli na hydraulickém spádu, množství srážek, charakteru zvětralin a u hlubšího oběhu podzemní vody na existenci tektonických poruch.

K drenáži podzemních vod dochází obvykle v úrovni erozních bází různého řádu pozvolnými výrony do povrchových toků, zprostředkovanými málo mocnými deluviálními sedimenty. Pramenní vývěry s vydatností setin až desetín l.s<sup>-1</sup> jsou vázány na dna terénních depresí nebo na morfologicky výrazné změny sklonu terénu. Prameny na svazích nade dnem drenážní báze, které mají převážně charakter pramenů suťových, vyjimečně i pramenů zlomových (viz lokalita č. 6), jsou doprovázeny mokřinami.

Tabulka 17: Chemická charakteristika podzemní vody

Číslo	Lokalita	Vrt	pH	CHSK mg/l	Acidita mmol/l	Alkalita mmol/l	Celková mineralizace mg/l	Chemická klasifikace (molární typ)
1	Nový Dvůr	HJ 1	6,40	9,92	0,5	0,45	142,66	Ca - Na - Mg
		HJ 2	6,20	8,99	0,5	0,05	92,17	Ca - Na - K - Mg
2	Klasetín	HJ 1Z	6,30	11,2	0,45	0,77	100,89	Ca - Na - Mg
		HJ 2Z	6,40	10,58	0,4	0,95	106,13	Ca - Na - Mg
3	Albrechtec	HV 2	6,75	2,21	0,45	1,1	116,26	Ca - Mg
		HV 3	6,45	3,16	0,52	0,52	80,39	Ca - Mg
		HV 4	6,25	3,48	0,55	0,4	63,49	Ca - Mg
4	Nový Dvůr	HV 1	6,00	2,24		0,25		Ca - Mg - Na
		HV 2	6,00	2,32		0,2		Ca - Mg - Na
5	Zdíkovec	ZD 1	6,10	1,52	0,85	0,45	90,85	Ca - Na - Mg
6	Nový Dvůr	HJ 1	6,00				57,4	Ca - Na
7	Branišov	BV 378	6,90	0,59	0,28	1,2	309,82	Ca
8	Zdíkov	HV 1	6,60	2,16	0,1	0,38	56,33	Ca - Na - K

Podzemní vody fluvialních sedimentů mají slabě kyselou až neutrální chemickou reakci, průměrnou celkovou mineralizaci  $0,158 \text{ g.l}^{-1}$  a molární typ  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ , popř.  $\text{HCO}_3\text{-Mg}$ . Lokálně zde bývají přítomny vyšší obsahy  $\text{Fe}^{2+}$  nebo  $\text{Mn}^{2+}$  (max.  $\text{Fe}^{2+} = 3,8 \text{ mg.l}^{-1}$ , max.  $\text{Mn}^{2+} = 1,43 \text{ mg.l}^{-1}$ ).

Tabulka 18: Přehled vybraných zásadotvorných iontů v podzemní vodě

Číslo	Lokalita	Vrt	$\text{Na}^+$ mg/l	$\text{K}^+$ mg/l	$\text{NH}_4^-$ mg/l	$\text{Mg}^{2+}$ mg/l	$\text{Ca}^{2+}$ mg/l	$\text{Mn}^{2+}$ mg/l	$\text{Fe}^{2+}$ mg/l
1	Nový Dvůr	HJ 1	9,28	5,1	0	6,93	13,63	0,05	0,09
		HJ 2	6,08	3,3	0,18	2,8	10,02	0,1	0,15
2	Klasetín	HJ 1Z	4,7	0,5	0,05	1,34	12,83	0,11	0,45
		HJ 2Z	4,7	0,5	0,4	1,7	15,03	0,01	1,7
3	Albrechtec	HV 2			0	4,99	17,9	0	0,25
		HV 3			0	2,39	13,6	0	0,3
		HV 4			0	2,6	9,31	0	0,1
4	Nový Dvůr	HV 1			0,9			0,04	0,7
		HV 2			0			0,03	0,29
5	Zdíkovec	ZD 1	4,5	1,6	0,25	2,5	13,91	0,02	0,11
6	Nový Dvůr	HJ 1	6	1,2	0,05	1,4	7,6	0,16	0,44
7	Branišov	BV 378			0,01	2,4	24,05	0,01	0,01
8	Zvíkov	HV 1	1,66	1,31	0,06	0,61	9,02	0,09	0,43

V přípovrchové zóně hydrogeologického masívu převládají podzemní vody kyselé až neutrální reakce, měkké, molárního typu  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$  a  $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ , místy s proměnným obsahem  $\text{Na}^+$  a  $\text{Mg}^{2+}$  u pararul (viz tab. 18). Celková průměrná mineralizace se pohybuje okolo  $0,156 \text{ g.l}^{-1}$  u migmatitů a  $0,177 \text{ g.l}^{-1}$  u pararul.

V chemismu podzemní vody povodí Liz jsou dominujícími ionty uhličitany a vápník, zatímco v povodí Albrechtec je zvýšený obsah síranů a dusičnanů, což koresponduje s chemizmem podzemní vody pramene P 744. Alkalita je nízká  $50\text{-}80 \text{ } \mu\text{eq.l}^{-1}$ . Chemismus podzemní vody je málo proměnlivý, ačkoliv srážková činnost se velmi citlivě odráží na vydatnosti vod.

Tabulka 19: Přehled vybraných kyselinotvorných iontů v podzemní vodě

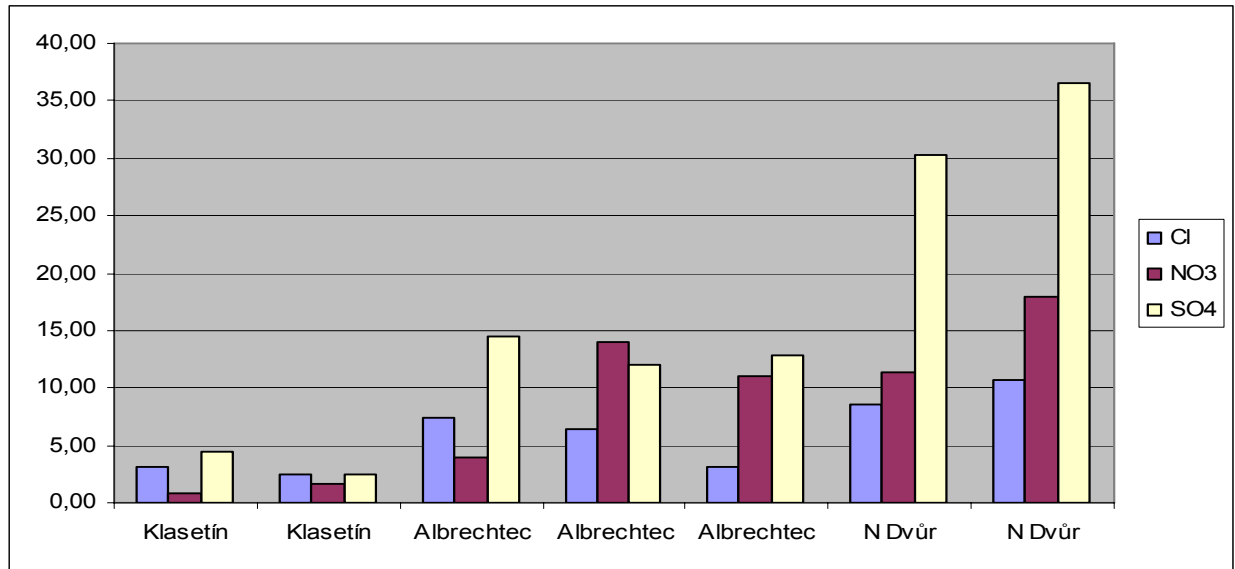
Číslo	Lokalita	Vrt	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{PO}_4^{3-}$
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	Nový Dvůr	HJ 1	10,64	0,01	18	27,46	36,57	
		HJ 2	8,51	0,05	11,3	3,05	30,23	
2	Klasetín	HJ 1Z	3,19	0,01	0,8	46,98	4,41	
		HJ 2Z	2,48	0,01	1,7	57,97	2,45	0,001
3	Albrechtec	HV 2	7,44	0,02	4	67,1	14,56	0
		HV 3	6,38	0,03	14	31,7	11,99	0
		HV 4	3,19	0,05	11	24,4	12,84	0
4	Nový Dvůr	HV 1	1,77	0	0,6			0,02
		HV 2	1,77	0	1,5			0,08
5	Zdíkovec	ZD 1	6,38	0,01	20,4	27,4	4,32	0,03
6	Nový Dvůr	HJ 1	3,5	2,4	1,8	24,4	11,9	0,02
7	Branišov	BV 378	7,7	0,01	10	73,2	191,96	0,02
8	Zdíkov	HV 1	2,48	0,03	3,1	23,19	5,76	0,02

Podzemní voda hlubšího kolektoru hydrogeologického masívu má celkovou průměrnou mineralizaci u rul, migmatitů a granitoidů v intervalu  $0,134$  až  $0,185 \text{ g.l}^{-1}$  s kyselou až neutrální chemickou reakcí a převažujícími molárními typy vody  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$  a  $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$  s proměnným obsahem  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Na}^+$ . Lokálně je přítomna i složka  $\text{SO}_4^{2-}$  převážně u vod v migmatitech. Drobné výskyty krystalických vápenců mají neutrální až slabě zásaditou chemickou reakci, molární typ vody  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  a  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  s celkovou průměrnou mineralizací  $0,280 \text{ g.l}^{-1}$ .

Podzemní vody v povodí Zdíkovského potoka mají obdobně jako podzemní vody v oblasti vimperska zvýšené obsahy  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Mn}^{2+}$  a nižší obsah  $\text{Ca}^{2+}$ . Obsah  $\text{NO}_3^-$  je v mezích



10 až 20 mg.l<sup>-1</sup>. V podzemní vodě hydrogeologického masívu jsou časté zvýšené obsahy radioaktivních složek – zejména radonu (viz kapitola 6.1.5.3).



Obr. 2: Obsahy hlavních aniontů v podzemní vodě před a po roce 2000 /v mg.l<sup>-1</sup>/

## 6.1.8 Kvalita povrchové vody – změna stavu horninového prostředí

### 6.1.8.1 Povodí Liz

Sledovat látkové toky v delším časovém horizontu bylo možné pouze v lesním mikropovodí Liz, kde kontinuální sledování atmosférické depozice a složení povrchového odtoku včetně měření průtoku, poskytuje plynulou řadu dat s možností bilance pro jednotlivé složky stabilního přírodního prostředí.

Výchozím stavem pro porovnání kvality horninového prostředí pomocí bilance sledovaných složek pro mne byl soubor dat z hydrologického roku 1990, která jsou zpracována v následujících tabulkách:

Tabulka 20: Složení srážek se spadem a povrchového odtoku v povodí Liz (FOTTOVÁ, 1992)

Složka	Srážky se spadem	Povrchový odtok
	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>
Na <sup>+</sup>	0,73	3,86
K <sup>+</sup>	0,49	0,86
Mg <sup>2+</sup>	0,11	1,56
Ca <sup>2+</sup>	1,25	4,06
Cl <sup>-</sup>	3,93	3,60
NO <sup>3-</sup>	2,46	4,42
NO <sup>3-</sup> - N	0,56	1,00
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,60	10,34
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - S	0,87	3,45
Al <sup>3+</sup>	0,03	0,17
Fe <sup>2+</sup>	0,03	0,10
Mn <sup>2+</sup>	0,01	
pH	4,95	6,80
Alkalita (μmol.l <sup>-1</sup> )		145
Vodivost (μS.cm <sup>-1</sup> )	25	59

Koncentrace sodíku a hořčíku ve srážkách byla v roce 1990 nízká 0,73 a 0,11 (mg.l<sup>-1</sup>), naproti tomu depozice chloridů byla vysoká a byla vůbec nejvyšší hodnotou vstupu (28,5 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>). Koncentrace a depozice dusičnanů i síranů, které jsou významně ovlivněny úrovní antropogenního znečištění, byly v porovnání s obdobnými lesními povodími Šumavy průměrné. U bazických kationů, sodíku a hořčíku docházelo k vyplavování, obdobně jako u síranové síry.

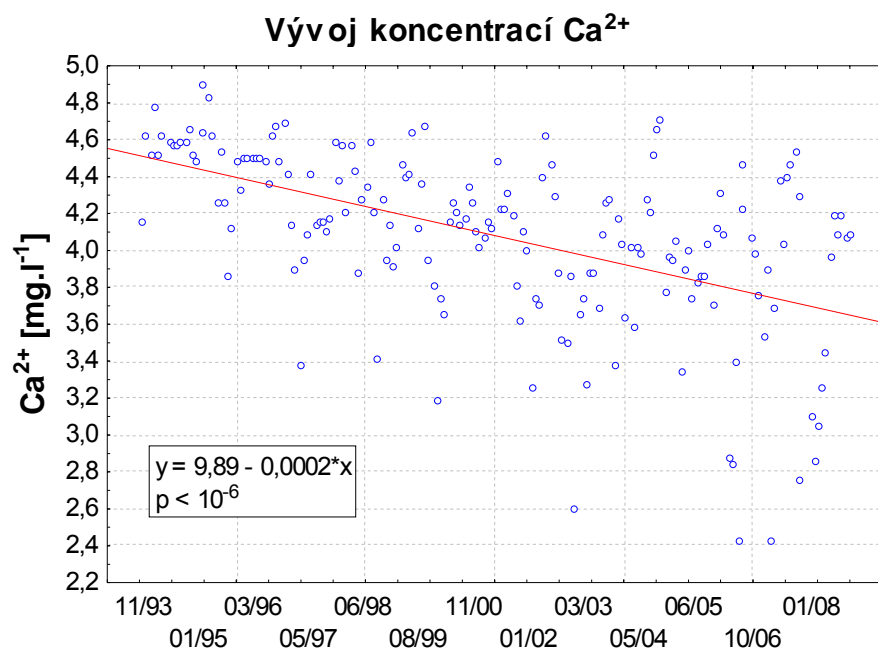
Tabulka 21: Hmotová bilance povodí Liz (FOTTOVÁ, 1992)

Složka	Vstup – celková atmosférická depozice	Výstup povrchový odtok	Bilance
	kg.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup>
Na <sup>+</sup>	5,3	11,1	- 5,8
K <sup>+</sup>	3,6	2,6	1,0
Mg <sup>2+</sup>	0,8	5,4	- 4,6
Ca <sup>2+</sup>	9,1	11,8	- 2,7
Cl <sup>-</sup>	28,5	11,1	17,4
NO <sup>3-</sup> - N	4,1	3,1	1,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> - S	6,3	10,7	- 4,4
Al <sup>3+</sup>	0,2	0,6	- 0,4
Fe <sup>2+</sup>	0,2	0,2	0
Mn <sup>2+</sup>	0,1		
H <sup>+</sup>	0,3	5,1.10 <sup>-4</sup>	0,3

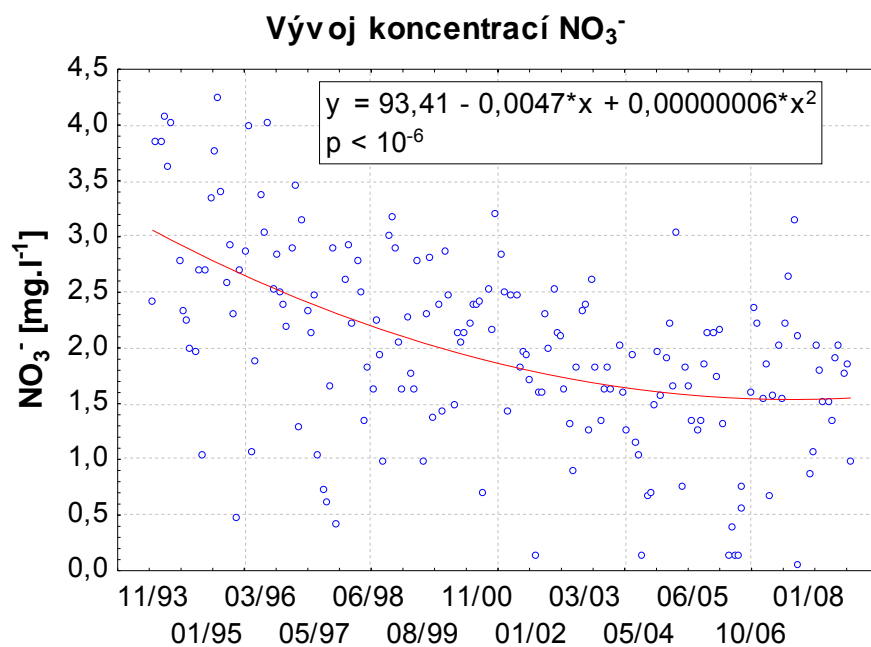
Statisticky průkazné modely vývoje koncentrací aniontů a kationtů v povrchové vodě na profilu LIZ jsou vyjádřeny v následujících grafech přímkou či křivkou s uvedenou rovnicí a hodnotou dosažené hladiny významnosti  $p$ . Do grafů byly vynášeny okamžité hodnoty koncentrací, tak jak byly odebírané a rozborované v průběhu výzkumu. Ze dvanácti sledovaných analytů (Al tot, H<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) vykázaly čtyři (Ca<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> a Al tot) průkazný lineární pokles, který je u vápníku nejvýraznější. Vývoj koncentrace sodíku, draslíku a dusičnanů nejlépe vystihuje polynomický trend třetího řádu. Koncentrace K<sup>+</sup> mají klesající charakter do roku 2004, kdy dochází k mírnému obrácení tohoto trendu. Koncentrace NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nejlépe vystihuje sestupná fáze paraboly, kdy ke konci sledovaného období dochází ke zpomalení rychlosti klesání.

V rámci výzkumu byly na profilu LIZ také sledovány koncentrace aniontů a kationtů v atmosférických srážkách. U sledovaných analytů byl statisticky průkazný klesající lineární trend pro H<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Rostoucí trend nebyl prokázán.

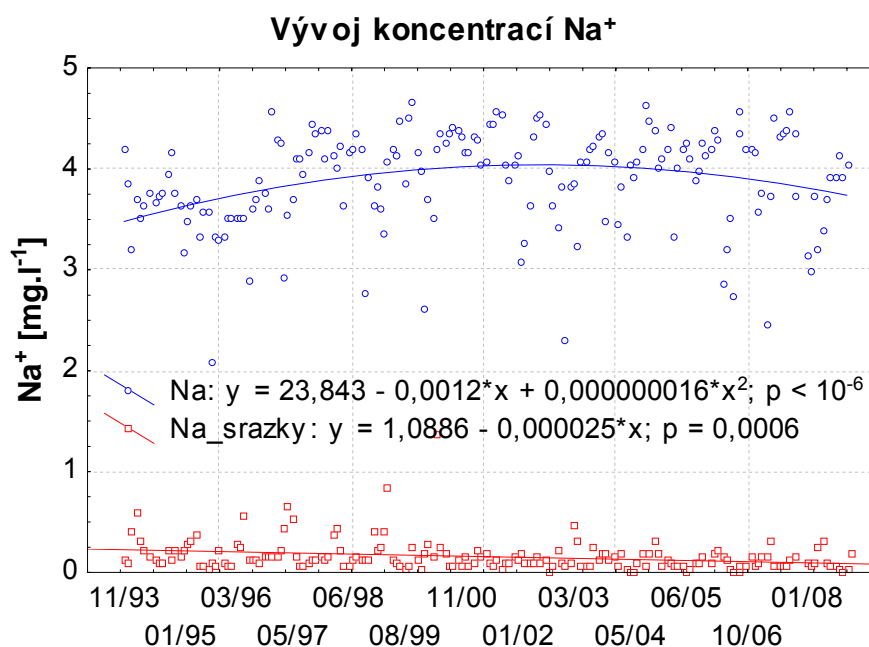
Obr. 3: Koncentrace vápníku v povrchové vodě U Lizu za období 1993-2008



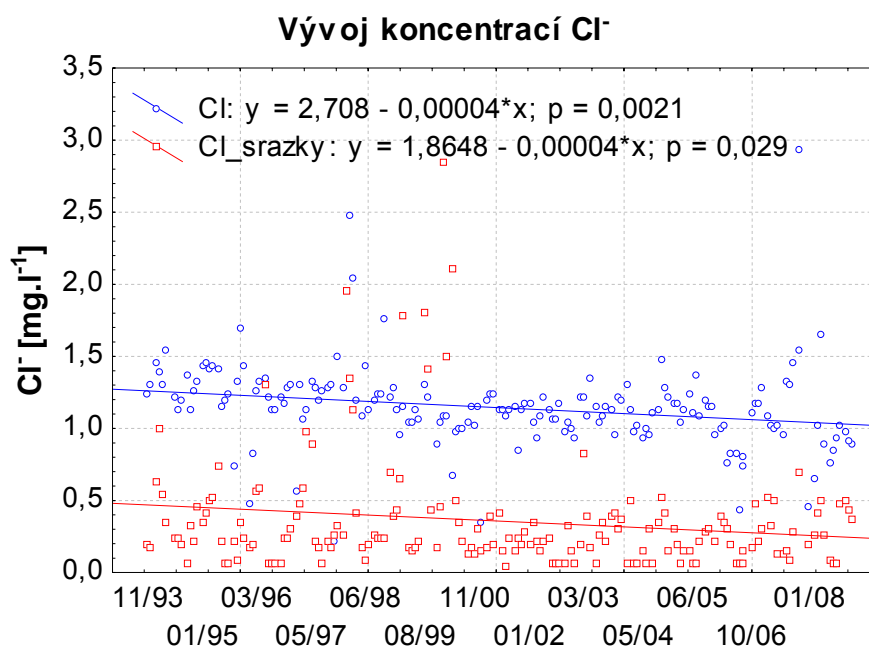
Obr. 4: Koncentrace dusičnanů v povrchové vodě U Lizu za období 1993-2008



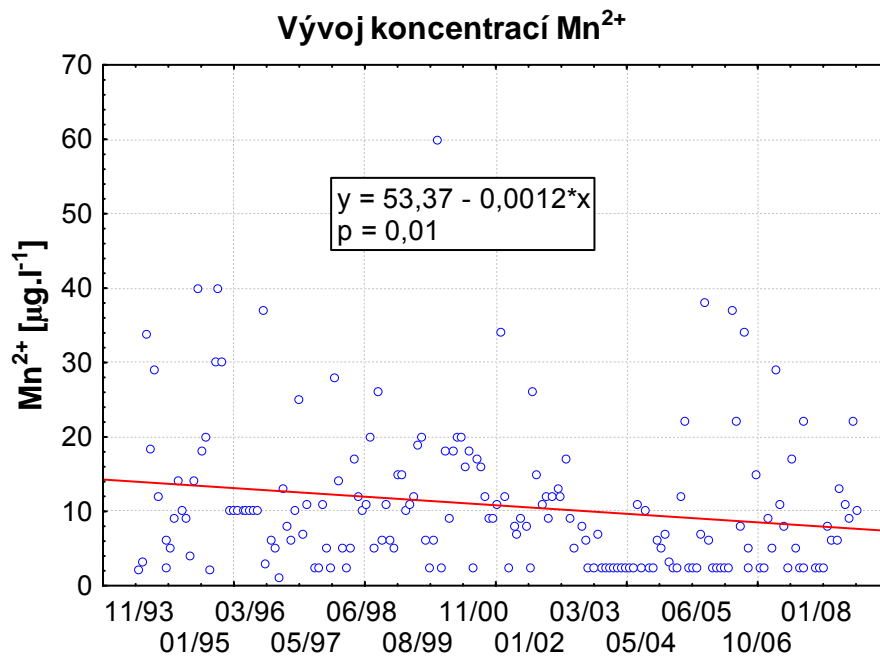
Obr. 5: Koncentrace sodíku v povrchové vodě a ve srážkách U Lizu za období 1993-2008



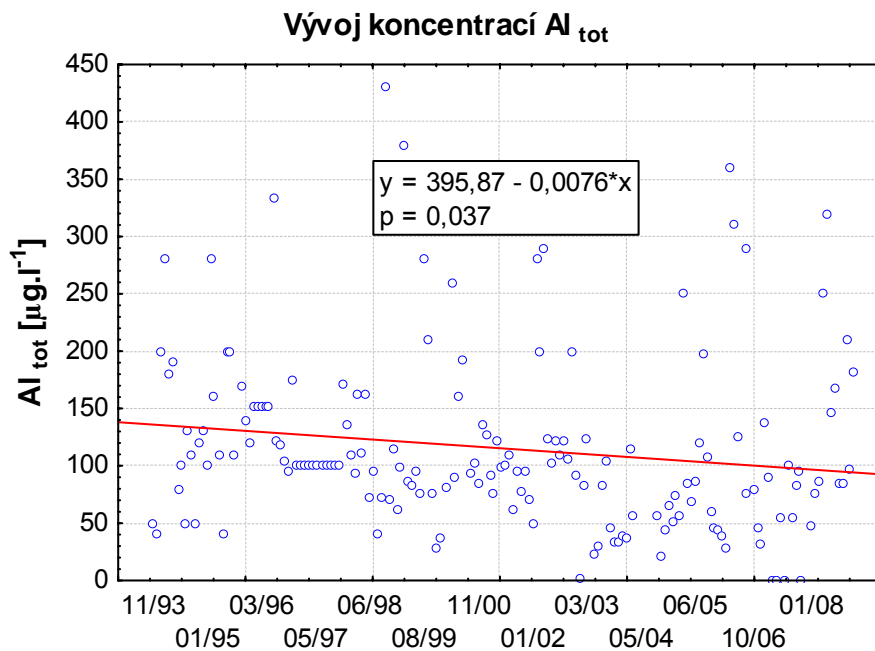
Obr. 6: Koncentrace chloru v povrchové vodě a ve srážkách U Lizu za období 1993-2008



Obr. 7: Koncentrace manganu v povrchové vodě U Lizu za období 1993-2008



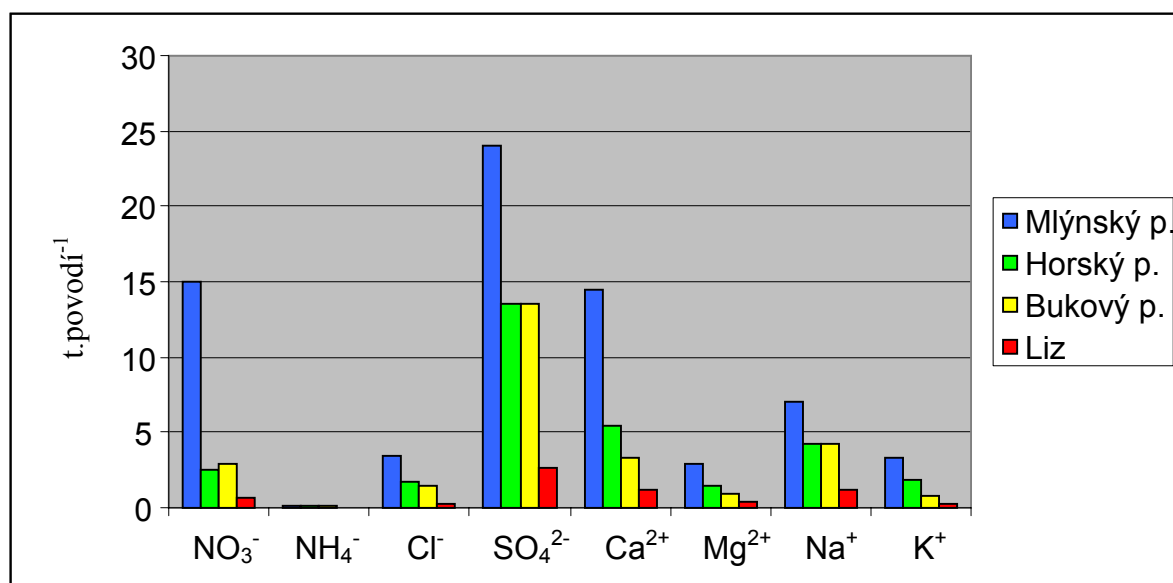
Obr. 8: Koncentrace hliníku v povrchové vodě U Lizu za období 1993-2008



Chování koncentrací  $\text{Na}^+$  v povrchové vodě v časovém průběhu nejlépe vystihuje kvadratická funkce, kde je patrný rostoucí trend od začátku sledování v roce 1993 do roku 2002, kde funkce dosahuje maxima, a poté následuje sestupná fáze až do konce roku 2008. Naproti tomu koncentrace  $\text{Na}^+$  v atmosférických srážkách jsou nejlépe popsány klesající lineární funkcí (průkazný klesající trend po celé sledované období). Koncentrace  $\text{Cl}^-$  vykazují průkazný klesající trend jak v povrchové vodě, tak i ve srážkách (viz graf 2). Ze sledovaných stopových prvků vykázaly průkazný klesající lineární trend  $\text{Mn}^{2+}$  a  $\text{Al}$  tot (graf 3), přičemž koncentrace těchto prvků nevykazují ve srážkách žádný trend.

Bilance sodíku a vápníku reprezentuje mobilní litogenní prvky, hliník je konzervovaným litogenním prvkem, chlor a síra jsou prvky mobilní, intenzívně přenášené atmosférou. Sodík a fosfor jsou prvky mobilní, ovlivněné hnojením. Také vápník a síra jsou součástí hnojiv. Z tabulky bilancí je potvrzen naznačený trend trvalého vyplavování sodíku, vápníku a hořčíku, síranové síry a hliníku. Největší odnos těchto prvků byl překvapivě v roce 2000, kdy byl přibližně trojnásobný oproti průměru. Rok 2002, kdy značná část Čech byla postižena rozsáhlými povodněmi, se v odnosu prvků nijak výrazně neprojevuje. Do povrchových vod bylo z lesních povodí vyplavováno pouze větší množství síranů a hliníku, které jen mírně ovlivnilo bilanci jejich odnosu.

Pro ocenění krajinné funkce lesa v povodí Liz porovnávám látkové toky se srovnatelnými povodími Mlýnského, Horského a Bukového potoka na pravém břehu údolní nádrže Lipno. Z těchto povodí, která jsou monitorována od roku 1998 (PROCHÁZKA et al., 2004), je způsobem využití krajiny nejbližší Lizu povodí Bukového potoka (95% lesního porostu) a povodí Horského potoka. Z grafického srovnání odtoku látek z jednotlivých povodí je patrné, že z povodí Liz je odnos velmi nízký. To zde ukazuje na dobrou krajinnou funkci lesa, jak obecně předpokládají MOLDAN a PAČES (1987). Většina autorů dává odnos rozpuštěných iontů zejména z vrcholových oblastí Šumavy do souvislosti s acidifikací srážkami, biologickými i geochemickými procesy v půdě (BUEDERT, KANTOR, 1999, MORITZ, BITTERSÖHL, 2000).



Obr. 9: Grafické srovnání ročních odtoků látek z jednotlivých povodí (v tunách na povodí za hydrologický rok 2001)

#### 6.1.8.2 Povodí Zdíkovského potoka

Jelikož z celého povodí Zdíkovského potoka nejsou data o chemismu srážek a povrchového odtoku v časové řadě k dispozici, byly rámcově zpracovány pouze průměrné koncentrace prvků povrchového odtoku a porovnána do roku 1990 a po tomto roce – viz tabulka č. 22:

Tabulka 22: Průměrné koncentrace hlavních složek povrchového odtoku - Zdíkovský potok

Ukazatel	do roku 1990 (mg/l)	po roce 1990 (mg/l)
Na	5,88	7,3
K	2,1	0,9
Mg	3,43	3,8
Ca	15,04	17,5
Al	0,28	< 0,03
Mn	0,087	-
Zn	0,018	0,015



Pb	0,025	< 0,02
Cl	5,6	18,2
P	0,25	0,036
HCO <sub>3</sub>	8,23	53,2
NO <sub>3</sub>	17,3	6,85
SO <sub>4</sub>	14,8	7,10

Obsah závislosti obsahu vybraných látek na strukturách povodí, který byl sledován ještě před změnami využívání krajiny, je uveden v následující tabulce:

Tabulka 23: Modelové zpracování závislosti obsahu látek na strukturách povodí se zaměřením na zemědělský ekosystém (ŠKOPEK et al., 1990)

Struktura	koef. CHSK	koef. Mg	koef. Ca	Koef. Fe	koef. NO <sub>3</sub>
Lesy	0,076142	0,006697	0,014873	0,003876	0,07898
Orná půda	0,101655	0,133778	0,525921	0,013796	0,482895
TTP intenzivní	0,133895	0,017286	- 0,052064	0,004574	0,262688
TTP extenzivní	0,145212	- 0,058926	- 0,258640	- 0,006201	- 0,289275
Ostatní	0,077290	0,130816	0,491147	0,016927	0,344682

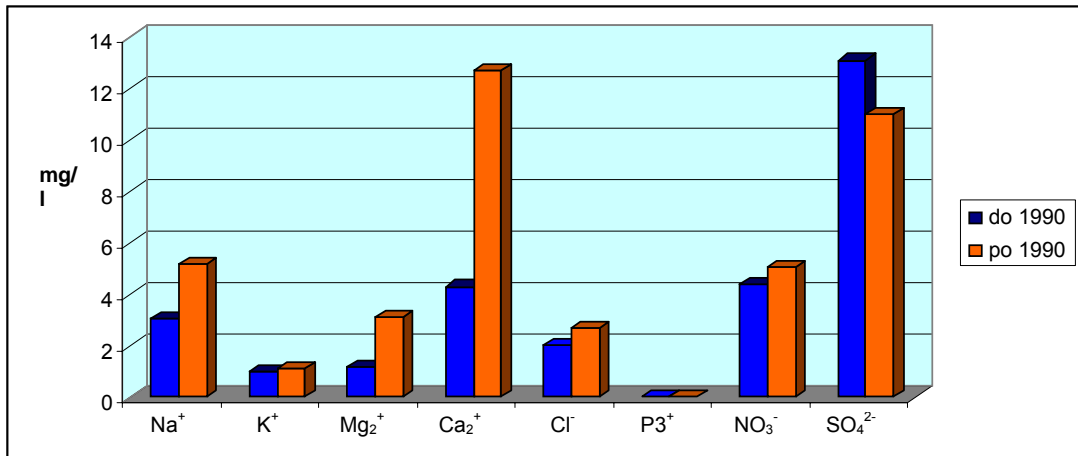
Povrchová voda v modelovém povodí vykazuje slabě kyselou reakci (s průměrem pH 6,6), která klesá v lesní části povodí v jarních měsících v době hlavního tání sněhové pokrývky na 5,7–5,4. Povrchový odtok z povodí Albrechtec má poněkud nižší alkalitu (průměrně 99  $\mu\text{ekv.l}^{-1}$ ) oproti vodám Zdíkovského potoka (průměrně 136  $\mu\text{ekv.l}^{-1}$ ), kdy v období tání klesá tato hodnota na 10  $\mu\text{ekv.l}^{-1}$ , což znamená, že voda z tajícího sněhu nemá čas dostatečně integrovat s půdou a horninami a nemůže tak zvýšit svoji alkalitu a tedy pufrční schopnost. Koncentrace draslíku jsou oproti sodíku nižší, z časového hlediska jsou méně variabilní, z lesního ekosystému dochází v souvislosti se strukturální změnou krajiny k většímu odnosu draslíku, ze zemědělské půdy naopak sodíku.

Koncentrace hořčíku jsou nižší než koncentrace vápníku, ale po roce 1990 je patrný zvýšený odnos těchto prvků z obou sledovaných ekosystémů. Nejvýznamnější rozdíl mezi jednotlivými povodími a ekosystémy byl zjištěn pro koncentrace sloučenin dusíku. Průměrné koncentrace NO<sub>3</sub> v lesním povodí jsou 3,3  $\text{mg.l}^{-1}$ , v zemědělsky využívaném území 5,1  $\text{mg.l}^{-1}$ .

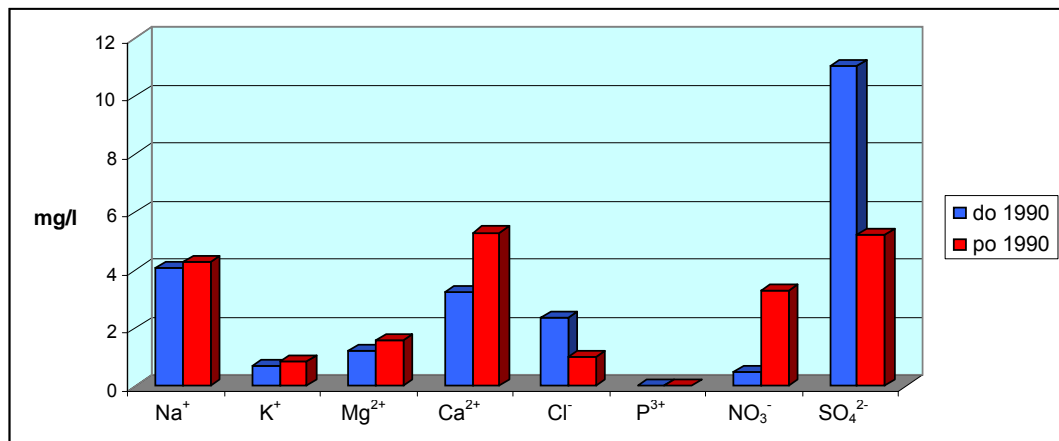
Přírodním zdrojem dusíku jak v lesích, tak i převážně v zemědělství je dnes půdní organický dusík a atmosférický dusík. Koncentrace síranů jsou v obou ekosystémech podobné (11,1 a 13,1 mg.l<sup>-1</sup>) a také jejich variace v čase je pozoruhodně shodná. Koncentrace vzrůstají k extrémům (19 mg.l<sup>-1</sup>) při vysokých průtocích na jaře, méně již po kratších srážkách.

Tabulka 24: Průměrné koncentrace vybraných složek povrchového odtoku z jednotlivých krajinných struktur

Ukazatel \ struktura	Období	Lesy	Zemědělská půda	Sídlní útvar
Na (mg/l)	do roku 1990	4,06	3,045	4,9
	po roce 1990	4,3	5,2	5,0
K (mg/l)	do roku 1990	0,71	0,99	1,4
	po roce 1990	0,85	1,1	1,2
Mg (mg/l)	do roku 1990	1,21	1,16	3,03
	po roce 1990	1,6	3,1	2,4
Ca (mg/l)	do roku 1990	3,25	4,3	10,2
	po roce 1990	5,3	12,7	8,6
Cl (mg/l)	do roku 1990	2,35	2,02	4,83
	po roce 1990	1,0	2,7	3,4
P (mg/l)	do roku 1990	-	0,01	-
	po roce 1990	0,032	0,032	< 0,03
NO <sub>3</sub> (mg/l)	do roku 1990	0,51	4,4	12,42
	po roce 1990	3,31	5,08	6,52
SO <sub>4</sub> (mg/l)	do roku 1990	11,05	13,1	14,57
	po roce 1990	5,2	11,0	11,0



Obr. 10: Odnos vybraných prvků ze zemědělského ekosystému



Obr. 11: Odnos vybraných prvků z lesního ekosystému

## 6.1.9 Změny ve využívání krajiny

### 6.1.9.1 Strukturální a funkční charakteristika modelového území

V zájmovém území se nachází několik obcí, z nichž největší je obec Zdíkov. Spádovými obcemi a osadami jsou Albrechtec, Masákova Lhota, Klasetín a Zábrod. Celkový podíl sídelních struktur činí 4,2 % plochy zájmového území. Zemědělská činnost vychází z principů hospodaření v oblastech horského zemědělského výrobního typu. Původní intenzivní živočišná výroba je nahrazena hospodařením na trvalých travních porostech, kdy téměř polovina těchto ploch je využívána pro extenzivní pastevní chov skotu. Na méně svažitých pozemcích se hospodaří na orné půdě. Vysokého podílu zalesnění území (přes 60%) s převahou smrkové monokultury využívá lesní hospodářství ve státních a obecních lesích (MACÁN, 2004).

V současné době je v povodí Zdíkovského potoka zemědělskou činností obhospodařováno 510 ha půdy. Největším hospodařícím subjektem je zemědělské družstvo Šumava Zdíkov. Výměry jednotlivých účelových typů ploch ukazuje tabulka č. 25 s porovnáním se stavem k roku 1989. Z této tabulky jednoznačně vyplývá směr zemědělské činnosti k extenzifikaci. Snížení ploch orné půdy na třetinu původního stavu je toho důkazem.

Na 110 ha se hospodaří orebním zpracováním půdy, praktikován je šestihonný osevní postup se sledem plodin: jetel, ozimá pšenice, ozimý ječmen, kukuřice, jarní pšenice, oves s podsevem jetele. Výměra obhospodařovaných trvale travních porostů je 400 ha, z čehož každoročně připadá průměrně 198 ha na extenzivní využití pastvou skotu. Ostatní výměra 202 ha luk je intenzivně využívána ke sklizni sena 2x ročně. Většina produkce (95%) je zpracovávána na senáž.

Tabulka 25: Změna struktur v modelovém území Zdíkovského potoka  
(VÁCHAL, MACÁN, 2004)

Struktura	do roku 1989		v roce 2004	
	plocha (ha)	%	plocha (ha)	%
Orná půda	315	18,29	110	6,39
TTP intenzivní	137	7,96	202	11,73
TTP extenzivní	80	4,65	198	11,50
Lesy	1048	60,87	1079	62,67
Vodní plochy	8	0,46	8	0,46
Plochy sídel	70,8	4,11	72	4,18
Ostatní	63	3,66	52,8	3,07
Celkem	1721,8	100	1721,8	100

## 6.2 Ověření navrženého metodického postupu hodnocení geofaktorů

Pro studované území je z dostupných mapových podkladů Souboru map pro životní prostředí zpracováno posouzení geofaktorů pro potřeby zemědělského, lesnického a vodohospodářského využití krajiny, které jsou pro Zdíkovsko zvláště typické.

Plochy se zastoupenými vybranými geofaktory jsou zakresleny do mapového podkladu, čímž získáme grafické znázornění možných střetů zájmů – viz příloha č. 10.

Tabulka 26: Vymezení geofaktorů pro vybrané způsoby využívání krajiny Zdíkovska

Číslo	Geofaktor	Způsob využívání krajiny						
		sídelní	těžba surovin	vodohospodářský	zemědělský	lesnický	dopravní	ochrana ŽP
1	Povrchové dobývací prostory ložisek				x	x		
2	Území postižená hlubinným poddolováním							
3	Zásoby nerostných surovin							
4	Prognózy nerostných surovin							
5	Významné zlomy			x				
6	Sesuvy							
7	Skalnatá území					x		
8	Průmyslové horniny a nerosty							
9	Stavební suroviny a rudy							
10	Území ohrožená až poškozená plošnou vodní erozí			x		x		
11	Území ovlivněná podzemní vodou			x	x			
12	Území s převládající transmisivitou							
13	Oblast výskytu podzemních vod			x	x	x		
14	Pásma ochrany zdrojů vod				x	x		
15	Chráněné oblasti přirozených akumulací vod			x	x			
16	Vodohospodářské toky							
17	Významné využívané vodní zdroje			x	x			
18	Vypouštění odpadních vod			x				
19	Skládky tuhých komunálních odpadů				x			
20	Chráněná území			x	x	x		
21	Území se středním a vysokým radonovým rizikem			x				

Z výše uvedených geofaktorů, které jsou vyčleňovány v rámci ČR, bylo vybráno pro studované území Zdíkovska 16 potenciálně důležitých geofaktorů, které jsou zahrnuty do dalšího hodnocení.

Tabulka 27: Vymezení významných geofaktorů ve studovaném území Zdíkovska

Číslo	Geofaktory
1	Mechanické narušení horninového prostředí
2	Chemické narušení horninového prostředí
3	Prognózní zásoby nerostných surovin
4	Geodynamické jevy a svahové pohyby
5	Rašeliny a slatiny
6	Erozní a sedimentační procesy, degradace půd
7	Znečištění, kontaminace půd
8	Produkční potenciál půd
9	Infiltrační oblasti
10	Transmisivita kolektorů
11	Kvalita podzemních vod
12	Významné vodní zdroje
13	Vodní plochy, mokřady
14	Kvalita povrchových vod
15	Radioaktivita hornin
16	Radonové riziko

Výběr vychází ze studia geofaktorů ve studovaném území na základě průzkumu, měření a laboratorních rozborů, které jsou uvedeny v předchozích kapitolách.

Tabulka 28: Hodnocení výskytu a doby působení geofaktorů

Číslo	Geofaktor	Způsob klasifikace	Výskyt	Doba působení	Dílčí skóre
1	Mechanické narušení horninového prostředí	*	1	1	1
2	Chemické narušení horninového prostředí	*/**	2	2	4
3	Prognózní zásoby nerostných surovin	*/***	1	1	1
4	Geodynamické jevy a svahové pohyby	*	1	2	2
5	Rašeliny a slatiny	*	2	2	4
6	Erozní a sediment. procesy, degradace půd	*/**	2	2	4
7	Znečištění, kontaminace půd	*/**	1	2	2
8	Produkční potenciál půd	*/***	1	2	2
9	Infiltrační oblasti	*/**	2	2	4
10	Transmisivita kolektorů	*/**	2	2	4
11	Kvalita podzemních vod	*/**	2	2	4
12	Významné vodní zdroje	*	2	2	4
13	Vodní a zamokřené plochy	*	1	2	2
14	Kvalita povrchových vod	*/**	1	2	2
15	Radioaktivita hornin	*/**	1	2	2
16	Radonové riziko	*/**	2	2	4
	Výsledná hodnota				44

Poznámka - Výskyt geofaktorů klasifikujeme pro potřeby tabulky č. 27 na základě těchto kritérií:

- \* plošný rozsah (percentuální plošné zastoupení geofaktoru z celkové plochy území)
- \*\* stupeň kvality (stanovený na základě laboratorních rozborů, měření a výpočtů)
- \*\*\* potenciál (stanovený výpočty).

Tabulka 29: Hodnocení potenciálu geofaktorů

Číslo	Geofaktor	Význam	Váha	Skóre	Pořadí
1	Mechanické narušení horninového prostředí	1	0,5	0,5	I
2	Chemické narušení horninového prostředí	4	0,75	3	III
3	Prognózní zásoby nerostných surovin	1	0,25	0,25	I
4	Geodynamické jevy a svahové pohyby	2	0,75	1,5	II
5	Rašeliny a slatiny	4	0,75	3	III

6	Erozní a sediment. procesy, degradace půd	4	0,75	3	III
7	Znečištění, kontaminace půd	2	0,5	1	I
8	Produkční potenciál půd	2	0,5	1	I
9	Infiltrační oblasti	4	1	4	IV
10	Transmisivita kolektorů	4	0,75	3	III
11	Kvalita podzemních vod	4	0,5	2	II
12	Významné vodní zdroje	4	0,5	2	II
13	Vodní a zamokřené plochy	2	0,25	0,5	I
14	Kvalita povrchových vod	2	0,25	0,5	I
15	Radioaktivita hornin	2	0,25	0,5	I
16	Radonové riziko	4	0,5	2	II
	Výsledná hodnota	44	8,75	27,75	

Následuje stanovení hranic pro určení významnosti KVG pro studované území a určení pořadí jednotlivých geofaktorů v tabulce č. 29.

Nejnižší hranice potenciálu 16 geofaktorů =  $16 \times 1 \times 0,1 = 1,6$

Nejvyšší hranice potenciálu 16 geofaktorů =  $16 \times 4 \times 1 = 64$

Potenciál 16 studovaných geofaktorů = 27,75

Pro hodnocení potenciálu geofaktorů je rozmezí dané hodnotami 1,6 až 64.

$$\mathbf{KVG} = 27,75 / 16 \times 4 \times 1 = 27,75 / 64 = \mathbf{0,43}$$

Z výpočtu koeficientu významnosti geofaktorů ve studovaném území Zdikovsko je patrné, že výsledná hodnota KVG = 0,43 je pod hranicí 50% určeného rozmezí, což napovídá na mírně stabilní roli vybraných geofaktorů v tomto území.

Grafickým výsledkem hodnocení geofaktorů je mapa geofaktorů – střetů zájmů, kde jsou zakresleny výskyty geofaktorů, vybrané pro určený způsob využívání krajiny (viz tabulka č. 26). Tyto informace, převzaté ze Souboru map pro životní prostředí, jsou doplněny o údaje, zjištěné podrobným studiem daného území. Pro určení střetu zájmů jsou důležité plochy, kde se potínají dva a více geofaktory, zanesené do mapy v příloze č. 9. Střety zájmů rozdělíme do tří stupňů podle závažnosti.

- I. stupeň – signalizuje výskyt alespoň jednoho vybraného geofaktoru
- II. stupeň – protnutí dvou ploch geofaktorů
- III. stupeň – protnutí tří a více ploch geofaktorů.



Ve studovaném území je při hodnocení zemědělské, lesnické a vodohospodářské funkce krajiny nejhojněji zastoupen I. stupeň střetů zájmů. II. stupeň má pouze okrajový význam, a to pro lesnictví (skalnatá území, území ohrožená až poškozená plošnou vodní erozí a oblati výskytu podzemních vod). III. stupeň, který je vyznačen za hranicí povodí, je však velmi vážným upozorněním na kolizi ochranného pásma významného využívaného vodního zdroje a vysokého radonového rizika.

Na příkladu modelového území Zdíkovska se ukazuje, že navržená hodnotící metoda může poskytnout základní vodítko pro uživatelskou praxi s dostatečnou vypovídací a predikční (signalizační) schopností. Pilotní využití této metody pro studované území ukazuje na latentní stav vybraných geofaktorů při své horní hranici. I přesto, že se jedná o území relativně málo zasažené antropogenní činností, jsou zde indikovány rizikové geofakory, které by neměly být opomenuty při dalších strategických záměrech pro využívání tohoto území.

## 7. DISKUSE

Náplní této práce je aplikovaný výzkum a hodnocení geofaktorů, významných pro způsob a využití půdního fondu a současně i pro stabilizaci krajiny. Předmětem sledování byla podhorská šumavská krajina, využívaná pro zemědělské, lesní a sídelní účely. V souvislosti s politickými a hospodářskými změnami po roce 1998 zde dochází ke změně systému hospodaření s minimalizací zemědělské činnosti a k rozvoji individuální výstavby. Součástí studia je i snaha zachytit změny ve struktuře krajiny v kvalitě studovaných geofaktorů, zejména prostřednictvím chemismu povrchových vod.

V zájmovém území je patrný přechod od intenzivní zemědělské výroby k extenzivnímu využívání půdního fondu. Téměř třetina orné půdy (z původních 315 ha na 110 ha) byla zatravněna. Výrazně vzrostl (o 7 %) podíl pastevně využívaných travních porostů. Mírně vzrostla výstavba v rámci nového územního plánu, téměř beze změn zůstává hospodaření v kulturních lesních porostech.

Studiem petrografie a chemického složení horninového podloží malého povodí Zdíkovského potoka byly identifikovány hlavní typy hornin. Nejrozšířenější skalní horninou jsou zde biotit-sillimanitické pararuly, amfibol-syenitový porfyr, leukokratní biotitická a muskovit-biotitická žula, pegmatit a erlan. Z přeměn byla nejčastěji zjištěna sericitizace,

chloritizace, méně pak baueritizace a slabá kaolinizace. Chemické složení hlavního potenciálního zdroje alkálií – draselných živců je ovlivňováno proměnlivým zastoupením albitové složky. Uvedené zjištění odpovídá Goldichovu schématu zvětrávání horninotvorných nerostů, uváděném BOUŠKOU (1980). Obsah albitové složky je v navětralých okrajích hornin přibližně 2x nižší než v nealterovaném draselném živci.

Nejvíce rozšířené biotit-sillimanitické pararuly jsou průměrně odolné vůči zvětrávání s nižší pufrací kapacitou. Zřetelná je závislost sorpční nasycenosti a obsahu půdní jemnozemi. Řídicím faktorem pro hodnocení půd z hlediska podmínek minerálního prostředí je půdní pH, které lze podle klasifikace typu prostředí vodní migrace ve smyslu PEREL'ANA (1968) přiřadit k typu kyselých  $\text{pH} = 4,0 - 6,5$  až silně kyselých s  $\text{pH} < 4$  vodních prostředí. Hodnoty pH, odpovídající pufracímu rozsahu kationtové výměny až pufracímu rozsahu hliníku, jsou výrazně ovlivněny vysokým obsahem organické složky. V půdní jemnozemi bylo stanoveno pravidelné zastoupení hydroslídy, která reprezentuje první přechod ke smektitům (REIF et al., 1989). To svědčí pro působnost silikátového pufracího systému.

Nově zjištěným a vzhledem ke geologické pozici a významu je cenným geologickým prvkem masívek leukokratní biotitické žuly poblíž hájovny na Lizu, kde je zachován tektonicky oddělený, kontaktně metamorfovaný plášť biotitické plagioklasové pararuly. Toto těleso by bylo vhodné zachovat do budoucna pro podrobná petrologická a tektonická studia například jako přírodní památku.

Radonový index je v převážné části modelového území střední. Na okraji obce Nový Dvůr je doložen výskyt lokální uranové anomálie, která se projevuje vysokou radonovou emancí jak v horninách, tak i v podzemní vodě. Ta je zde jímána jako zdroj pitné vody pro veřejné zásobování. Zvýšený obsah přírodních radioaktivních prvků má leukokratní žula ( $^{40}\text{K}$ ), biotitická plagioklasová pararula ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) a zejména velmi aktivní amfibol-biotitický syenitový porfyr ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  a  $^{235}\text{U}$ ). Tato žilná hornina je spolu s poruchovými zónami, puklinami a trhlinami častým zdrojem vysokých hodnot objemové aktivity radonu na stavebních plochách.

Ze zpracování hydrologických dat, měření hladin podzemní vody ve vrtech a vydatností pramenů je patrná velmi rychlá reakce hladiny podzemní vody v závislosti na množství atmosférických srážek, která je způsobena vyšší propustností hlinito-kamenitých sutí v horní části povodí. Převahu příspěvků podzemní vody na celkovém odtoku tvoří hypodermická složka. i za velmi vysokých vodních stavů se podzemní odtok podílí velmi

málo na tvorbě celkového odtoku. To ukazuje na hydrogeologickou povahu podloží chudého na podzemní vody. Zjištěné zásoby podzemní vody jsou však srážkami často doplňovány.

Podzemní voda hlubšího kolektoru hydrogeologického masivu má průměrnou mineralizaci u rul, migmatitů a granitoidů v intervalu 0,134 až 0,185 g.l<sup>-1</sup> s kyselou až neutrální reakcí a s převažujícími molárními typy vody HCO<sub>3</sub>-Ca-Na a HCO<sub>3</sub>-Na-Ca s proměnlivým obsahem Mg<sup>2+</sup> a Na<sup>+</sup>. Lokálně je přítomna i složka SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, převážně u vod v migmatitech. Díky nízké celkové mineralizaci se snadno mění poměr základních iontů jak vlivem zemědělské činnosti (nárůst obsahu NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), tak i v blízkosti sídel (Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), které negativně ovlivňují kvalitu podzemní vody.

Pro hodnocení vlivu změn struktur a využívání jednotlivých ekosystémů na kvalitu podzemních vod je k dispozici zatím málo údajů. Obecně lze očekávat, že vliv těchto změn se projeví v podzemních vodách postupně v časovém horizontu deseti až dvaceti let a změny nebudou zřejmě tak výrazné jako u vod povrchových, neboť horniny budující podloží studovaného území mají malou schopnost neutralizace kyselých vstupů a nízký obsah bazických iontů. Na druhou stranu jsou tyto faktory příčinou trvalého odnosu litogenních prvků z povodí. Dochází také k vyplavování síranů, hliníku a manganu. Narušení oslabených lesních porostů vede k urychlení erozních a alteračních procesů a acidifikace. Zásoba dusíku není úplně vyčerpána biomasou a dusičnany jsou uvolňovány do povrchových vod. Specifický odtok dusíku z povodí Liz za časové období 1994 - 2003 (0,0027 až 0,037 kg .ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>) je však podstatně nižší, než-li odtok v období říjen 1985 - červen 1988 (6,11 kg .ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>) jak uvádí JEHLIČKA (1988). To ukazuje na eliminaci vlivu původní paseky a následné těžební aktivity a možná i na zlepšení zdravotního stavu lesního ekosystému.

Trend vyplavování kationtů je stále patrný u ekosystému zemědělského, kde je výrazný zejména odnos vápníku, který dosahuje v současném období až trojnásobných hodnot oproti minulosti. Trvalý odnos sodíku z celého povodí Zdíkovského potoka je ve skutečnosti také negativnější, neboť část sodíku vstupuje do rostlin a dřevin. Dotace sodíku je jedině možná zvětráváním hornin, které je tedy stále intenzivní. I u ostatních kationtů je patrný trend trvalého, i když minimálního vyplavování. Snižování koncentrací dusičnanů a síranů z lesního ekosystému, které způsobuje obdobné snižování koncentrace Ca<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> a projevuje se i u koncentrací aniontů (zejména chloridů), je signálem, že se zde chemické složení povrchové vody postupně zlepšuje, což je v souladu se snižováním koncentrací aniontů v povrchových vodách v ostatních povodích sítě GEOMON (OULEHLE et al. 2008).

S ohledem na potřebu vystižení dynamiky vývoje geofaktorů a jejich interních vazeb můžeme dnes chápat geofaktory jako složky, jevy a vlastnosti horninového prostředí, u kterých můžeme zjišťovat procesy a zákonitosti vedoucí k jejich vzniku, existenci i zániku a které vypovídají o vzájemných vazbách s ostatními složkami životního prostředí.

### **7.1 Přínos disertační práce pro vědu, praxi a pedagogickou činnost**

Základním přínosem této práce pro vědecké poznání je navržení metody hodnocení geofaktorů pro potřeby využívání krajiny na podkladu využití dostupných existujících mapových podkladů a materiálů. Tato přehledná metoda doplněná o aktuální údaje (zejména měření radonu) z daného území ukazuje na střety zájmů, které by neměly být opomenuty při projektování a využívání krajiny. Dalším přínosem práce je poznatek, že měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu (využívané převážně pro stanovení radonového indexu stavebních pozemků) je možné využít v krajině jako rychlou a ekonomicky nenáročnou metodu k ověření diskontinuit horninového prostředí. Zároveň lze měřením radonu poukázat na možné problémy s využíváním zdrojů podzemní vody pro veřejné, či individuální zásobování. Také doplňující terénní průzkum modelového území s nálezem žulového masívků může být v budoucnosti významným zdrojem poznatků o intruzi variských magmatitů do šumavských pararul, o kontaktní metamorfóze, přírodních drahách magmatu apod.

Pro praxi nabízí metoda hodnocení geofaktorů operativní metodu snadno použitelnou pro odborníky, projektanty i techniky, kteří se zabývají plánováním, projektováním a využíváním krajiny. Její předností je rychlost, přehlednost a nízká ekonomická náročnost. Po doplnění konkrétních dat geofaktorů nabízí metoda velmi přesné označení střetů zájmů.

V pedagogické rovině může metoda doplnit a zpřesnit práci studentů s údaji o geofaktorech při pozemkových úpravách, kde nejsou informace o geologii dostatečně využívány.

## 8. ZÁVĚR

V předložené práci je představena metoda pro diagnostiku a hodnocení geofaktorů pro využívání a stabilizaci krajiny. Pro diagnostiku je naznačen okruh a rozsah využitelných podkladů, které mohou spolu s doplňujícími terénními pracemi poskytnout základní obraz o výskytu geofaktorů a jejich významu pro studované území. Cílem práce bylo studovat, charakterizovat, analyzovat a zkoumat jednotlivé geofaktory a jejich uplatnění ve vazbách mezi biotickými a abiotickými prvky, což umožňuje jejich další vývoj při různých záměrech využívání jednotlivých složek krajiny a krajiny jako celku.

Hodnocení geofaktorů je navrženo pro šestnáct hlavních atributů: mechanické narušení horninového prostředí, chemické narušení horninového prostředí, prognózní zásoby nerostných surovin, geodynamické jevy a svahové pohyby, rašeliny a slatiny, erozní a sedimentační procesy a degradaci půd, znečištění a kontaminaci půd, produkční potenciál půd, infiltrační oblasti, transmisivitu kolektorů, kvalitu podzemních i povrchových vod, významné vodní zdroje, vodní a zamokřené plochy, radioaktivitu hornin a radonové riziko.

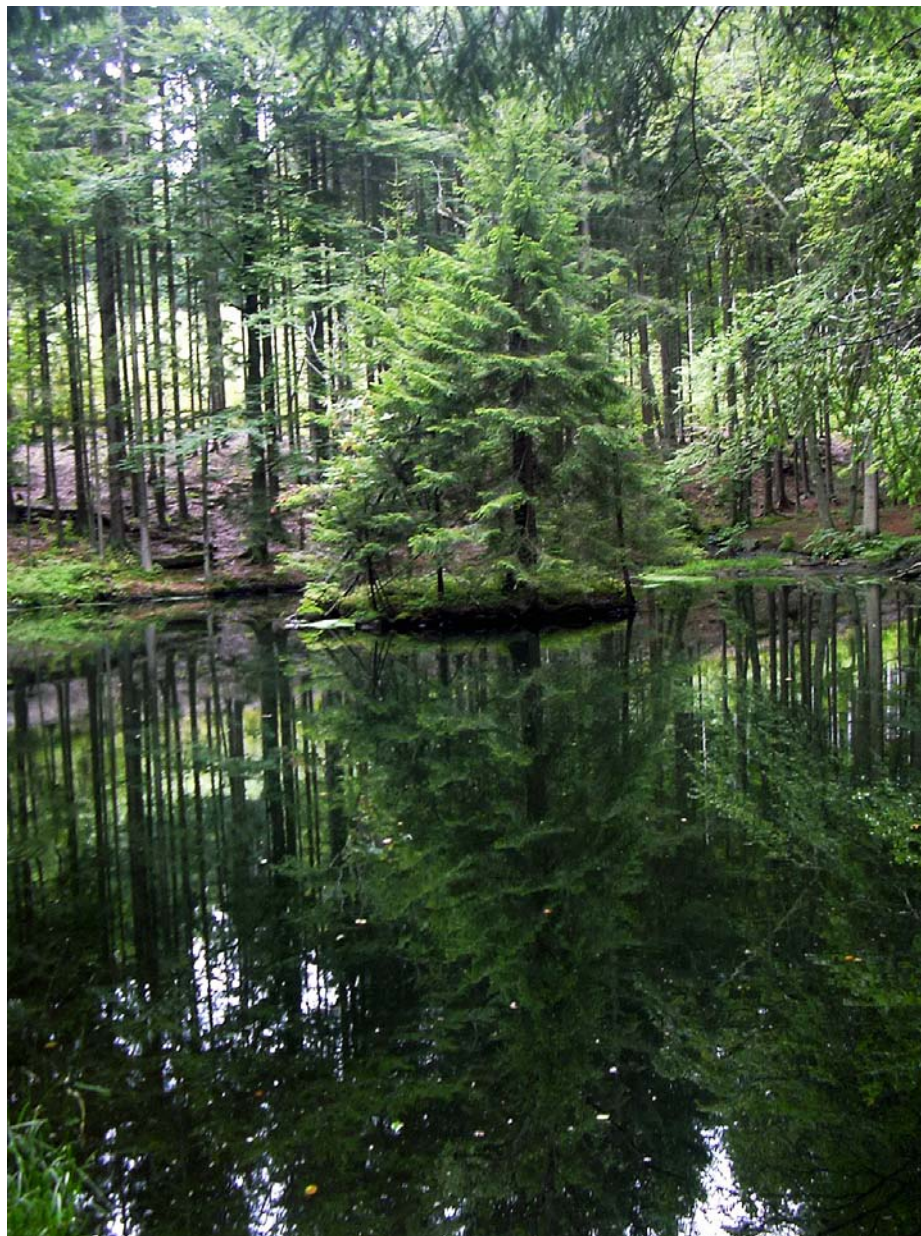
Teoretickým základem pro výpočet koeficientu významnosti geofaktorů KVG je stanovení jejich výskytu a významnosti a návrh metodického postupu pro určení jejich potenciálu, významnosti či rizikovosti.

Výstupem navrženého postupu je stanovení při ochraně a využívání horninového prostředí krajiny zejména s ohledem na její environmentální funkce (produkce biomasy, zdroj nerostných surovin, akumulace podzemních a povrchových vod, pufrální funkce, prostor pro lidské aktivity).

Pro účel posouzení nově navrhovaného metodického postupu pro studium a hodnocení, bylo přistoupeno k praktickému ověření v modelové oblasti Šumava – Zvíkovsko, která poskytuje za léta výzkumů dostatek dat a podkladů z široké problematiky zahrnující horninové prostředí. Hodnocení geofaktorů ukazuje mírnou převahu jejich pozitivního působení. Velkou pozornost je však nutné nadále věnovat ochraně infiltračních oblastí a tím i kvality podzemních i povrchových vod. Prioritou pro životní prostředí je i akumulace vod a jejich udržení v krajině.

Využitelnost získaných údajů lze předpokládat mimo již uvedené oblasti zejména při ochraně a využívání přírodních zdrojů, kultivaci a stabilizaci krajiny, při projektování pozemkových úprav a v neposlední řadě i při prohlubování znalostí o našem životním prostředí.

Možnost stanovit podíl jednotlivých geofaktorů, včetně stupně jejich rizikosti v základech krajiny vytváří předpoklad pro její využívání, ať jako zemědělsky, lesnický, urbánně, či industriálně obhospodařované krajiny v souladu z jejím přirozeným potenciálem. Snaha o poznání těchto zákonitostí byl hlavním vědeckým aspektem řešení.



## 9. LITERATURA

- AHERN, J. Greenways as planing strategy. *Landscape and Urban Planning*, 1995, p. 33.
- ANDREAS, M., ALLAN, A. Incorporating geology and geomorphology in land management decisions in developing countries: a case study in Southern Costa Rica. *Special Issue: Human Impact and Geomorphology in Tropical Mountain Areas. Geomorphology*, 87: 1/2, 2007, 68-69.
- BALIAK, F., Inžinierskogeologické mapy svahových porúch na Slovensku in *Rizika v inženýrskej geológii. Sborník 1. národného inženýrskegeologického kongresu s mezinárodnou účasťou*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, s. 59-62. ISBN 978-80-248-2026-2.
- BARNET, I. Geological approach to radon problematics in the Czech Republic. *Věstník Čes. geol. úst. Praha*. 1994.
- BARNET, I., et al. Kategorizace radonového rizika základových půd. MS, *Archiv Čes. geol. úst. Praha*. 1994.
- BARNET, I., PACHEROVÁ, P., NEZNAL, M., NEZNAL, M. Radon in geological environment – Czech experience. *Praha: ČGS*, 2008, p. 44-48. ISBN 978-80-7075-707-9.
- BATÍK, P. Dvoufázová destrukce paleoreliéfu. Dva příklady z Vimperské vrchoviny. *Věstník Čes. geol. úst. Praha*, 1997, s. 72, 381-382.
- BARNET, I., BATÍK, P., et al., MÜLLER, V. (ed.). *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000 list 22-34 Vimperk. Čes. geol. úst. Praha: Vyd. Čes. geol. úst., 1999, s. 11-12.*
- BENEŠ, K. et al. Geologická stavba šumavského moldanubika. *Rozpr. Čs. Akad. Věd., řada mat. přír. Věd, Praha: Academia*, 1983, s. 3-67, 93.
- BENEŠ, J. *Soupis historických geologických map z území České republiky do roku 1918. Čes. geol. úst. Praha*, 1996.
- BROUWER, FM., THOMAS, AJ., CHADWICK, MJ. (ed.). *Land Use Changes in Europe. Processes of Change, Environmental Transformations and Future Patterns*, 1990.
- BRUNDTLANDOVÁ, GH. *Our Common Future*. Oxford: Oxford university press, 1987.
- BUDAY, T., et al. *Tektonický vývoj Československa. Ústř. úst. geol., Praha*, 1961.
- BUEDERT, B., KANTOR, W. Water and element budgets in the Forellenbach area of Bavarian Forest National Park. *Silva Gabreta*, 3, 1999, p. 49-64.

- BURDA, P., NOVOTNÁ, J., MICHLÍČEK, E., SLAVÍK, J., MICHNA, J., BLÁHA, P., DURAS, R. Hydrogeologické mapování ajmaku Dundgobi ve středním Mongolsku. Sborník 10. Česko-Slovenského mezinárodního hydrogeologického kongresu. Ostrava: VŠB – Technické univerzity Ostrava, 2009, s. 13-16. ISBN 978-80-248-2026-2.
- CÍCHA, I. (ed.). Informační systémy o geofaktorech životního prostředí. Čes. geol. úst., Praha: Vyd. Čes. geol. úst., 1995.
- CÍCHA, I., KAIGL, J. GEOINFO – systém geologických a účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000. GIS ve státní správě. 6. sborník referátů, Seč, 1995.
- CÍCHA, I., et al. Přehled map vydaných geologickou službou České republiky v letech 1918 - 1993. Čes. geol. úst., Praha: Vyd. Čes. geol. úst., 1994.
- CÍCHA, I., et al. Soubor geologických a účelových map přírodních zdrojů 1:50 000. Zpráva pro závěrečný kontrolní den úkolu VaV. MS, Archiv Čes. geol. úst., Praha, 1998.
- ČINČURA, J. et al. Encyklopédia Zeme. Vydavateľstvo Obzor, n.p., Bratislava, 1983, s. 189.
- DEMO, M., BIELIK, P. a HRONEC, O. Trvalo udržateľný rozvoj. SPU Nitra a VUPU Bratislava, 1999. ISBN 80-7137-611-6.
- DRDOŠ, J. Přírodní prostředí: zdroje – potenciály – únosnost – hazardy a rizika. Geografický časopis SAV, zv. 44 (1), Bratislava, 1992, s. 30-39.
- DUDKOVÁ, I. „Nemoci“ kamenů a jejich hlavní příčiny. Čas. Mineral. Geol., 22, 3, Praha, 1977, s. 235-237.
- DUVIGNEAUD, P. Ekologická syntéza. Přel. V. Mezřický, Praha: Academia, 1988, s. 414. 21-054-88.
- ELIÁŠ, V., et al. Hydrodynamická interakce vegetace a atmosféry jako prvek ovlivňující povrchový odtok. Výzkumná zpráva, ÚH ČSAV, Praha, 1985, s. 72.
- FIALA, J. Litologie, metamorfóza a geochemie úseku moldanubika mezi Vimperkem a Sušicí. MS, Archiv Ústř. úst. geol., Praha, 1983.
- FORMAN, R.T.T. and GODRON, M. Landscape Ecology. New York: John Wiley and Sons, 1986.
- FORMAN, R.T.T. a GODRON, M. Krajinná ekologie. Přel. J. Těšitel a kol. 1. české vyd. Praha: Academia, 1993. ISBN 80-200-0464-5.
- FOTTOVÁ, D. Výsledky sledování malých povodí v rámci systému GEOMON. MS, Archiv Čes. geol. úst., Praha, 1992.
- GOODLAND, R. a LEDEC, G. Neoclassical economics and principles of sustainable development. Washington D.C.: The World Bank, 1985.



- HAASE, G. Landschaftsökologische Detailuntersuchung und naturraumliche Gliederung. *Petermanns Geogr. Mitt.* 109, 1964, s. 8-30.
- HAASE, G. The chorical structure of the natural landscape. XXIII. Int. Geogr. Congress. 12, Moskva, 1976, s. 14-18.
- HAASE, G. Zur Ableitung und Kennzeichnung von Naturpotentialen. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 122, 2, 1978, s. 113-125.
- HADAČ, E. Člověk a krajina. *Vesmír* 55, Praha, 1976 a, s. 227-229.
- HADAČ, E. Landscape and Man. XXIII. Int. Geogr Congress, 12, Moskva, 1976, s. 161-164.
- HANSEN, A.J. a di CASTRI F. (ed.). *Landscape Boundaries. Ecological Studies, Vol. 92*, 1992.
- HAŠKOVÁ, J. The Role of Corridors for Plant Dispersal in the Landscape. In: *Ecological Stability of Landscape, Ecological Infrastructure, Ecological Management*. Kostelec n. Č. Lesy: ÚAE VŠZ, 1992.
- HRAŠNA, M., FENDEKOVÁ, M., ŠUCHA, V. Úvod do štúdia environmentálnej geológie. *Vysokoškolské skriptá. Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava: Vyd. UK*, 2002, s. 86. ISBN 80-223-1689-X.
- HRAŠNA, M. Základné pojmy environmentálnej geológie a jej úlohy v manažmente geologického prostredia. In: *Miner. slov.*, Bratislava: roč. 35, č. 2, 2003, s. 151-156.
- CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J., STRÁNÍK, Z. *Geologická minulost České republiky*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0914-0.
- JAKEŠ, P. *Vlny hrůzy. Zemětřesení, sopky a tsunami*. 1. vyd. Praha: NLN, s.r.o., 2005. ISBN 80-7106-772-5.
- JEHLIČKA, J. *Geochemický výzkum malých povodí v CHKO Šumava*. Ústř. úst. geol., Praha, 1988, s. 4-11, 13, 15, 20, 21.
- KINKOR, V. Influence of acid rain on chemical properties of soils in Bohemian Massif in Czechoslovakia. *Výzkumná zpráva, preprint form*, 1988.
- KODYM, O., aj. *Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000 Strakonice*. Ústř. úst. geol., Praha, 1961.
- KONTA, J. Die Verwitterung der Bau- und Bildhausersteine an historischen Baudenkmaler. *Acta Univ. Carol., Geol.*, 2, Praha, 1984, s. 137-165.
- KOVÁŘ, P. *Ekologie krajiny*. PřF UK Praha, 1993.
- KREJČÍ, O., BALDÍK, V., BAROŇ, I., MORAVCOVÁ, O., PETROVÁ, V., ZVELEBIL, J., HUBATKA, F. *Landslides hazard assessment in the Czech Republic – The informational*
-

- portal of risk geofactors (geohazards), přednáška a 2nd Risk mapping workshop. EC – Jiond Research Centre Hazard Assessment Unit, MAHB/NEDIES, 2007.
- KUKAL, Z. Vývoj sedimentů Českého masívu. Knihovna Ústř. úst. geol. Sv. 61, Praha, 1985, s. 221.
- KUKAL, Z., et al. Člověk a kámen. Čes. geol. úst., Praha, 1989.
- KUKAL, Z. The rate of geological processes. Eart Sci. Rev. 28, Amsterdam: Elsevier, 1990, s. 284.
- KUKAL, Z. a REICHMANN, F. Horninové prostředí České republiky, jeho stav a ochrana. Čes. geol. úst., Praha, 2000. ISBN 80-7075-413-3.
- KYCL, P., BAROŇ, I, MENDÉZ, J, BONILLA, E. Sesuvná událost v okolí vulkánu Poás, vyvolaná zemětřesením v lednu 2009, Kostarika. Sborník 1. národního inženýrsko-geologického kongresu s mezinárodní účastí. Ostrava: VŠB – Technické univerzity Ostrava, 2009, s. 79-84. ISBN 978-80-248-2026-2.
- LEDVINA, R. et al. Geologie a půdoznalství. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2000.
- LESER, H. Landschaftsökologie. Stuttgart, Ulmer, 1976.
- LIPSKÝ, Z. Změna struktury české venkovské krajiny. Sborník ČGS, 99, 4, Praha, 1994, s. 248-260.
- LIPSKÝ, Z. Trvale udržitelné využívání půdního fondu. In: Sborník příspěvků k semináři „Podmínky trvale udržitelného zemědělství“, Brno: Techargo 95, vyd. ČZU Praha, 1995, s. 8-15.
- LIPSKÝ, Z. Trvale udržitelné využívání půdy a krajiny. In: Trvale udržitelný rozvoj. Ekologické aspekty transformace v krajině Českomoravské vrchoviny. Žďár nad Sázavou: Nadace Prameny Vysočiny, 1996, s. 34-50.
- LIPSKÝ, Z. Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů. Praha: Karolinum, 1999. ISBN 80-382-014-99.
- LOŽEK, V. Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru. Praha: Dokořán, 2007. ISBN 978-80-7363-095-9.
- LUMSDEN, GI. (ed.). Geology and the environment in Western Europe. Oxford: Clarendon Press, 1992.
- LVOVICH, MI. Mirovie vodnyje resursy i ich buduščie. Moskva: Izd. Nauka, 1974, s. 361.

- MACÁN, J. Sledování a hodnocení látkově-energetických toků v modelovém území „Zdíkov - Šumava“. MS JU Č. Budějovice, České Budějovice, 2004, s. 12-13.
- MANDÁK, J. Umělé jezírko Kyz. Šumava 8, Vimperk, 1977, s. 12-13.
- MANDÁK, F. Čtení o minulosti Zdíkov. Zdíkov: OÚ Zdíkov, 2002, s. 52-55.
- MARSH, G. P. Man and nature. Cambridge, 1864.
- MARSH, G. P. The Earth as modified by human action. Cambridge, 1885.
- MANNSFELD, K. Zur Kennzeichnung von Gebietseinheiten nach ihren Potentialeigenschaften. Petermanns Geographische Mitteilungen, 122, 1, 1978, s. 17-27.
- MARINOS, P.G., KOUKIS, G.C., TSIAMBAOS, G.C., STOURNARAS, G.C. Engineering Geology and the Environment. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997, s. 1261-1263. ISBN 90-5410-879-7.
- MARSCHALCO, M., TŘEŠLÍN, L., LAHUTA, H. The GIS Assessment of Engineering - geological Zones of Greatest Regional Importance of Slezská Ostrava, Vítkovice and Radvanice. Sborník vědeckých prací VŠB – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, svazek VIII, číslo 1, 2008, s. 405-414.
- MARSCHALCO, M., LAHUTA, H. Selected Geofactors Affecting Possible Future Development by means of Landuse Planning in Rizika v inženýrské geologii. Sborník 1. národního inženýrskogeologického kongresu s mezinárodní účastí. Ostrava: VŠB – Technické univerzity Ostrava, 2009, s. 45-51. ISBN 978-80-248-2026-2.
- MATOLÍN, M. Radioaktivita hornin Českého masívu. Knihovna Ústř. úst. geol., Praha, 1970.
- MATULA, M. Geológia a životné prostredie. Obzor Bratislava 1979. Životní prostředí pro 21. století. Mezinárodní seminář, Brno, Dům techniky, 1992.
- MATULA, M., ONDRÁŠIK, K. Inžinierská geológia v ochrane a tvorbe životného prostredia. Miner. slov. 22, Bratislava, 1990, s. 385-392.
- MIHALÍČ, S. The Role of Engineering Geology in Standartization of Innovative Geological Mapping in The Current Role of Geological Mapping in Geosciences. Netherland: Springer, Vol. 56, 2005, s. 25-44. ISBN 978-1-4020-3549-4.
- MIMRA, M. Krajinná ekologie. Učební texty pro PDS, Praha, 1995.
- MIŠÍK, M., CHLUPÁČ, I., CÍCHA, I. Stratigrafická a historická geológia. Bratislava: St. pedagog. nákl., 1985.
- MÍCHAL, I. Ekologická stabilita. 1. vyd. Brno: Vernika, 1992, 2. vyd. Praha: MŽP, 1994, s. 275. 80-85368-22-6.
- MÍSAŘ, Z., et al. Geologie ČSSR. I. Český masív. Praha: St. pedagog. nakl., 1983.

- MOLDAN, B., FOTTOVÁ, D. Současný stav acidifikace v ČR. Knihovna Ústř. úst. geol., Praha, 1984, s. 39.
- MOLDAN, B. Koloběh hmoty v přírodě. Cesta k vědění 34, Praha: Academia, 1983. 21-111-83.
- MOLDAN, B., et al. Metodika řešení výzkumného úkolu A-12-347-823 „Optimalizace geochemických procesů v krajině“. Knihovna Ústř. úst. geol., Praha, 1986.
- MOLDAN, B. Ekonomické aspekty ochrany životního prostředí. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1997, s. 307.
- MOLDAN, B., ČERNÝ, J. Biochemistry of small catchments. Chichester: SCOPE, 1994.
- MOLDAN, B., PAČES, T. (ed.). Geomon – International Workshop on Geochemistry and Monitoring in Representative Basins. Praha: Geological Survey, 1987, p. 117.
- MORAVCOVÁ, O., KYCL, P., METELKA, V., KAŠPERÁKOVÁ, D., PETROVÁ, V., ŠKUTA, S., ČOUPEK, P., FIFERNOVÁ, M. Vytvoření interaktivní mapy rizika porušení stability svahů a skalního řízení v České republice. Závěrečná zpráva o realizaci projektu, výzkumu a vývoje SP/1c5/157/07, MS MŽP ČR, 2008.
- MORITZ, K., BITTERSOHL, J. Turnover of nitrogen and acidification in the small headwater catchment Markungsgraben. Silva Gabreta, 4, 2000, p. 63-70.
- MYSLIL, V., STIBITZ, M. Standardizace limitů zátěží území a zranitelnosti horninového a životního prostředí. MS, Geomedia s.r.o., Praha, 1998.
- NAVEH, Z., LIEBERMAN, AS. Landscape ecology. Theory and Application. 2. vyd. New York: Springer-Verlag, 1994.
- NEEF, E. Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Leipzig: Gotha, 1967.
- NĚMEČEK, J., SMOLÍKOVÁ, L., KUTÍLEK, M. Pedologie a paleopedologie. Praha: Academia, 1990.
- NĚMEČEK, J., aj. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU Praha a VÚMOP Praha, 2001.
- NIKONOV, AA. Sovremennyye tekhnogennyje dviženija zemnoj kory. Moskva: Izd. Akad. Nauk SSSR, ser. geol., 1976, s. 135-150.
- NOVÁČEK, P., MEDERLY, P. Trvale udržitelná budoucnost pro Českou republiku a Slovensko. Olomouc-Nitra, 1994.
- NOVOTNÁ, J., BLÁHA, P., MUSILOVÁ, A. Antropogenní vlivy na kvalitu pitných vod v oblasti středního a jižního Mongolska. Sborník 10. Česko-Slovenského mezinárodního

hydrogeologického kongresu. Ostrava: VŠB – Technické univerzity Ostrava, 2009, s. 79-82. ISBN 978-80-248-2026-2.

ODUM, EP. The strategy of ecosystem development. *Science*, 164, 1967, p. 262-268.

ODUM, EP. *Základy ekologie*. Praha: Academia, 1977.

OULEHLE, F., MCDOWELL, W.H., AITKENHEAD-PETERSON, J.A., KRÁM, P., HRUŠKA, J., NAVRÁTIL, T., BUZEK, F., FOTTOVÁ, D. Long-term trends in stream nitrate concentrations and losses across watersheds undergoing recovery from acidification in the Czech Republic. *Ecosystems*. XI. Nr. 3, 2008, p. 410-425. ISSN 1432-9840.

PAČES, T. Critical loads of trace metals in soil: A method of calculation. In: WIEDER, R. K., NOVÁK, M., ČERNÝ, J. (eds.): *Biogeochemical investigation at watershed, landscape and regional scales*. Kluwer Academic Press. Dordrecht-Boston-London, 1998, p. 451-458.

PEREL'MAN, AI. *Geochimija landšafta*. Moskva: Nakl. Vys. škola, 1975.

PEREL'MAN, AI. *Geochimija biosfery*. Moskva: Nauka, 1977.

PETRÁNEK, J. *Malá encyklopedie geologie*. Nakladatelství JIH, České Budějovice, 1993, s. 61-62. ISBN 80-900351-2-4.

POLYNOV, BB. *Geochimičeskije landšafty*. Sbor. *Geografičeskije raboty*, Moskva, 1952.

PROCHÁZKA, J., PECHAR, L., VČELÁK, V., WOTAVOVÁ, K. *Atmosférická depozice a látkové toky různě obhospodařovaných malých povodí na Šumavě*. *Atmosférická depozice*. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AVČR, 2004, s. 66-67.

PROSKE, H., VLČKO, J., ROSENBAUM, M.S., DORN, M., CULSHAW, M., MARKER, B. Special purpose mapping for waste disposal sites. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Berlin: Springer, Vol. 64, Nr. 1, 2005, s. 1-54. ISSN 1435-9529.

REIF, J., REZEK, K., CHARVÁTOVÁ, S. *Mineralogie a geochemie zvětrávacích procesů za podmínek zvýšené kyselá atmosférické depozice*. Kutná Hora: Úst. nerost. surovin, 1989, s. 110, 116-123, 129.

RICHLING, A., SOLON, J. *Ekologia krajobrazu*. Warszawa: PWN, 1994.

SEDLMEYER, J. *Režim podzemních vod v povodí Spůlky*. MS, PřF UK, Praha, 1983, s. 52.

SCHMIDTHÜSEN, J. Was ist eine Landschaft? In: *Das Wesen der Landschaft*. Wiesbaden, 1973, s. 156-174.

SOBOTKOVÁ, O. *Prognózní ocenění na uran. Oblast 12 a 18, Šumavská větev moldanubika*. ČSUP Příbram, 1980.

SOČAVA, VB. *Vvedenije v učenije o geosistemach*. Novosibirsk: Nauka, 1978.

SUK, M., et al. Geological history of the territory of the Czech Socialist Republic. Praha: Ústř. úst. geol., 1984.

SUK, M. Geologické faktory v ochraně životního prostředí (Úvod do geologické mesologie). Brno: Moravské zemské muzeum, 1999. ISBN 80-7028-100-6.

SVOBODA, J., et al. Regionální geologie ČSSR, díl I. Český masív, sv. 1,2, díl II. Západní Karpaty, sv. 1,2. Praha: Ústř. úst. geol., 1964.

SVOBODA, J. (ed.). Encyklopedický slovník geologických věd, sv. 1,2. Praha: Academia, 1983.

ŠKODA, S., VÁCHAL, J. Vymezení, klasifikace a interpretace geofaktorů v procesu trvale udržitelného rozvoje krajiny. V Ekotrend, sborník z konference s mezinárodní účastí, Jihočes. univ., České Budějovice, 2002, s. F7-F9.

ŠKODA, S. a). Radonový průzkum pro 3x6 bytových jednotek – parc.č. 37/1 Zdíkov. České Budějovice: MS Průzkumné práce, 2003, s. 3.

ŠKODA, S. b). Radonový průzkum pro rodinný dům – parc.č. 689/15 Nový Dvůr. České Budějovice: MS Průzkumné práce, 2003, s. 3.

ŠKODA, S., PÁLENSKÝ, P. Nález žulového masívku u Albrechtce na Zdíkovsku, Šumava. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2004, Čes. geol. služba, Praha, 2005, s. 73-75. ISBN 80-7075-645-4.

ŠKODA, S., VÁCHAL, J. Hodnocení doplňkových geofaktorů v k.ú. Zdíkov na Šumavě v souvislosti se sledováním změn využívání půdního fondu a jejich vliv na stabilitu krajiny. V Ekotrend, sborník z konference s mezinárodní účastí, Jihočes. univ., České Budějovice, 2005.

ŠKODA, S. Radonový průzkum pro rodinný dům – parc.č. 673 Branišov u Zdíkovce. České Budějovice: MS, 2007, s. 4.

ŠKOPEK, V. et al. Strukturálně funkční analýza vybraných krajinných jednotek z hlediska látkových toků a jejich ekooptimalizace. Ústav krajinné ekologie ČSAV, České Budějovice, 1990, s. 14-19.

ŠRÁMEK, J. Atmosférická koroze hornin použitých jako materiál historických staveb. Hornická Příbram ve vědě a technice, sekce Drahé a dekorační kameny, Příbram, 1985, s. 177-198.

TANSLEY, AG. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology 16, New York, Brooklin, 1935, p. 284-307.

TOMÁŠEK, M. Půdy České republiky. Geofyzika., Praha, 2007.

- TRAJKOV, K. Půdoznalectví s naukou o prostředí. VŠ skripta, VŠ Zemědělská. Praha, 1968, s. 157.
- TROLL, C. Luftbilden und ökologische Bodenforschung. Z. Ges. Erdk., Berlin, 1939.
- TURNER, BL., et al. The Earth as transformed by human action. Cambridge: Univ. Press, 1990.
- VAVROUŠEK, J., aj. Trvale udržitelné hospodaření ve venkovské krajině. Grant GA ČR č. 204/93/2524, Kostelec n. Č. l.: ÚAE VŠZ Praha, 1993.
- VÁCHAL, J., ŠKOPEK, V. Structural-functional and Energy-material characteristics of Landscape System. Ecology International, No. 16, 1988.
- VÁCHAL, J., et al. Metodologia antropoekologičeskoj stabilizacii landšafta. Lvov, 1989, s. 58.
- VÁCHAL, J., et al. The principles of cultivation of heavy and secondary succesive compact soils. Bukurešť: RCS-ICP, 1992, p. 21.
- VÁCHAL, J. Zásady regulace látkově-energetických toků v zemědělsky využívané krajině. Ekotrend, JU ZF, Č. Budějovice, 2000.
- VÁCHAL, J. Metoda postupné projekce ekologických systémů hospodaření. Habilitační práce, MS JU ZF, České Budějovice, 2000, s. 152.
- VINOGRADOV, BV. Hierarchy of topological units of vegetation cover. Biogeogr. and Soil Geogr. 4, Moskva, 1976, p. 133-137.
- VINOGRADOV, BV. Dinamika struktury antropičeskich ekosistem. Doklady Akademii Nauk SSSR 249, Moskva, 1980, s. 753-756.
- WESTBROEK, P. Život jako geologická síla. Přel. V. Cílek st. a A. Markoš. Praha: Nakladatelství Dokořán, 2003, s. 34.
- WINKLER, EM. Stone: Properties, durability in man's environment. Wien - New York: Springer, 1974.
- WOLDŘICH, JN. Hercynische Gneissformation bei Gross-Zdikau in Böhmerwald. Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt 25, 3, Wien, 1875, s. 259-293.
- YANG, T.F. Proceedings of the 9th International Conference o Gas Geochemistry ICGG 9. Nat. Taiwan Univ., Taipei, Taiwan, 2007.
- ZONNENVELD, IS. Land Evaluation and Land(scape) science. Internacional Training Center, Enschede, 1979, p. 134.
- ZONNENVELD, IS., FORMAN, RTT. (ed.). Changing Landscapes: An Ecological Perspective, 1990.
- ZONNENVELD, IS. Land Ecology. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1995, p. 198.