

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní obor: Geografie a kartografie



Vladěna JANOUCHOVÁ

**Recentní morfogenetické procesy v lokalitě jaderné
elektrárny Temelín**

*Recent morphogenetic processes in locality of the Temelín
nuclear power station*

Bakalářská práce

Praha 2015

Vedoucí bakalářské práce: Prof. RNDr. Jan Kalvoda, DrSc.

Zadání bakalářské práce

Název práce

Recentní morfogenetické procesy v lokalitě jaderné elektrárny Temelín

Cíle práce

Hlavním cílem této práce je analýza recentních geomorfologických procesů a jevů v lokalitě jaderné elektrárny Temelín (dále JETE) a následné zhodnocení potenciálního ohrožení JETE. První část práce bude zaměřena na popis přírodního prostředí lokality JETE. Následující část se bude zabývat geomorfologickým vývojem zkoumaného území v mladším kenozoiku, na kterou navazuje třetí část charakterizující recentní morfologické procesy a jevy v lokalitě JETE.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Hlavními použitými metodami výzkumu je studium odborné literatury a rozbor dostupných grafických a dalších dokumentačních podkladů. Texty a grafické přílohy této práce budou zpracovány standartním způsobem. Zájmovým územím je oblast v okruhu do 10 km od hranice pozemku JETE.

Datum zadání: 13.12.2012

Jméno studenta: Vladěna Janouchová

Podpis studenta: _____

Jméno vedoucího práce: Prof. RNDr. Jan Kalvoda, DrSc.

Podpis vedoucího práce: _____

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité zdroje a literaturu. Tato práce, ani její podstatná část, nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 18. 8. 2015.

Vladěna Janouchová

Poděkování

Na tomto místě chci poděkovat panu prof. RNDr. Janu Kalvodovi, DrSc., za nesmírnou trpělivost, věnovaný čas, cenné připomínky a rady při vytváření mé bakalářské práce. Dále panu RNDr. Ivanu Prachařovi, CSc., za konzultace a poskytnutí odborné literatury. V neposlední řadě děkuji Ing. Pavlovi Štěpánkovi, své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

Abstrakt

Předložená práce se zabývá recentními morfogenetickými procesy v lokalitě jaderné elektrárny Temelín (JETE). Studie se v první řadě zaměřuje na charakteristiku přírodního prostředí, geomorfologický vývoj v mladším kenozoiku a vývoj povrchových tvarů v kvartéru. Následuje charakteristika typů recentních geomorfologických procesů v lokalitě jaderné elektrárny Temelín, spolu s hodnocením současných geomorfologických procesů ve vztahu k přírodnímu ohrožení JETE. Cílem této práce je popsání geomorfologických procesů, působících v oblasti jaderné elektrárny Temelín, formou rešerše odborné literatury a spojení těchto geomorfologických procesů s přírodním ohrožením studované oblasti.

Klíčová slova: morfogenetické procesy, Temelín, jaderná elektrárna

Abstract

This presented thesis deals with recent morphogenetic processes in the area of nuclear power station Temelín (JETE). The study is primarily focused on the characteristics of the natural environment, geomorphological evolution of the area in the younger Cenozoic and the evolution of the surface shapes in the Quaternary. The thesis also contains the characteristics of types of recent geomorphological processes in the area of nuclear power station Temelín and an evaluation of recent geomorphological processes in relation to the natural hazards to JETE. The main objective of this thesis is a description of geomorphological processes in the area of nuclear power station Temelín through the literature search and connecting of geomorphological processes with natural hazards in the studied area.

Keywords: morphogenetic processes, Temelin, nuclear power station

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Přírodní prostředí v lokalitě JETE	10
2.1	Geologické poměry	10
2.2	Geomorfologické poměry	11
2.2.1	Středočeská pahorkatina	11
2.2.2	Táborská pahorkatina	11
2.2.3	Písecká pahorkatina	12
2.2.4	Týnská pahorkatina	12
2.3	Klimatické poměry	12
2.4	Hydrologické poměry.....	12
2.5	Půdní poměry	13
2.6	Antropogenní vlivy na krajinu	14
3	Geomorfologický vývoj lokality JETE v mladším kenozoiku	15
3.1	Předkvartérní vývoj reliéfu	15
3.2	Vývoj povrchových tvarů v kvartéru	19
3.2.1	Zarovnané povrchy	21
3.2.2	Říční terasy	22
3.2.3	Údolí vodních toků	23
3.2.4	Úpady.....	24
3.2.5	Tektonicky podmíněné svahy	24
3.2.6	Eolické povrchové tvary	26
3.2.7	Destrukční antropogenní tvary.....	26
4	Recentní geomorfologické procesy a jevy v lokalitě JETE.....	27
4.1	Typy a charakteristika recentních geomorfologických procesů.....	27
4.2	Současné geomorfologické procesy ve vztahu k přírodnímu ohrožení JETE..	33
4.2.1	Rozsah a intenzita geomorfologických procesů	33

4.2.2	Přírodní ohrožení lokality JETE	38
5	Diskuze	44
6	Závěr	46
7	Přehled použité literatury a zdrojů	48
8	Seznam obrázků a tabulek	53

1 Úvod

JETE společně s jadernou elektrárnou Dukovany plní významnou roli v energetické koncepci České republiky. V roce 2013 tvořila jaderná energie 35,8 % z celkové produkce elektrické energie ČR (World nuclear association, 2015), přičemž tento poměr by se měl v budoucnosti zvyšovat, vzhledem k problémům spojených s provozem elektráren na fosilní paliva a se zvyšující se poptávkou.

Jaderná elektrárna Temelín (JETE) se nachází v Jihočeském kraji v okrese s rozšířenou působností Týn nad Vltavou, v místě bývalé obce Temelínec (Obr. 1). Leží asi 24 km severně od krajského města České Budějovice. Od obce Temelín je vzdálena přibližně 2 km severně. Pro studium morfologických procesů a jevů byla zvolena oblast okolo JETE v okruhu do 10 km. Areál JETE se nachází v nadmořské výšce 503 – 507 m n. m.

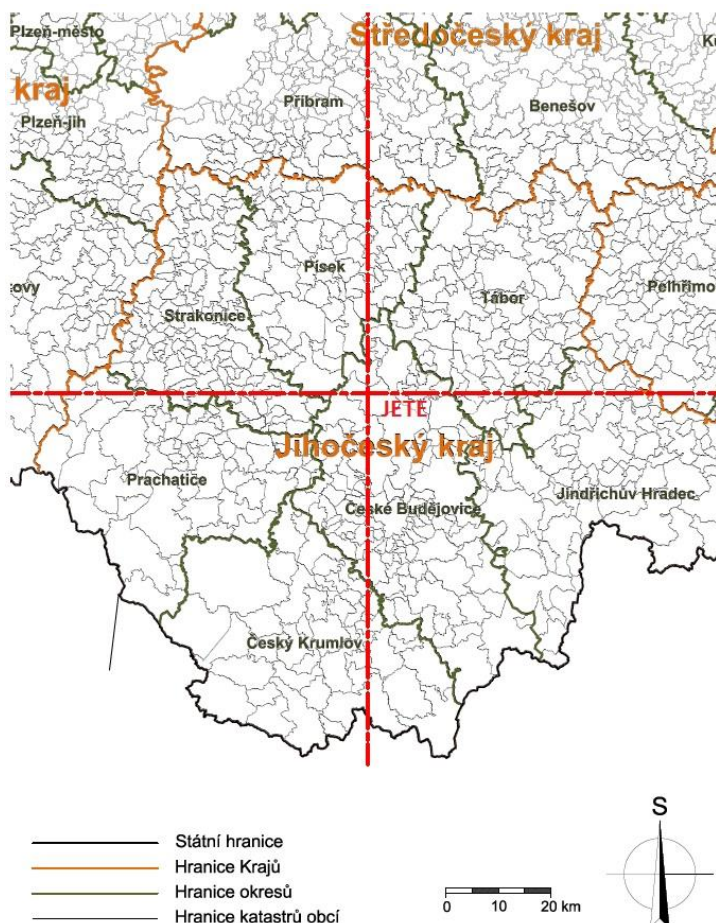
Investiční záměr o výstavbě JETE byl schválen již v roce 1979. Projekt obsahoval plány výstavby elektrárny se čtyřmi bloky VVER 1000. K uzavření kontraktu na dodávku sovětského technického zařízení došlo v roce 1982. V listopadu roku 1986 bylo vydáno stavební povolení, stavba započala v únoru 1987. Následně po listopadu 1989 došlo k přehodnocení potřeby výkonu a snížení počtu bloků na dva. Stavba byla dokončena, vzhledem k dodavatelským problémům a ke změnám v politické a hospodářské oblasti, až v červenci roku 2000. Před uvedením elektrárny do provozu byly jižní Čechy odkázány na dodávku elektrické energie z ekologicky zatížených oblastí severních Čech. Výstavba JETE umožnila vyřešení nedostatku elektrické energie i obtížnou ekologickou situaci v severních Čechách. Do provozu byla JETE uvedena v letech 2002 až 2003. Od 23. září 2013 dosahuje elektrárna výkonu 2 x 1055 MWe. V současné době probíhá diskuze ohledně dostavby třetího a čtvrtého bloku JETE (ČEZ, 2015).

V souvislosti s výstavbou JETE byla zřízena v roce 1988 observatoř Temelín za účelem meteorologického zabezpečení provozu elektrárny. Observatoř se nachází přibližně 3 km severozápadně od JETE v nadmořské výšce 503 m n. m. Další stavbou postavenou v letech 1986 – 1992 je vodní nádrž Hněvkovice, nacházející se necelých 5 km východně od elektrárny na řece Vltavě, fungující především jako rezervoár technologické vody pro areál JETE. Spolu s čerpací stanicí Hněvkovice bylo v letech 1986 – 1991 vybudováno vodní dílo Kořensko, nacházející se na řece Vltavě nad Týnem na Vltavou. Do vodního díla Kořenska jsou vedeny řízené odpadní vody

z JETE, jejichž potenciální tlaková energie je využita pro výrobu elektrické energie. Za účelem monitorování seismické aktivity byla v okolí JETE vybudována lokální síť stanic, provozovaná Ústavem fyziky Země Masarykovy univerzity v Brně. Provoz sítě podléhá platným směrnici Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE).

Při výstavbě a provozu jaderných zařízení je nezbytně nutné sledovat geomorfologické procesy, neboť jejich aktivita může signalizovat blížící se přírodní ohrožení. Cílem této práce je prozkoumání geologického vývoje v lokalitě JETE a popsání geomorfologických procesů, které v současnosti působí na formování reliéfu ve studované oblasti. Dalším, neméně významným, cílem je zhodnocení potenciálního ohrožení JETE na základě geomorfologických procesů.

Obr. 1 – Správní začlenění JETE (Horák a kol., 2014)



2 Přírodní prostředí v lokalitě JETE

2.1 Geologické poměry

Lokalita jaderné elektrárny Temelín je situována v jižní části Českého masivu, v oblasti krystalického fundamentu moldanubického komplexu (Chlupáč, 2002). Moldanubický komplex reprezentují dvě litofaciální jednotky - jednotvárná a pestrá série (Klečka, 1988). Nejrozšířenějšími horninami jsou biotitické, biotit-silimanitické až biotit-cordieritické pararuly a migmatity s vložkami kvarcitů, amfibolitů, granulitů a ortorul, které jsou produktem složité polyfázové deformace příkrovového charakteru kadomského a hercynského metamorfního a deformačního cyklu (Klečka, 1988). Do jednotvárné série zasahují ze severozápadu a severu horniny podolského komplexu, který je tvořen hlavně migmatitizovanými horninami. V malé míře obsahuje žilné horniny (leukokratní žuly, aplity a žilné křemeny) a v menším množství zahrnuje pestrý soubor těles amfibolitu, kvarcitu a erlánu (Piskač, Šimůnek, Prachař, 2006). Litologické rozhraní mezi pararulami a migmatity tzv. vltavotýnského krystalinika a podolským komplexem tvoří vodňanská mylonitová zóna v SVV – JZZ směru (Machart, 1987). Struktura moldanubického krystalinika byla až do konce paleozoika formována v několika fázích duktilní i křehké deformace, kdy starší struktury byly opakovaně aktivovány a přetvářeny (Buday a kol., 1960). Na krystalinické podložní vrstvě se nachází denudované zbytky klikovského souvrství senonského stáří. V celé lokalitě se nachází zbytky neogenních sedimentů, především jíílů, písčitých hlín a částečně písčitých štěrků, jež jsou součástí mydloradského, domanínského souvrství a pliocenního ledenického souvrství. V období mezozoika se v okolí studované lokality JETE projevila saxonská tektogeneze nepatrným vyklenutím reliéfu (Malkovský, 1979). Mezi sedimenty kvartérního stáří se vyskytují nejčastěji svahy soliflukčních hlín, říční terasy a sprašové hlíny, pravděpodobně würmského stáří, které se nachází podél celého toku Vltavy. U Týna nad Vltavou spolu s podložím soliflukčních hlín dosahují nejvyšší mocnosti, a to až 20 m (Balatka, Příbyl, 1996).

2.2 Geomorfologické poměry

Zájmové území se podle geomorfologického členění České republiky dělí na následující geomorfologické jednotky (Balatka, Kalvoda, 2006):

Systém: Hercynský

Subsystém: Hercynská pohoří

Provincie: Česká vysočina

Subprovincie: Česko – moravská

Oblast: Středočeská pahorkatina

Celek: Táborská pahorkatina

Podcelek: Písecká pahorkatina

Okrsek: Týnská pahorkatina

Okolí studovaného území tvoří pahorkatinný předěl mezi severním okrajem významných sedimentárních struktur budějovické pánve a okrajem třeboňské pánve, s průměrnou nadmořskou výškou 430 m n. m. (Mazáčová, 1962). Tvar reliéfu výrazně ovlivnily toky Vltava, Lužnice a ostatní přítoky se svými hluboce zaříznutými údolími. Nejnižším bodem v lokalitě JETE je údolí Vltavy pod Týnem nad Vltavou s nadmořskou výškou 350 m n. m., nejvyšším bodem je Velký Mehelník s nadmořskou výškou 633 m n. m, vzdálený cca 15 km od JETE (Horák a kol., 2014).

2.2.1 Středočeská pahorkatina

Středočeská pahorkatina má charakter zarovnaného povrchu, který vznikl denudací v období mezi paleozoikem a mladším terciérem (Kunský, 1974). Rozkládá se na ploše 6328 km² a dosahuje nadmořské výšky 436 m n. m. (Demek a kol., 2006). Nejvyšším vrcholem Středočeské pahorkatiny je Drkolná s výškou 729 m n. m.

2.2.2 Táborská pahorkatina

Táborská pahorkatina je morfograficky a neotektonicky nehomogennějším celkem Středočeské pahorkatiny (Balatka, 1990). Váže se na granitoidy středočeského a moldanubického plutonu. Táborskou pahorkatinu tvoří lokality permských, senonských a neogenních sedimentů (Demek a kol., 2006). Povrch pahorkatiny je místy tektonicky porušený. Dále se v ní vyskytují hřbety, suky, zbytky zarovnaných povrchů s hluboce zaříznutými údolími hlavních i vedlejších toků.

2.2.3 Písecká pahorkatina

Zaujímá oblast, vybíhající klínovitě k severu mezi českobudějovickou a třeboňskou pánví. Tento výběžek, mající uprostřed hluboký zářez vltavského údolí, odráží v morfografickém uspořádání geomorfologických jednotek zřetelný vliv neotektonických pohybů zemské kůry (Balatka, 1990).

2.2.4 Týnská pahorkatina

Týnskou pahorkatinu tvoří členitá pahorkatina převážně v povodí Vltavy a Lužnice. Okrsek přetíná tektonicky založené údolí Vltavy s říčními terasami v rozšířených úsecích. Pahorkatina se skládá z poměrně rozsáhlých zbytků zarovnaných povrchů v nadmořské výšce 450 – 500 m n. m. Povrch tvoří rozčleněný erozně denudační povrch s pokryvy spraší a sprašových hlín, který omezují zlomové linie v severním a východním směru (Mazáčová a kol., 1963). Součástí Týnské pahorkatiny je Temelínská pahorkatina, mající značně rozčleněný povrch při dolních úsecích vltavských přítoků, které místy sledují zlomové linie.

2.3 Klimatické poměry

Studované území spadá dle Quitta (1971) do mírně teplé klimatické oblasti MT 10, která se vyznačuje dlouhým a mírně suchým létem, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem, mírně teplým podzimem, krátkou mírně teplou a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrná denní teplota vzduchu je 8,2 °C. Z měření denních extrémů vyplývá, že maximální teplota 36,8°C byla dosažena 13. 8. 2003 a minimální teplota – 23,0 °C byla zjištěna 29. 12. 1996. Průměrný roční úhrn srážek je 539 mm/rok, největší zaznamenaný maximální denní úhrn srážek byl zaznamenán 12.8.2002, kdy spadlo 128,4 mm (Horák a kol., 2014). Popis klimatických poměrů a meteorologických jevů lokality s důrazem na extrémní a výjimečně se vyskytující jevy je potřebný k posouzení rozptylu radioaktivních látek v ovzduší.

2.4 Hydrologické poměry

Studovaná lokalita JETE je odvodňována do Vltavy a Blanice. Povodí Blanice není pro JETE hospodářsky významné, nicméně z hlediska odtokových poměrů má velký význam, neboť do něj spadá většina studované lokality. Vltava je pro JETE

nepostradatelná, především díky odběru technologické vody na počátku procesu výroby elektrické energie či vypouštění odpadní vody na konci procesu výroby. V 80. letech byla na Vltavě vybudována dvě vodní díla Hněvkovice a Kořensko, která doplnila Vltavskou kaskádu, skládající se z devíti vodních děl. Vodní dílo Hněvkovice se nachází 5 km jižní od Týna nad Vltavou a bylo vybudováno za účelem zásobování JETE technologickou vodou. Délka nádrže činí 18,65 kilometrů a rozkládá se na délce 276,67 hektarů. Vodní dílo Kořensko bylo vybudováno dva kilometry pod ústím Lužnice do Vltavy. Do vodního díla jsou vedeny řízené odpadní vody z JETE, jejichž potenciální tlaková energie je využita pro výrobu elektrické energie. Významnými toky ve studovaném území jsou potoky Podhájnice, Bohunický potok, Strouha, Hradní strouha, Palečkův potok, Karlovka, Bílý potok a Těšínovský potok. Režim odtoku vodních toků je dešťovo-sněhový s nejvyššími průtoky v březnu a nejnižšími v září. V okolí JETE se nachází i několik rybníků, které přirozeně odvodňují území. Charakter místních potoků je díky velkému spádu na relativně krátké délce tras jednotlivých vodotečí bystřinný. Trasy protínají především zalesněné a neobydlené oblasti (Horák a kol., 2014).

Ve studované lokalitě se nachází dva systémy oběhu podzemních vod, a to hlubší a mělký oběhový systém. Hlubší oběhový systém se nachází v hloubce více jak sto metrů, kde je pohyb vody velice pomalý. Tato voda vznikla pravděpodobně v nejmladším geologickém období v holocénu před cca 10 000 lety. Hlubší oběhový systém nemá přímý kontakt s povrchem, a proto není hladina podzemní vody ovlivňována srážkovou vodou. Mělký oběhový systém je vázán na kvartérní sedimenty a přípovrchovou zónu eluvií (Prachař a kol., 2010).

2.5 Půdní poměry

Studované území je pokryto zvětralinovým pláštěm z hornin moldanubického krystalinika a terciérních sedimentů. Z hlediska půdních typů je okolí studované lokality tvořeno především hnědou lesní půdou – kambizemí, která je typická pro pahorkatiny. Jedná se o středně úrodnou půdu s humusovým horizontem pouze 10 – 20 cm. Obsahují málo živin a jsou špatně propustné, díky hromadícím se oxidům železa a hliníku v horizontu B (Tomášek, 1995). Dalším častým typem jsou glejové půdy fluvického subtypu, které vznikly z nivních sedimentů, jež byly v minulosti zaplaveny. Ve studované lokalitě se nachází i pseudoglejové půdy modálního subtypu. Méně častým

typem je luvizem, která vznikla z polygenetických hlín i lehčích substrátů v rovinatém a mírně zvlněném terénu pahorkatiny. Luvizemě jsou málo provzdušněné. Nejméně rozšířené půdy jsou fluvizemě, což je nivní půda, která je vývojově velmi mladá a tvoří se na recentních fluviálních sedimentech. Z hlediska půdních druhů po celém studovaném území převládají půdy písčité, které jsou považovány za lehké a střední druhy.

2.6 Antropogenní vlivy na krajinu

Ve studované lokalitě se nachází průmyslové objekty, patřící pouze k JETE. Okolí studované lokality JETE se využívá zejména pro zemědělství a lesní hospodářství. Na jihovýchodním okraji studované lokality JETE se nachází frekventovaná silnice z Českých Budějovic do Týna nad Vltavou, další významnou silniční komunikaci je silnice z Vodňan do Týna nad Vltavou. Studovaným územím prochází i železniční trať vedoucí z Číčenic do Týna nad Vltavou, zahrnující osobní i nákladní přepravu. Ve vzdálenosti cca 11 km od JETE se nachází frekventovaná železniční trať České Budějovice – Plzeň – Praha. V letním období probíhá malá rekreační osobní lodní přeprava, jak na přehradní nádrži Hněvkovice, tak na Vltavě. Prostor nad JETE je zakázaným prostorem pro letecký provoz, nejbližší letecká cesta je vzdálena 18 km od JETE (Horák a kol., 2014).

3 Geomorfologický vývoj lokality JETE v mladším kenozoiku

3.1 Předkvartérní vývoj reliéfu

Termín kenozoikum představuje úsek zemské historie následující po mezozoiku, zahrnující geologické období terciéru a kvartéru. Geologické období terciér je děleno na období paleogénu a neogénu a období kvartéru na pleistocén a holocén (Kalvoda a kol., 1998).

Ve studované lokalitě bylo období paleogénu ve znamení relativního tektonického klidu. V této době proběhla druhá fáze vývoje jihočeského zarovnaného povrchu. V porovnání s obdobím svrchní křídly, byla kerná tektonika v paleogénu již málo intenzivní. V převažujícím režimu peneplenizace dochází k exhumaci předkřídového povrchu. Zbytky někdejších prokřemenělých zvětrávacích lateritových kůr představují balvany křemenců (tzv. sluňáků). Vývoj paleogenního zarovnaného povrchu byl zčásti přerušen vznikem lokálních jezerních depresí v oligocénu a hlavně v období sávské tektonické fáze ve spodním miocénu. Sávská tektonická fáze měla za následek ukončení ukládání limnického lipnického souvrství. Tektonické sníženiny byly vyplňovány sedimenty především ze svrchnokřídových souvrství, ale také z oblasti zarovnaného reliéfu (Špaček a kol., 2010).

V období neogénu probíhala, v porovnání s paleogénem, zvýšená tektonická aktivita, která měla za následek vytvoření rozsáhlého jihočeského jezera (Kalvoda a kol., 1989). Vlivem staroštýrské fáze došlo k novým intenzivním poklesům území jihočeských pánví, kde probíhala limnická sedimentace mydlovarského souvrství, ve kterém se objevují mořské ingrese spodnobadenského moře Paratethydy. Ve studovaném území vrcholí v období miocénu aktivita poklesových pohybů v líšnické brázdě. Z Tábořské oblasti stékají do pánevní oblasti přes oblast Týna nad Vltavou a Kolodějí nad Lužnicí řeky směrem SZ–JV a S–J. Odvodnění území probíhalo v té době k JV do karpatské předhlubně tzv. vitorazskou branou (Dědina, 1930). V tomto období se začaly projevovat neotektonické pohyby s různou intenzitou. K jejich vyvrcholení z hlediska tvorby reliéfu došlo koncem miocénu a v pliocénu, když se asymetricky zdvihla hrást' lišovského prahu spolu s jižním okrajem Písecké pahorkatiny (oproti Blatské pánvi). Balatka s Příbylem (1999) odhadují tento relativní výzdvih na přibližně 200 m, a to na základě různé výškové pozice zarovnaných povrchů. Hlavní hydrografickou událostí neogénu byla změna v odvodňování jižních Čech ze směru k JV do dnešního směru k severu, což znamenalo založení vltavského údolí

v souvislosti s výzdvihem jihočeské oblasti, včetně jihočeských pánví. Obrat ve směru v odvodňování je zařazován Balatkou a Příbylem (1999) do období bezprostředně po skončení sedimentace lednického souvrství jezerních jílu. Některé úseky vltavských přítoků jsou pozůstatky miocénní vodní sítě povodí jihočeského jezera. Rovněž vltavské údolí sleduje průběh miocenního přítoku třetihorního jezera, ale v opačném směru toku (Kalvoda a kol., 1989).

Ve svrchním miocénu a ve spodním pleistocénu vyvolal intenzivní výzdvih silnou denudaci sedimentární výplně Českobudějovické pánve a zahloubení údolí v Písecké pahorkatině, která vystupuje vzhledem k pánvi jako výrazná elevace. Vodní toky v Českobudějovické pánvi vytvořily v málo odolných sedimentech široce rozevřená mělká údolí kvartérního (v okrajových částech neogenního) stáří, přičemž vodní toky v Písecké pahorkatině mají převážně erozní ráz a jejich zahloubení se od svrchního pliocénu pohybuje mezi 50 – 70 m. Údolní dno Vltavy se ve studované lokalitě nachází 140 – 170 m pod úrovní nejvyššího zarovnaného povrchu a přibližně 80 m pod nižším pliocenním zarovnaným povrchem. Značná denudace pánevní výplně proběhla mezi založením vltavského údolí k S v mladším spodním pliocénu a akumulací svrchnopliocenních štěrků (Špaček a kol., 2010). Hlavní pohyby v období od spodního miocénu po začátek svrchního pliocénu odhaluje přítomnost zlomových svahů, popřípadě přímočarých svahů patrně tektonického původu k zarovnaným povrchům. V plio-pleistocénu již tektonické pohyby nebyly až tak intenzivní, aby způsobily větší změny v reliéfu (Balatka, 1990).

Od konce pliocénu měly největší vliv na modelaci tvarů reliéfu klimatické změny, které se skládaly z několika pravidelně se opakujících podnebných výkyvů. Střídání studených období (glaciálů) a přechodných teplejších meziobdobí (interglaciálů) vyvolalo akumulační a erozní pochody. V obdobích glaciálů nebylo široké okolí studované lokality zasáhnuto kontinentálním ledovcem, nacházelo se v periglaciální zóně. Pro periglaciální oblasti je charakteristické chladné podnebí, dále krátké období s kladnými průměrnými teplotami, přítomnost dlouhodobě zmrzlé půdy (permafrostu), povrchový nadbytek vláhy, zapříčiňující nízký výpar a malou infiltraci do zamrzlých půd a hornin a slabý vývoj vegetace v tundře či lesotundře. Interglaciály se vyznačovaly teplotou o 2 – 3°C vyšší než je současná teplota, u interglaciálů nejstaršího pleistocénu lze dokonce počítat se zvýšením až o 4 – 5°C (Zeman, Demek, 1984). Ze srovnání fauny a flory s dnešními společenstvy vyplývá, že do střední Evropy zasahovalo oceánské klima mnohem hlouběji do pevniny než dnes, s čímž souvisí

i vyšší srážky, které byly až o 75 – 100 % vyšší než dnes. Pro období interglaciálů je typické téměř úplné zalesnění, které je doloženo jak paleontologicky, tak pedologicky (Zeman, Demek, 1984). Období glaciálů zahrnují časové úseky s výrazně nižší teplotou, než jakou máme v současnosti. V glaciálech v nejširším slova smyslu je teplota o 4 – 5 °C nižší než dnes. Průměrné snížení se však pohybuje mezi 8 – 9 °C, což odpovídá ročnímu průměru okolo 0 °C a méně (Zeman, Demek, 1984). Ve vlhčích a studených obdobích převládala činnost mrazu, především mechanické zvětrávání a soliflukce. V suchých fázích studených období probíhaly hlavně zvětrávací pochody, které jsou někdy označovány termínem zesprašnění, se kterými je spojena intenzivní eolická činnost. Interstadiály probíhaly v počátečních fázích glaciálů a jsou od předcházejících interglaciálů odděleny jen méně výraznými teplotními výkyvy. Průměrná teploty nedosahuje v interstadiálu ani poloviny současného průměru (2 – 3 °C). Během těchto období vznikaly černozemní stepi, lesy nejsou souvislé a mají ráz spíše lesostepi či parkové tajgy (Zeman, Demek, 1984).

Průběh kvartérního klimaticko-sedimentačního cyklu se nejlépe rekonstruuje na sprašových sériích na svahových údolích, které vznikly postupným zařezáváním. Lze v nich sledovat průběh celých cyklů v podobě eolických a svahových uloženin i fosilních půd. Sprašové série jsou velmi citlivé a zachycují podnební výkyvy, především v podobě půd. Koncem kataglaciální fáze končí tvorba spraší a nastává suché chladné klima. Následuje přemísťování spraší a vzrůstá intenzita půdotvorných pochodů. Následně přichází oteplování a zvlhčování podnebí, nastupuje interglaciál. V této fázi probíhá chemické zvětrávání. Po interglaciálu následuje anaglaciál. Půdotvorné pochody převažují nad ronovou sedimentací. Podnebí je chladné se suchým a teplým létem (2 – 4 °C). Uprostřed anaglaciálu dochází k ochlazení a tvoří se půdní sediment tzv. marker. V druhé polovině anaglaciálu začíná eroze půdy ronem a koncem anaglaciálu nastupuje soliflukce (Zeman, Demek, 1984). Kvartérní klimatický cyklus v jednotlivých stádiích neprobíhal vždy se stejnou intenzitou a délkou. Výzkum klimatických cyklů komplikuje půdní eroze, na které se spolupodílí nejen voda, ale i deflace a soliflukce. Půdní eroze může dosáhnout takové intenzity, že odstraní jeden i více sprašových pokryvů v celé mocnosti. Do kvartérního klimatického cyklu patří i tvorba fluviálních akumulací, ze kterých eroze v následujícím mladším období v době prohlubování říčního údolí vytvořila terasu. Fluviální akumulace není vázána na vrchol glaciálu a interglaciálu, ale na klimatickou změnu během přechodu z glaciálu do interglaciálu a naopak. Tektonická aktivita nepřestala ani v kvartéru. Dle stratigrafie

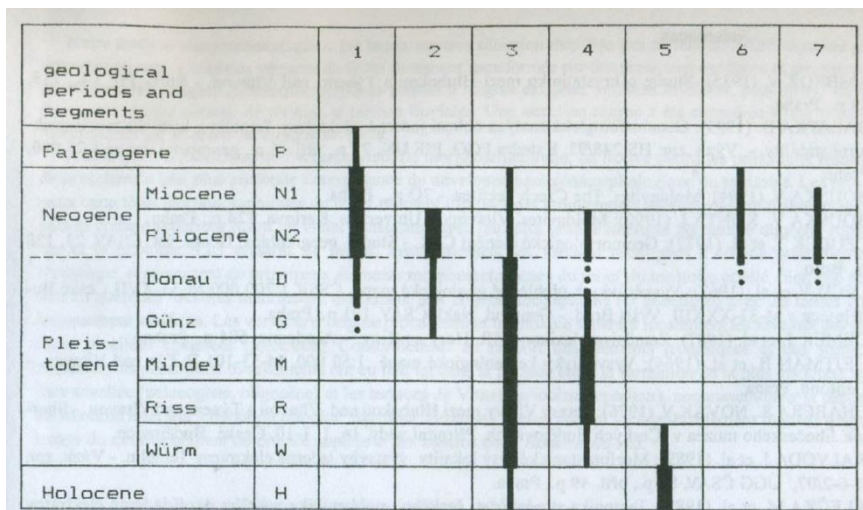
terasy Vltavy v budějovické pánvi dle Chábery (1965) vyplývá, že k odvodnění a spojení obou částí dnešní Vltavy došlo pravděpodobně již ve starém pleistocénu. Kalvoda a kol. (1989) uvádí, že ve výše uvedené oblasti a na sever od vodňanské mylonitové zóny mohlo ve starém pleistocénu docházet k dílčím tektonickým pohybům o amplitudách do několika metrů, přičemž severnější krajině relativně poklesla.

Morfografické rysy základních geomorfologických jednotek studované lokality reflektují vlivy diferencovaných neotektonických pohybů od svrchní křídy do starého pleistocénu, s největší intenzitou ve svrchním miocénu a pliocénu. Mehelnická a Ševětínská vrchovina představuje hrást'ově a klenbovitě vyzdvižené regiony kerné stavby. Při jejích okrajích se kromě tektonických sníženin nacházejí nižší izolované pahorky starého reliéfu. Za tektonicky relativně stabilní jednotku je označovaná Týnská pahorkatina včetně lokality JETE s rozsáhlými zarovnanými povrchy (Balatka, 1990). Českobudějovická pánev představuje tektonicko-strukturní sníženinu, jejíž současný tvar je výsledkem intenzivních mladokenozoických destruktivních pochodů v méně odolných souvrstvích pánevní výplně, umožněných tektonickým výzdvihem Českého masivu jako celku a v jeho důsledku silným zahloubením vodních toků do okolního krystalinika. Celkovou hodnotu tektonických pohybů v období mezozoikum – starý pleistocén naznačuje vertikální rozdíl přes 500 m mezi nadmořskou výškou krystalinického podloží pánve a sousedních krystalinických vrchovin (Kalvoda a kol., 1989).

3.2 Vývoj povrchových tvarů v kvartéru

Pro posouzení geologického vývoje, včetně posledních tektonických pohybů, je klíčové studium kvartérních povrchových tvarů. Povrchové tvary georeliéfu mají značný význam z hlediska časového řazení jejich vzniku a rekonstrukce vývoje studovaného území v posledních několika milionech let (Šimůnek a kol., 1995a). Z popisovaných forem reliéfu je největší pozornost upínána na terasový systém Vltavy, neboť přítomnost říčních teras má velký význam pro poznání možných projevů svrchnopliocenní a pleistocenní tektoniky v nejbližším okolí JETE. Přehled vývoje a rozmístění nejdůležitějších povrchových tvarů ukazuje Obr. 2 a Obr. 3.

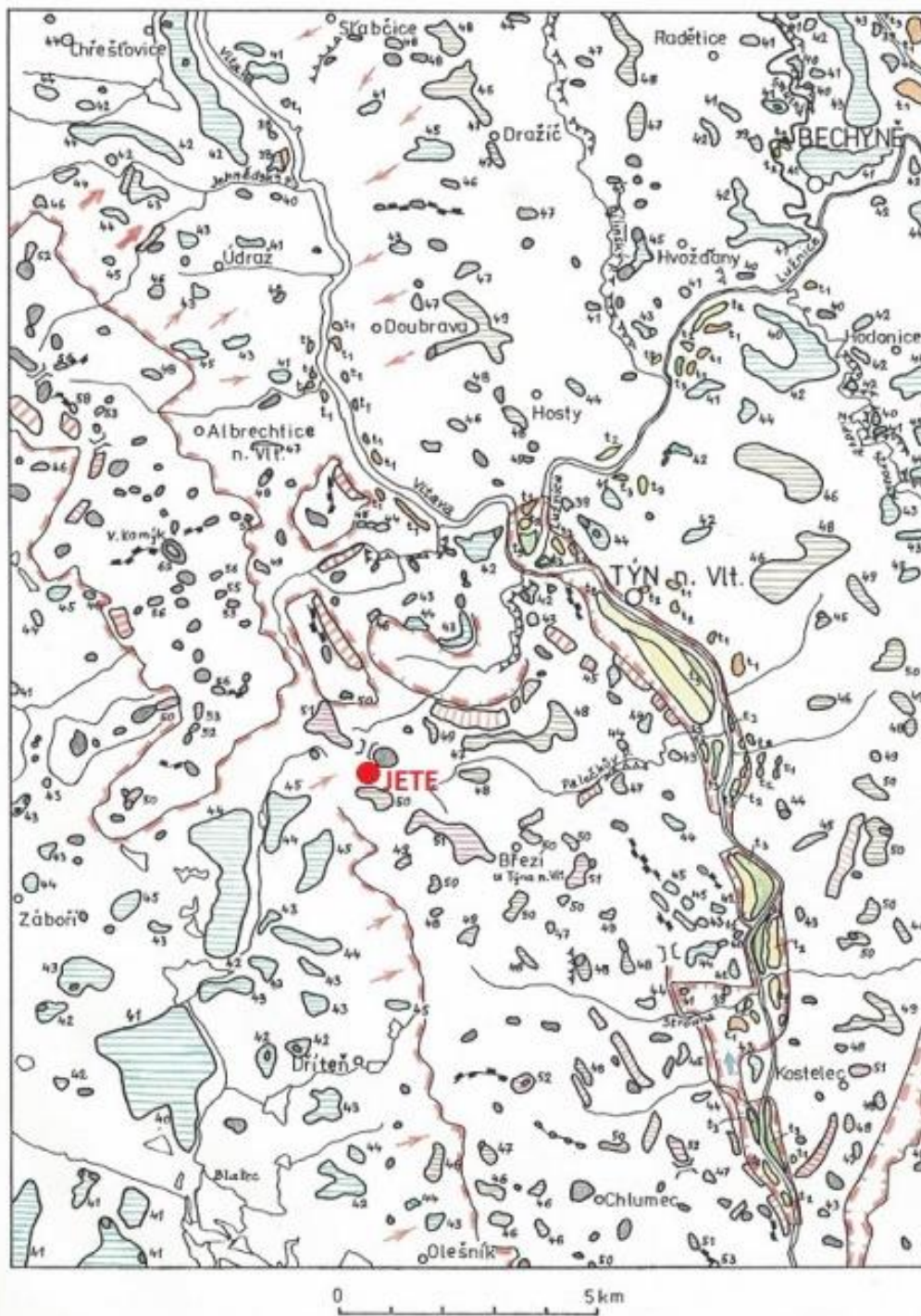
Obr. 2 – Morfochronologická pozice tvarů reliéfu (Balatka, Příbyl 1996)






















1 – zarovnané povrchy, 2 – pedimenty, 3 – údolí vodních toků, 4 – říční terasy, 5 – fluviální hlíny, 6 – tektonicky podmíněné svahy, 7 – geomorfologicky indikované tektonické pohyby.

(širší pás = hlavní období formování reliéfu, slabý pás = sekundární období, tečky = počátek či konec vývoje tvaru)

Obr. 3 – Vybrané povrchové tvary zájmové oblasti JETE (Balatka, 1990)



1. Přímocharé svahy vázané na zlomy nebo strukturálně podmíněné	a/ výrazné	
	b/ málo výrazné	
2. Hrástě		
3. Tektonické sníženiny, prolomy		
4. Ukloněné tektonické kry		
5. Tektonické klenby		
6. Tektonické prohyby		
7. Výrazná sedla		
8. Výraznější svahy asymetrických údolí		
9. Strukturální hřbety		
10. Suky		
11. Opuštěné údolní úseky z neogénu (N_1, N_2) a kvartéru (D, G, M, R, W)		
12. Zarovnané povrchy s údaji v dekametrech nadmořské výšky (např. 41 = 410 m)	a/ nejvyšší (nad 500 m)	
	b/ vysoké (450-500 m)	
	c/ střední (400-450 m)	
	d/ nízké (pod 400 m)	
13. Říční terasy	a/ vysoké (I, II)	t_1 
	b/ střední (III, IV)	t_2 
	c/ nízké (V, VI)	t_3 

3.2.1 Zarovnané povrchy

Do této skupiny denudačních tvarů patří útvary polygenetického původu, jakými jsou: zarovnané povrchy různé geneze a vypuklé tvary většinou litologicky podmíněné (hřbety a suky). Nejrozšířenějším typem jsou zbytky nezmlazených destrukčních povrchů, které nevykazují známky porušení. Jedná se patrně o zbytky paleogenního zarovnaného povrchu, mající odkrytou a místy přemodelovanou bazální zvětrávací plochu. Ve starší literatuře je tento typ povrchového tvaru označován jako parovina (Mazáčová a kol., 1963). V současné literatuře se používá termín echtplén (Balatka, 1993). Ze zarovnaného povrchu místy vystupují nízké a nevýrazné pahorky (suky a odlehlíky), které jsou podmíněné odolnějšími vložkami v pararulách. Nejrozsáhlejší plochy se na levém břehu Vltavy vyskytují na západě Temelínské pahorkatiny ve výšce 490 – 515 m n. m., přičemž v areálu JETE dosahují nejvyšší výšky. Další oblastí výskytu zarovnaného povrchu je okolí obcí Kočín, Březí, Podhájí a severozápadně od

Litoradlic. Na pravém břehu Vltavy se nejrozsáhlejší výskyt nejvyšší úrovně zarovnaného povrchu nachází na rozvodní plošině severozápadně od Pořežan. Dalším místem výskytu je okolí obcí Hroznějovic a Kostelce. Ostatní výskyty zarovnaných povrchů jsou klasifikovány jako tvary snížené destrukčními pochody, popřípadě tektonickými poklesy. Zpravidla se nachází pod úrovní nejvyšších zarovnaných povrchů, kde pak navazují na úpatní pedimenty, nebo se vyskytují ve vrcholových částech plochých elevací. V Temelínské pahorkatině se vyskytují v nadmořské výšce 450 – 470 m n. m. a cca o 20 – 25 m převyšují úroveň zarovnaných povrchů Chvalešovické pahorkatiny, což napovídá možným tektonickým pohybům (Czudek a kol., 1993). Na pravém břehu Vltavy se nejvyšší úroveň sníženého zarovnaného povrchu nachází v Drahotěšické pahorkatině, u obce Kostelec a Pořežany. Třetím typem jsou zarovnané povrchy typu pedimentů, pravděpodobně staropleistocenního stáří. Nachází se na styku Temelínské a Chvalešovické pahorkatiny, kde v konkávně prohnutém profilu spojují úpatí vyššího reliéfu s níže položenými zarovnanými povrchy. Sklon pedimentů se snižuje z cca 5° plynule na 2° i méně při přechodu do plošinného povrchu (Balatka, 1993). Další oblastí je oblast Purkarecké kotliny, kde se jako skalní povrchy s konkávně prohnutým profilem (sklon 2 – 5°) vkládají mezi plošiny teras a příkrých svahů (5 – 10°). Posledním typem zarovnaných povrchů jsou destruované relikty někdejších plošinných zarovnaných povrchů, které vznikly protnutím údolních svahů. Jsou to široce zaoblené vrcholové části meziúdolních hřbetů, většinou o sklonu 0 – 2°, nacházející se v okolí Litoradlic a Pořežan (Balatka, 1993).

3.2.2 Říční terasy

Okolí studované lokality je pro vývoj říčních teras značně nepříznivé, neboť větší část vltavského údolí je kaňonovitého tvaru. Říční terasy se vyskytují pouze na jesebních březích meandrů (meandr při soutoku Vltavy a Lužnice, meandr U Masáků a U Bočků) nebo tam, kde se údolí Vltavy kotlinovitě rozšiřuje (Týnská pahorkatina a okolí Buzkova a Purkarce). Říční terasy tvoří převážně terasové zbytky či ochuzené terasové štěrky (Mazáčová a kol., 1963). Ve studované lokalitě bylo rozlišeno pět terasových úrovní, respektive skupin, které stratigraficky odpovídají jednotlivým glaciálům (Balatka, Příbyl, 1996).

Nejstarší pleistocenní terasa (Q1, donau) se na Vltavě zachovala na severním okraji Týna nad Vltavou a sv. od Hněvkovic. Na Lužnici se tento stupeň vyskytuje mezi

Koloději nad Lužnicí a ústím do Vltavy. Výšky povrchu nad nevzdutou hladinou se pohybují okolo 50 m (Šimůnek a kol., 1995). Terasy güzského stáří (Q2) o sklonu kolem 1° se nachází v nadmořské výšce 390 – 395 m n. m. o mocnosti nejvýše 3 m. Vyskytují se ve výšce 32 – 45 m nad nevzdutou hladinou. Výraznějšími terasami jsou mindelské terasy (Q3), dosahující mocnosti 3 – 5 m. Vyskytují se v nadmořské výšce 380 – 385 m n.m. a cca 24 – 30 m nad hladinou Vltavy (Balatka, Příbyl, 1996). Nejlépe je vyvinuta v týnské kotlině, kde vytváří u obce Čihovice rozsáhlou plošinu. Další oblastí je ve vnitřní strana otevřeného zákrutu vltavského údolí směrem na západ od zaniklé samoty u Bočků (Mazáčová a kol., 1963). Ve studované lokalitě jsou nejrozšířenější risské terasy (Q4). V některých úsecích lze rozlišit dvě až tři úrovně povrchů. Vyšší úroveň s relativními výškami povrchů 15 – 20 m a nižší úroveň s dvěma podstupni, s relativní výškou 5 – 15 m. Největší terasy Q4 vyšší úrovně vyplňují na levém břehu Vltavy střední část meandru u Bočků. Povrch středně hrubých písčitých štěrků až štěrkovitých písků se mírně sklání směrem k řece o sklonu maximálně 2°. Nižší úroveň Q4 se nachází v kotlinovém úseku kolem Purkarce. Relativní výšky 5 – 15 m jsou dnes skryté pod hladinou Hněvkovické přehrady. Risské terasy se na sever od soutokového meandru Vltavy a Lužnice již nevykylují (Šimůnek a kol., 1995). Würmské terasové sedimenty (Q5) jsou překryty holocenními písčitohlinitými až písčitojílovitými a písčitými povodňovými uloženinami, o mocnosti cca 1 – 2 m. Würmské sedimenty mají zpravidla mocnost 2 m a jsou tvořeny písčitými hlínami, místy s proměnlivým podílem rulových a křemenných úlomků (Balatka, 1993).

3.2.3 Údolí vodních toků

V oblasti Písecké pahorkatiny byla údolní síť založena v pliocénu v souvislosti se změnou směru toku Vltavy na sever, přičemž některé vodní toky z části využily tektonicky pokleslých zón Purkarecké a Týnské kotliny. Ostatní úseky údolí vltavských přítoků jsou pozůstatky předchozí údolní sítě se sklonem k původnímu jihočeskému jezeru. Hlavní vývoj údolních tvarů probíhal při periodickém zahlubování v průběhu celého pleistocénu (Balatka, Příbyl, 1996). Dna některých úseků kratších údolí Týnské pahorkatiny a Ševětínské vrchoviny přehlubují mladé erozní zářezy (strže), údolí tvaru „V“ a balky. Strže a balky jsou výhradně holocenními tvary, které vznikly soustředným odtokem srážkových vod. Strže představují tvary současné hloubkové i boční eroze. V některých úsecích se vlivem boční eroze rozšiřuje dno, následně se strž mění v balky.

Krátká údolí Písecké pahorkatiny se vyznačují intenzivními recentními erozními procesy, kde se vlivem homogenního geologického podkladu neuplatňuje litologie. Potoky v Temelínské pahorkatině (Hradní strouha, Strouha a Rachačka) vytvořily souvislé úzké údolní nivy, hluboké místy přes 50 m. Pravostranné přítoky Vltavy v Pořežanské pahorkatině (Kozlovský potok, Budáček) vytvořily údolní nivy také, oproti levostranným přítokům mají sevřenější příčný profil svých údolí. Krátká údolí, spolu s některými úseky údolí větších potoků, sledují směr SZ – JV či JV – SZ. Uvedené směry odpovídají převládajícímu zlomovému systému. U větších potoků s poměrně vyrovnaným sklonem dna v podélném profilu se korytová eroze téměř nevyskytuje. Z analýzy půdorysného uspořádání údolní sítě vyplývá, že se ve studované lokalitě nejčastěji vyskytuje orientace toků ve směru V – Z až VSV – ZJZ. V oblasti Temelínské pahorkatiny je údolní síť uspořádaná ve směru V – Z, VSV – ZJZ a ZSZ – VJV (Balatka, 1993).

3.2.4 Úpady

Údolní a svahové úpady jsou charakteristickým prvkem reliéfu studované lokality. Vznikly kryogenními pochody v podmínkách periglaciálního klimatu v pleistocénu. Většinou dosahují délky 200 – 500 m a hloubky do 10 m. Jsou vázány na svahy o sklonu 3 – 10° (Balatka, 1993).

3.2.5 Tektonicky podmíněné svahy

Ve studovaném území se nachází pouze několik tektoniky podmíněných zlomových svahů spolu s přímočarými svahy patrně tektonického původu. První zlomový svah se nachází na levém údolním svahu Vltavy pod soutokem s Lužnicí, kde leží na geologicky ověřeném zlomu stejné orientace (Klečka, 1988). Druhý svah se nachází cca 1 km jihozápadně od Bohunic, mající sklon 5 – 15° (Obr. 4). U paty vymezeného svahu probíhá dle Klečky (1988) ověřený zlom, ve kterém jsou vytvořeny v současné době neaktivní erozní strže (Příbyl, 1993).

Obr. 4 – Pohled na jihozápadní uzávěr bohunické pánvičky (Horák a kol., 2014)



II – zlom bohunické pánvičky, D – svah bohunické pánvičky

Třetí svah tvoří ohraničení Líšnické brázdy (pořežanského příkopu), kde sleduje ověřené nebo předpokládané zlomy směřů SSV – JJZ. Zlomové svahy jsou zřetelně pozměněné denudačními procesy. Považují se z velké části za exhumované z pokrývky neogenních sedimentů (Horák a kol., 2014).

Přímočaré svahy patrně tektonického původu jsou geomorfologicky nápadné svojí zřejmou nezávislostí na údolní soustavě a na výskytu odolnějších hornin. Jejich směrové uspořádání, které se shoduje s hlavními směry zlomů, napovídá zlomovému původu, i přesto, že v místech jejich výskytu nejsou zlomy geologicky známy (Příbyl, 1993). Geomorfologicky nejvýraznější svahy ohraničují Purkareckou kotlinu. Zřetelný je svah na západní straně Purkarecké kotliny v délce 5,5 km a sklonem 8-12°, jehož úpatí zasahuje do vertikální zóny nejstarších pleistocenních teras. Svah patrně tektonického původu byl zmapován mezi Temelínem a Libiví, kde rozděluje zarovnaný povrch v západní části Temelínské pahorkatiny od níže položeného povrchu okrajové části Chvalešovické pahorkatiny (Obr. 5). Je orientovaný ve směru SSZ-JJV a v úpatní části prohnutého profilu navazuje na nižší zarovnaný povrch (Balatka, Příbyl, 1996).

Obr. 5 – Pohled na „přímočaré“ svahy západního okraje Temelínské pahorkatiny (Horák a kol., 2014)



1 – svah u Temelínce, západně od JETE. Foceno od Sedlce směrem na východ.
2 – svah mezi Kočínem (vlevo) a Dřítíní. Uprostřed je zachycen Kočínský rybník.

3.2.6 Eolické povrchové tvary

Tento typ povrchových tvarů se ve studované lokalitě téměř nevyskytuje, výjimku tvoří jen velmi mírné svahy na závěji sprašových hlín v Lišnické brázdě (jv. od Hroznějovic) (Balatka, 1993). Sprašové hlíny tvoří výraznou příměs na asymetrických východních svazích. Hlavní lokality se nachází v týnské kotlině a na pravém břehu Borovanského potoka. Mazáčová a kol. (1963) považují sprašové hlíny za mladopleistocénní, vyváté z paralulových eluvií. Pohřbené půdy nebyly ve studovaném území nalezeny (Mazáčová, 1962).

3.2.7 Destrukční antropogenní tvary

Z destrukčních antropogenních tvarů se ve studovaném území nachází především lomy malých rozměrů, založené v odolnějších horninových vložkách pararul. Dalším tvarem je vápencový lom u bývalé Rachačky. Z akumulčních antropogenních tvarů se zde vyskytují haldy, jiné navážky a hráze vodních nádrží, početné rybníčky na z. od JETE, retenční nádrže v okolí JETE a údolní nádrže Hněvkovic a Kořenska a zemědělské terasy. Ke smíšeným destrukčně akumulčním povrchům silně přemodelovaných člověkem patří staveniště JETE a přibližně 15 menších venkovských sídel.

4 Recentní geomorfologické procesy a jevy v lokalitě JETE

4.1 Typy a charakteristika recentních geomorfologických procesů

Georeliéf Písecké pahorkatiny, kde se nachází staveniště JETE, byl v minulosti formován různými geologickými procesy, z nichž některé přetrvávají do současnosti. Současné studie se přiklánějí k názoru, že období holocénu je pro utváření reliéfu stejně podstatné jako období pleistocénu. Procesy utvářející georeliéf bývají často zkoumány odděleně, nicméně je třeba si uvědomit, že georeliéf vznikl kombinací několika procesů s různou intenzitou a délkou. Morfostruktury a pozitivní formy reliéfu jsou výsledkem působení endogenních procesů, kdy exogenní procesy na ně působí planační funkcí. Reliéf zájmového území je tvořený mladou tektonikou, který následně přetvořily exogenní procesy. Podle všeobecně přijímaného názoru měly na vznik současných tvarů reliéfu rozhodující vliv neotektonické pohyby. Tektonické pohyby pokračují do současné doby. Základním důkazem o geotektonické povaze současných vertikálních pohybů zemské kůry je jejich shoda s geologickými strukturami. Při studiu recentních pohybů pomocí geodetických metod se sledují i technogenní pohyby zemského povrchu vyvolané poddolováním území, čerpáním podzemních vod apod. (Zeman, Demek 1984).

Výzkum recentní dynamiky litosféry poskytuje podklady k volbě technických a provozních opatření s cílem udržení maximální bezpečnosti, ekonomického provozu jaderných zařízení a ochrany životního prostředí (Kalvoda a kol., 1989). Slouží i k vytváření vědeckých předpokladů ke katastrofickým geologickým procesům a jevům. K poznání vývoje reliéfu a projevů neotektoniky v současném reliéfu zemského povrchu přispívá podrobný geomorfologický výzkum. Při geomorfologické identifikaci recentních orogenetických procesů je třeba brát ohled i na působící lokální i globální endogenní vlivy. Jedná se například o tektonický úklon a deformace říčních akumulčních teras, určování stáří zlomově podmíněných svahů, příčin mohutné hloubkové, boční i zpětné eroze, náhlé změny spádu v podélném profilu údolí, morfologické následky zemětřesení a intenzity svahových procesů. Recentní geodynamické procesy jsou velmi složité a probíhají v různých oblastech s rozdílnými fyzickogeografickými, geologickými charakteristikami (Zeman, Demek, 1984).

Lokalita JETE se nachází v Písecké pahorkatině 5 km na jihozápad od Týna nad Vltavou na plošinách či mírných denudačních svazích zarovnané úrovně ve výšce 500 – 514 m n.m. Z hlediska neotektoniky se jedná o nejhomonější celek oblasti Středočeské pahorkatiny (Balatka, 1990). Reliéf Písecké pahorkatiny se skládá z erozně denudačního reliéfu s rozsáhlými zarovnanými povrchy, se strukturně tektonickými hřbety, suky a hluboce zaříznutými údolními Vltavy, Otavy a Lužnice, které jsou založeny v neotektonických prohybových zónách (Moschelesová, 1930). Georeliéf studovaného území se nachází na výběžku, vybíhající klínovitě k S mezi českobudějovickou a třeboňskou pánví. Tento široký mezipánevní výběžek Písecké pahorkatiny, který je protnutý uprostřed hlubokým zářezem vltavského údolí, odráží v morfografickém uspořádání geomorfologických jednotek zřetelný vliv neotektonických pohybů zemské kůry (Balatka, 1990).

Mezi endogenní procesy, působící v zájmovém území, patří tektonická a seismická činnost. Výskyt seismické aktivity je spojen především s deskovou tektonikou a vulkanickou aktivitou. Seismická činnost v Českém masivu i ve studovaném území je spojena pouze s tektonickou činností na aktivních zlomech. Z dosavadních poznatků o vývoji reliéfu v lokalitě JETE je zřejmé, že tektonické procesy se v kenozoiku výrazně podílely na vzniku a přetváření souboru morfostrukturních tvarů (Kalvoda a kol., 1989). Vliv tektonických pochodů byl nejsilnější pravděpodobně ve starém a středním pleistocénu, kdy tektonická činnost měla za následek intenzivní erozi, která se projevovala v zájmovém území vyklenutím Táborské pahorkatiny vůči jihočeským pánvím (Šimůnek a kol., 1995a). Přestože došlo ve středním pleistocénu ke zpomalování zdvihových tendencí, trend postupného zaostávání výstupu pánví vůči Táborské pahorkatině zůstal zachován. Nejvýrazněji se tento trend projevoval v místech posledních vertikálních pohybů na zlomech, tj na východním okraji českobudějovické pánve. Důkazem bylo relativní vyklenutí lišovského prahu a v podstatě celého východního křídla blanického zlomového systému (Balatka, Příbyl 1996). S tím souvisí i sklon gūnzských a mindelských teras Vltavy k západu. Tento trend lze zaznamenat i v recentní dynamice studované oblasti. Rozdíl v relativním vertikálním pohybu mezi pánví a Táborskou pahorkatinou dosahuje hodnoty maximálně 0,3 mm/rok, přičemž tato hodnota je zcela běžná pro platformní, tektonicky stabilní jednotky zemské kůry (Vyskočil, 1993). Neporušený průběh terasových stupňů od mindelu po wūrm, vyrovnanost fluvialní sítě, absence živých strží a sesuvů i celkový ráz reliéfu studovaného území svědčí o tektonickém klidu a

bezzlomovém vývoji území v posledních 600 tisících let (Šimůnek, a kol., 1995a). Z hlediska tektonické aktivity je výběr lokality pro jadernou elektrárnu zcela relevantní.

Zemětřesení se dělí podle hloubky hypocentra do třech kategorií: mělká zemětřesení v hloubce do 60 km pod povrchem, středně hluboká zemětřesení 60 – 300 km a zemětřesení v hloubce více než 300 km, přičemž většina z nich mají hloubku okolo 800 km (Křížek, 2007). Do mělkých zemětřesení patří všechna zemětřesení řítivá, sopečná a část tektonických, včetně zemětřesení vyvolaných skalními říceními, pády meteoritů ale i činností člověka. Středně hluboká a hluboká zemětřesení jsou vázána převážně na zóny subdukce. Zemětřesení představují krátkodobé pohyby zemského povrchu, které jsou důsledkem změn napěťového stavu hornin v zemské kůře a svrchním plášti. Při náhlém uvolnění napětí se z místa uvolnění energie (hypocentra) začnou šířit seizmické vlny, které se dělí na dva základní typy. Prostorové seizmické vlny, šířící se celým zemským tělesem a povrchové seizmické vlny, které se šíří zemským povrchem v určité vrstvě. Prostorové vlny se dělí na podélné a příčné. Podélné vlny jsou označovány jako P – vlny (primární vlny) a šíří se jako první, příčné vlny se označují jako S – vlny (sekundární vlny), které mají rychlost 1,7 až 1,8krát menší než P - vlny a na seismogramu se zobrazují jako druhé (Křížek, 2007). Z časového postupu mezi příchodem P – vlny a S – vlny zaznamenaných seismografem lze určit polohu a intenzitu zemětřesení. Na určení přesného epicentra zemětřesení je nutné, aby byl časový rozdíl mezi příchodem P – vlny a S – vlny zaznamenán nejméně třemi seizmickými stanicemi. Z povrchových vln jsou nejdůležitější Rayleighovy a Loveovy vlny. U Rayleighových vln se částice pohybují po eliptických drahách ve směru šíření vlny a částečně ve vertikální rovině. Loveovy vlny se liší od Rayleighových vln tím, že k vibracím dochází v horizontální rovině. Nejvýznamnějšími strukturami z hlediska seizmické aktivity v úzkém okolí jaderné elektrárny Temelín je oblast vodňanské mylonitové zóny, hlubockého a líšnického zlomu. Uvedené zlomy jsou v současnosti považovány za tektonicky uklidněné (pohybově vyhaslé). Schenková a kol. (1983) konstatovali, že v časovém intervalu posledních 500 let byly v oblasti jižních Čech pozorovány účinky zemětřesení odpovídající 4° MSK-64 s výjimkou českobudějovické pánve, kde pozorování odpovídalo 5° MSK-64. Jediné pozorování v obci Temelín odpovídá hodnotě 4° MSK-64. Dále stanovili mezní hodnotu makroseizmické intenzity na 5,5° MSK-64. Ohnisková lokální zemětřesení z jihu pánve nepřesahují hodnotu 5° MSK-64 (Šimůnek a kol., 1995b).

Exogenní procesy se projevují rušivou činností (eroze), přenosnou činností (akumulace) a činností tvořivou (akumulace a sedimentace). Mezi nejvýznamnější exogenní procesy, působící na formování reliéfu Písecké pahorkatiny, patří svahové procesy, různé skupiny vodou indukovaných procesů, kryogenní procesy a eolické procesy. Současný reliéf se nachází ve stádiu pokročilého denudačního vývoje. Výrazné prvky kvartérní i současné eroze se nachází pouze v pruhu při vltavském údolí v širší zóně styku morfostrukturních jednotek nižších řádů (Balatka, 1993).

Svahové procesy se dělí podle geneze a typu na pomalé pohyby s rychlostí mm/rok až mm/den, rychlé pohyby s rychlostí mm/hod až m/hod a katastrofické m/hod až 100km/hod. Do pomalých pohybů patří plíživé pohyby zvětralin a svahových sedimentů, do rychlých pohybů řadíme fluviální erozi půdy, soliflukci a řícení a mezi katastrofické pohyby patří rychlá soliflukce, bahenní proudy řícení a laviny (Nemčok, Pašek, Rybář, 1974). Ve studovaném území se nachází pouze gravitační a fluviální svahové procesy. Mezi gravitační svahové procesy patří plíživý pohyb zvětralin a skalní řícení. Plíživý pohyb zvětralin (creep) představuje pomalý pohyb povrchové horniny či půdy po svahu dolů, který lze postřehnout pouze při dlouhodobém pozorování. Jedná se o nepřetržité pohyby, ovlivňované gravitací, sezónními změnami teplot a objemovými změnami povrchových hornin (Bell, 2002). Skalní řícení je pohyb zvětraliny vzduchem volným pádem. Ve studovaném území byly zjištěny recentní a subrecentní haldy drobných skalních řícení pod skalními svahy příkrých erozních svahů údolí Vltavy a jejich přítoků – např. v Kozlovském potoce (Kalvoda a kol., 1989).

Do fluviálních svahových procesů patří povrchový ron a plošný splach, jež mají za následek stružkovou erozi. Povrchový ron představuje nesoustředné stékání srážkové nebo tavné vody po svahu. Pokud není půda nasycená, voda infiltruje do půdy rychlostí určenou sklonem svahu, texturou půdy, vegetační pokrývkou a stupněm nasycení půdy vodou. Při intenzivním tání sněhu, větších srážkách nebo při vodou nasycené půdě nastává plošný splach. Na povrchu svahu se tvoří laminárně tekoucí vrstva vody, která vyvolává odnos drobných částic půdy. Plošný splach probíhá zejména v aridních a semiaridních svazích, kde laminárnímu toku nebrání vegetace. Většinou se na svazích objevují nerovnosti, které rozdělují souvislý laminární vodní pokryv na jednotlivé stružky s turbulentním tokem, jejichž činností vzniká na svazích soustava různě hlubokých stružek, rozrušující povrch svahu. Tento proces je nazýván stružkovou erozí (Demek, 1988). Soustředěným odtokem srážkových vod vznikly ve studovaném území strže a balky, které jsou v současné době neaktivní. Jejich výskyt je spojován mimo jiné

i se středověkým odlesněním krajiny. Vyskytují se rovnoměrně v celém studovaném území (Balatka, 1993). Nejdůležitějšími procesy studovaného území jsou fluvialní procesy. Povrchová voda je významným exogenním činitelem na pevninském povrchu, ovlivňující reliéf erozí, transportační a akumulací vodních toků a v neposlední řadě extrémními stavy toku. Voda modeluje koryto unášeným materiálem v svislém směru – hloubkovou erozí a ve směru horizontálním – boční erozí (Demek, 1988). Vltava je ve studovaném území středním tokem s převládající sedimentací nad erozí. Teče ve svých náplavech, které tvoří údolní nivu. Charakteristický je výskyt meandrů, např. soutok Vltavy a Lužnice u Masáků, U Bočků. Součástí údolí řek jsou říční akumulací terasy, které tvoří několik stupňů nad sebou. Jedná se o zbytky údolních niv z předešlých období, kdy řeka nebyla ještě tak zaříznutá do údolí jako dnes. Ve studovaném území se říční terasy nachází pouze na jesebních březích meandrů a v místech kde se údolí Vltavy rozšiřuje (týnská kotlina, okolí Buzkova a Purkarce), neboť větší část vltavského údolí je kaňonovitého tvaru (Mazáčová a kol., 1963). Dalším tvarem je údolní niva, kterou tvoří výhradně holocénní povodňové sedimenty. Údolní nivы se vyskytují téměř v celém území, největší mocnosti dosahuje v Bezdrevském potoce. Mezi další tvary a formy vytvořené fluvialní činností patří říční koryto, šterkové lavice, říční ostrovy, náplavový kužel atd. (Demek, 1988). Náplavové kužele se nachází v západním úpatí hlubockého zlomu severozápadně od Hrdějovic, kde vzhledem ke své rozloze a mocnosti až 15 metrů zakrývají průběh zlomu. Bazální vrstvy přecházejí plynule do sedimentů risské terasy Vltavy. V současné době jsou náplavové kužele neaktivní, to podporuje názor o tektonickém klidu na této zlomové linii v holocénu (Demek a kol., 1994).

V souvislosti s kryogenními pochody v chladném období pleistocénu vznikly údolní a svahové úpady, které se ve studovaném území vyskytují ve velkém množství. Na jejich dnešní podobě se nejvýrazněji podílel poslední glaciál s následným vývojem v holocénu. K vývoji úpadů přispěla v posledním období i antropogenní činnost, především zásahy do vegetačního krytu krajiny a zemědělským hospodařením (Šimůnek a kol., 1995a).

Eolické procesy jsou vázány na větrnou erozi, větrný transport a větrnou akumulaci. Při poklesu síly a turbulence větru dochází k akumulaci větrem unášeného materiálu a vznikají eolické sedimenty, dělí se na dva základní typy: spraše a váté písky. Spraše, respektive písčité sprašové hlíny, tvoří samostatné povrchové tvary. Tvoří dobře vyvinutou příměs na asymetrických východních svazích. Zrnitostní ráz

sprašových hlín je na přechodu k středně hrubým spraším pahorkatin. Vyskytují se v týnské kotlině a na pravém břehu Borovanského potoka (Mazáčová a kol., 1963).

Činnost člověka má v poslední době výrazný vliv na průběh a intenzitu geomorfologických procesů. Hlavní antropogenní vlivy, které mohou ovlivňovat formování reliéfu zkoumané oblasti okolí jaderné elektrárny Temelín, vedou k urychlování i zpomalování exogenních pochodů, např. urychlování/zpomalování zvětrávání, svahových, fluviálních a eolických pochodů (Horák a kol., 2014). Zmíněné typy geomorfologických procesů v současnosti nebo v relativně nedávné minulosti působily na formování reliéfu oblasti v okolí jaderné elektrárny Temelín. Rozsahem a intenzitou geomorfologických procesů v současnosti se zabývá následující kapitola.

4.2 Současné geomorfologické procesy ve vztahu k přírodnímu ohrožení JETE

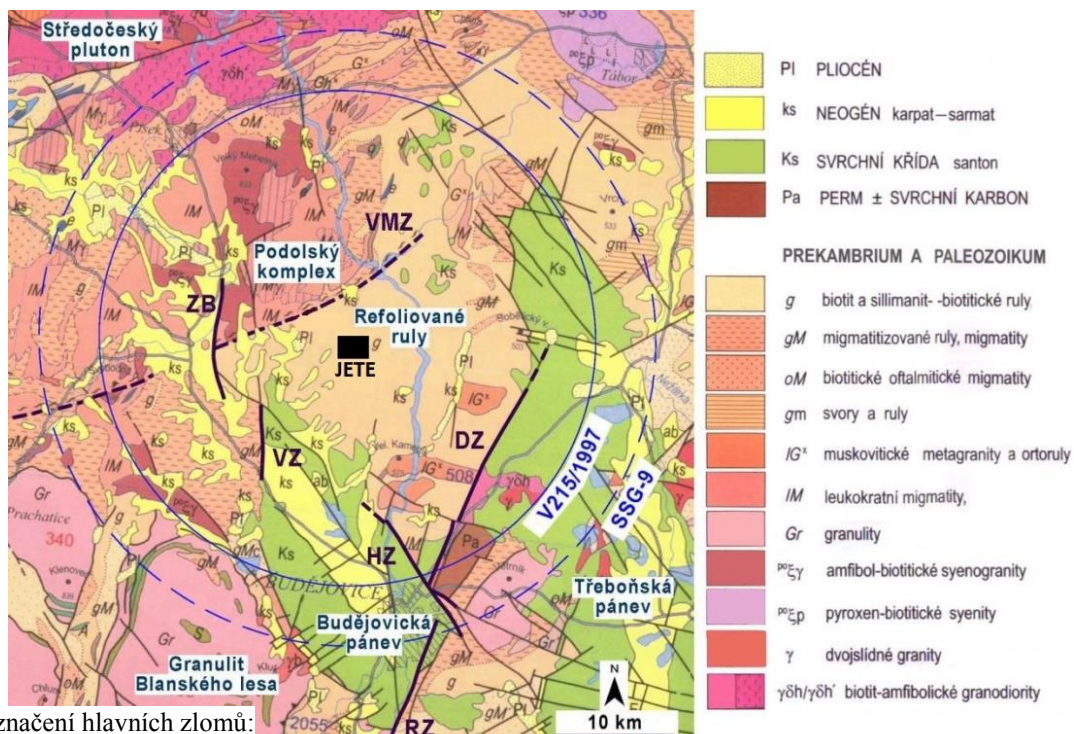
4.2.1 Rozsah a intenzita geomorfologických procesů

Vzhledem k plánovanému rozšíření jaderné elektrárny o dva bloky je rozsah působení endogenních procesů velmi dobře prozkoumán. Současná morfologie studovaného území je výsledkem dlouhodobého geologického vývoje, na kterém se podílely tektonické, sedimentační a erozní procesy (Šimůnek a.kol., 1995a). Zásadní vliv na vývoj reliéfu zájmového území mělo alpské vrásnění, jehož jednotlivé fáze ovlivňovaly ráz celé jihočeské oblasti. Na základě morfostrukturních a geomorfologických analýz studovaného území byla identifikována síť tektonických linií, která představuje nejčastější kombinaci zlomových systémů SSV-JJZ a SZ-JV směru (Obr. 6). Zmíněné směry zlomových systémů náleží ke směrům, které v recentním napětovém poli mají spíše vyšší tendenci být aktivovány (Švancara a kol., 2010). S ohledem na zřetelné morfologické projevy a další rysy, panuje podezření, že by se mohlo jednat o zlomy potenciálně schopné posunu. Pozornost byla věnována především hlubockému zlomu SZ – JV směru, vodňanské mylonitové zóně, S – J zlomům (vlhavský zlom, zlom údolí Blanice) a drahotěšiskému zlomu. Ze seismotektonického rozboru studované lokality JETE vyplývá, že pohybová aktivita zlomů byla vždy nízká, zároveň nebyly nalezeny žádné geologické ani geomorfologické důkazy pohybů na zlomech od svrchního pleistocénu. Za kvartérní pohyb je považován výzdvih celé jižní části Českého masivu, který dosahuje obvyklých hodnot v konsolidovaných kratogenních jednotkách. Na základě geologických důkazů jsou zlomy v lokalitě JETE považovány za tektonicky stabilní – pohybově vyhaslé (Šimůnek a kol., 1995a).

Z hlediska seismické činnosti tektonického původu je Česká republika, včetně území, kde se nachází JETE, považována za klidnou oblast, kde nehrozí žádná ničivá zemětřesení, zároveň ale nepatří mezi úplně neaktivní oblasti (Křížek, 2007). Pro studované území je z hlediska seismické tektoniky významná Adriatická subdeska, která stlačuje na sever před ní ležící neoidní komplex Alp, jeho podloží a oblasti přéalpské kontinentální kůry (Šimůnek a kol., 1995b). Data o seismické aktivitě pro okolí JETE jsou dostupná ze záznamů České regionální seismické sítě (ČRSS) provozované Geofyzikálním ústavem AV ČR. Další instrumentální data jsou získávána sledováním výskytu mikrozemětřesení prostřednictvím lokální sítě stanic v okolí JETE, která je provozovaná Ústavem fyziky Masarykovy univerzity v Brně. Výskyt

zemětřesení je nepřetržitě monitorován od roku 1991 v souladu s nastavenými parametry od International Atomic Energy Agency (IAEA, 1984). Údaje jsou vkládány na Seismologický informační displej.

Obr. 6 – Schematická mapa tektonických zlomů ve studované lokalitě JETE (Horák a kol., 2014)



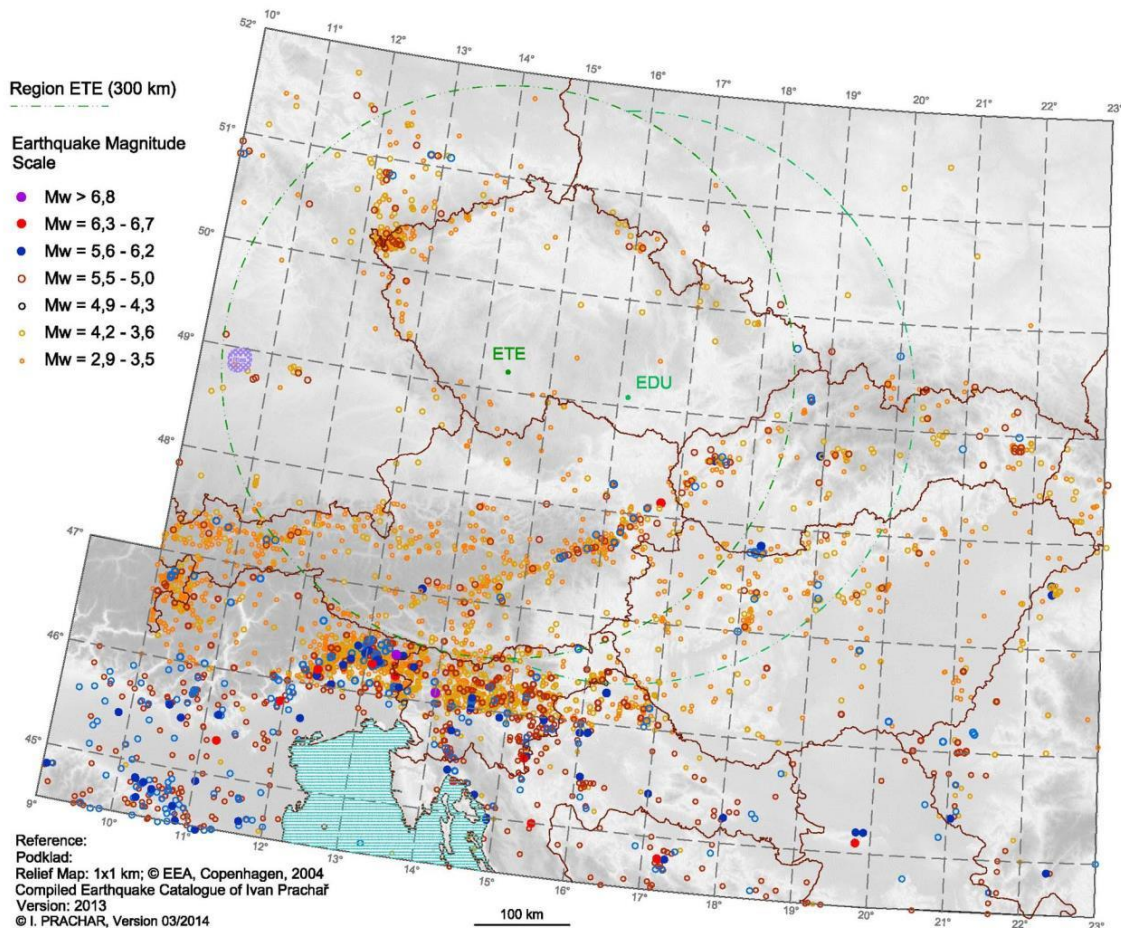
Označení hlavních zlomů:

VMZ – vodňanská mylonitová zóna, ZB – zlom údolí Blanice, VZ – vlhavský zlom, DZ – drahotěšický zlom, HZ – hlubocký zlom, RZ – rudolfovský zlom

Historické záznamy neposkytují dostatek informací pro spolehlivé určení frekvence výskytu katastrofických zemětřesení na území České republiky. Ve studovaném území byl paleoseismickými metodami odhalen záznam proběhlých zemětřesení ve třech oblastech, pro jejichž zdrojové zlomy byla stanovena hodnota maximálního potenciálního magnitudy. První oblast se nachází na mariánsko-lázeňském zlomu u obce Kopanina v západních Čechách. Odhad doby posledního posunu se udává na období před 2000 až 1000 lety se stanoveným maximálním potenciálním magnitudem 6,3. Druhou oblastí je okrajový sudetský zlom u obce Bílá voda v severovýchodních Čechách, který byl aktivní před cca 11 000 – 4 500 lety s maximálním potenciálním magnitudem 6,5. Třetí oblast se nachází na okrajovém zlomu Markgrafneusiedl v severovýchodní části Rakouska, jehož potenciální magnitudo bylo odhadnuto na 7,1. Tato oblast byla aktivní v období před cca 14 000 lety (Decker

a kol., 2010). Souhrnné údaje o historických zemětřeseních byly zpracovány do Obr. 7, který obsahuje 4033 registrovaných jevů s hodnotami magnituda $\geq 2,9$ (Horák a kol., 2014).

Obr. 7 – Ohniska historických zemětřesení ve střední Evropě v období 1200-2010 (Horák a kol., 2014)



Ze seismotektonického a seismologického zhodnocení regionu JETE vyplývá, že nejvyšší seismickou zátěž pro JETE představuje seismická energie vzdálených zemětřesení ze vzdálenosti více jak 100 km od JETE, především z oblasti východních Alp. Vliv ostatních zemětřesení v magnitudy do hodnoty $M_W = 4$ není významný v porovnání s magnitudy jevů ve východoalpské oblasti. Nejvýznamnějšími seismicky aktivními strukturami pro region JETE jsou zlomy ve Vídeňské pánvi, lineament na rozhraní mezi Českým masivem a Karpaty a v neposlední řadě i linie Mur-Münz, kde dosáhlo roku 1201 v obci Murau zemětřesení o magnitudu až $M_W = 6,0$. Významná je

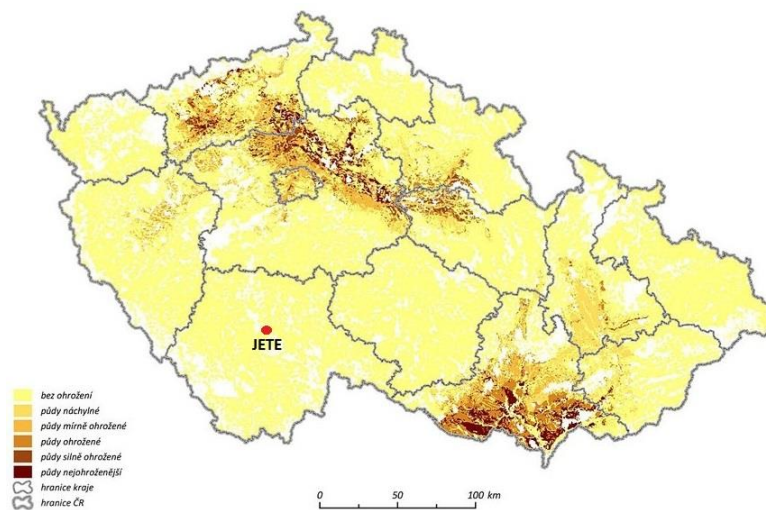
také oblast Friuli-Idrija, přestože je vzdálená od JETE více jak 300 km (Horák, a kol., 2014).

Hloubka ohnisek většiny ohniskových oblastí střední Evropy je charakterizována hloubkou $h \leq 10$ km. Z toho vyplývá, že hypocentra zemětřesení leží ve svrchní části zemské kůry. Většinou se jedná o hloubku 28 – 40 km. Výjimku tvoří oblasti Českého Těšína a Białsko Biele, kde leží hypocentrum v hloubce 35 – 40 km. V širším regionu JETE se vyskytují dva typy zemětřesných sekvencí a to zemětřesné roje a posloupnost hlavních otřesů a dotřesů. Zemětřesné roje představují skupinu po sobě následujících otřesů podobné intenzity, u které není možné určit hlavní otřes. Typickou oblastí zemětřesných rojů je oblast Opavy a oblast obcí Aš-Skalná-Kraslice (Schenkova a kol., 1983). Posloupnost hlavních otřesů a dotřesů, kde hlavní otřes převyšuje velikostí následné otřesy, se vyskytuje v oblasti Hronova-Poříčí, dále v oblasti Mur-Münz a Vídeňské pánvi. V širším regionu JETE se jen velice vzácně vyskytují tzv. předtřesy, po kterých následuje hlavní otřes. Na základě paleoseismologického průzkumu bylo zjištěno, že k posledním posunům na zlomech v lokalitě JETE došlo v průběhu posledních 22 000 let. Nepřímé doklady poukazují na období přemiocénní, případně ještě starší (Špaček a kol., 2010).

Z exogenních geomorfologických procesů jsou v okolí JETE nejaktivnější svahové procesy, procesy podzemní vody, působení vodní eroze. Méně jsou aktivní eolické procesy. Svahové procesy se v zájmové oblasti projevují v přírodních a tzv. umělých svazích, které vznikly stavbě JETE. Přírodní svahy jsou pokryty 2–3 m mocnými svahovými sedimenty písčito – prachového charakteru, přecházejícími do kamenitých až prachovito – kamenitých eluvií pararu. Vznik kerných sesuvů nebo plastického vytlačování podloží je ve studované lokalitě vyloučen, neboť se podloží neskládá z jemnozrnných soudržných plastických zemin., které by se mohly dostat do plastického stavu. (Česká geologická služba, 2015) uvádí, že se v lokalitě nenachází žádné evidované „aktivní geodynamické jevy“, které by ohrozily JETE. Podloží objektu JETE, stejně jako velkou část Písecké pahorkatiny, tvoří písčité hlína a hlinitý písek, které se nachází nad písčitou – hlinitou, hlinitou – písčitou zeminou a svahovou sutí. V lokalitě JETE se vyskytují dvě hydrogeologická prostředí, tzv. mělký a hluboký zvodnělý systém (Šerák, 1982). Staveniště JETE je v interakci pouze s mělkým zvodnělým systémem v rámci přípovrchové zóny proudění. Mělký zvodnělý systém je vázaný na kvartérní sedimenty a přípovrchovou zónu eluvií, jehož hloubka sahá do několika metrů. Úroveň podzemní vody v této oblasti, která je odvodňována prameny a

skrytými vývěry v terénních depresích, je doplňována především infiltrací ze srážek (Horák a kol., 2014). Výsledky terénní rekognoskace odhalily vývěry mělké podzemní vody na JZ a SV úpatí morfologické elevace staveniště JETE, které s kolísavými vydatnostmi v desetinách l/s napájejí místní vodoteče, především Palečkův potok na SV a Temelínský potok na JZ (Horák a kol., 2014). Hlubší zóna proudění puklinových podzemních vod se nachází v hloubce $h > 150$ m. Pohyb vody v této zóně je velmi pomalý. Zdržení podzemní vody může trvat až několik tisíc let. Dalším významným geomorfologickým procesem je vodní eroze, které se věnuje značná pozornost z hlediska ochrany životního prostředí. Vodní eroze je většinou vyvolána přívalovými srážkami s vysokou intenzitou, krátkou dobou trvání a malou zasaženou plochou nebo rychlým táním sněhu (Dostál a kol., 1996). Na vznik vodní eroze má největší vliv sklonitost reliéfu v kombinaci s délkou svahu po spádnici, vegetační pokryv, vlastnosti půdy a její náchylnost k erozi (VUMOP, 2015). Oblast okolí studované lokality podléhá v zemědělské půdě slabé vodní erozi (intenzita možného odnosu půdy se pohybuje v průměru v intervalu 1,1 – 2 t/ha/rok (VUMOP, 2015)). Větrná eroze se váže hlavně na oblast nížin, nicméně v oblasti Písecké pahorkatiny se v malé míře vyskytuje také. Celkový přehled o situaci větrné eroze popisuje Obr. 8. Vliv větrné eroze v lokalitě na zemědělskou půdu je velice nízký.

Obr. 8 – Potenciální ohrožení lokality JETE větrnou erozí (VUMOP, 2015)



4.2.2 Přírodní ohrožení lokality JETE

Přírodní ohrožení představuje souhrn časové a prostorové pravděpodobnosti výskytu nebezpečného jevu o určité velikosti a intenzitě (Blahůt, Klimeš, 2011). Tyto extrémní jevy vyvolává působení přírodních sil v atmosféře, hydrosféře, na zemském povrchu a také v zemské kůře, případně v zemském pláští. V důsledku působení zmíněných jevů a procesů může docházet ke ztrátě na životech, zraněním, poškození majetku, k sociálnímu a ekonomickému narušení či poškození prostředí z environmentálního hlediska (Smith, Petley, 2008).

Ve studované lokalitě JETE, díky rozmanitým přírodním podmínkám, existují různé stupně přírodního ohrožení. Přítomnost tektonických zlomů a antropogenní působení na reliéf vede k relativnímu stupni různých geomorfologických ohrožení. Jedná se především o projevy nedávné tektonické činnosti, zemětřesení, svahových pohybů, eroze (vodní či větrná), povodní, případně jejich vzájemné působení. Území České republiky, stejně jako studovaná lokalita, není ohrožena oceánskými vlivy, ani vlivy, které souvisejí v mořským vlněním, mořským ledem či stoupající mořskou hladinou (Horák a kol., 2014). Studovaná lokalita se nachází ve vnitrozemské oblasti ve střední zeměpisné šířce centrální Evropy, z čehož vyplývá, že zde nehrozí tsunami nebo tropické cyklóny. Z hlediska klimatického ohrožení se mohou v okolí JETE vyskytovat bouřky, krupobití, vichřice, potenciálně i tornáda. Na základě doporučení IAEA (IAEA, 2003) byla vypočtena pravděpodobnost výskytu tornáda o intenzitě F1 na přibližně šest výskytů za 10 000 let a pravděpodobnost výskytu tornáda o síle F2 na cca pět výskytů za 1000 000 let (Horák a kol., 2014). Uvedené klimatické procesy následně ovlivňují či podněcují geomorfologické procesy a formování reliéfu. Studovaná lokalita, ani území České republiky, nepatří mezi globálně ohrožené oblasti, přesto nemohou být výše zmíněné geomorfologické procesy podceňovány. Monitorování geomorfologických procesů má rozhodující význam při výstavbě a provozu jaderných zařízení, přehrad a podobných staveb (Demek, Kalvoda, 1991).

Při výběru oblasti pro umístění jaderného zařízení je nutné provést geologické, seismologické a geomorfologické výzkumy, které potvrdí nebo vyvrátí vhodnost výběru lokality pro výstavbu jaderné elektrárny. Tab. 1 popisuje geomorfologická kritéria, která vylučují nebo podmíněčně vylučují oblasti, v nichž se objevují popsání geomorfologické procesy a jevy. Analýzou geomorfologických procesů a jevů v georeliéfu se získávají údaje o geologické stavbě oblasti, procesech v zemské kůře, změnách klimatu a dopadech antropogenní činnosti. Výsledky analýzy odhalují údaje o

rychlosti eroze, hodnotách současných tektonických zdvihů či poklesů a o katastrofických jevech v geologické minulosti. Vedle geomorfologických analýz současných tektonických pohybů, které určují jejich průběh v časovém období několik tisících let, se používá i přímé měření endogenní aktivity zemské kůry, které poskytuje informace o sledovaných pochodech pouze v období několika desítek let (Demek, Kalvoda, 1991).

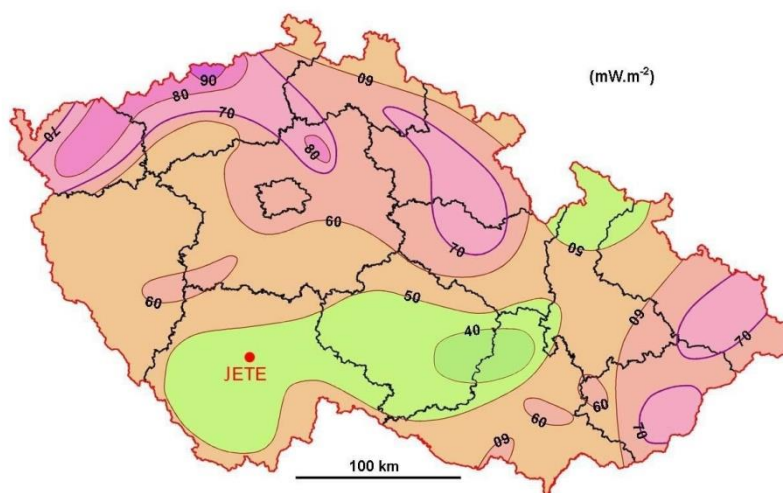
Tab. 1 – Základní geomorfologická kritéria, vylučující či podmíněně vylučující, výstavbu jaderně energetického zařízení v zájmovém území (Demek, Kalvoda, 1991)

Reliéfovorné procesy a jevy:		
endogenního původu	exogenního původu	antropogenního původu
<ul style="list-style-type: none"> • kvartérní vulkanická a postvulkanická činnost • bahenní sopky • výrony plynů a minerálních vod • kvartérní seismogenní tvary • morfofotektonicky prokázané pohyby na zlomech opakované v kvartéru nebo nejméně jednou za posledních 35 000 let • deformace zarovnaných povrchů • změny říční sítě v kvartéru • deformace kvartérních říčních teras • území s vysokou členitostí a sklony svahů 	<ul style="list-style-type: none"> • svahové pohyby, především sesuvy, skalní řízení a hlubinné ploužení • ztekucování, bobtnání a prosedání hornin či zemin • vytlačování měkkých zemin a hornin • bahenní a blokově bahenní proudy • povrchy s mocnými pokryvy zvětralin a nerovnou bazální zvětrávací plochou • zatápěná a zbahnělá území • krasová území s četnými krasovými jevy • území s vysokou členitostí a sklony svahů 	<ul style="list-style-type: none"> • poddolovaná území • území deformacemi při těžbě a skladování plynu, ropy a vody

Přírodní ohrožení lze rozdělit podle příčin vzniku na endogenní, exogenní a antropogenní reliéfovorné procesy. Výstavba jaderných zařízení je nemožná, nebo podmíněčně možná v oblastech reliéfovorných procesů endogenního původu v podobě vulkanické a post-vulkanické aktivity, výskytu bahenních sopek, v oblastech s přítomností výronů plynů a minerálních vod nebo v oblastech vázaných na zlomy, které byly aktivní v kvartéru. Nevhodná jsou území postižená deformací zarovnaných povrchů a změnou říční sítě či říčních teras v kvartéru. Nemožná je výstavba v území s vysokou členitostí a sklony svahů. Mezi přírodní ohrožení exogenního původu patří především sesuvy půdy, plazivé pohyby, bahenní a blokově bahenní proudy. Z antropogenních geomorfologických činitelů vylučujících umístění jaderné elektrárny to jsou zejména poddolovaná území a území s podzemními zásobníky plynu, ropy nebo vody (Kalvoda, Demek, 1991.).

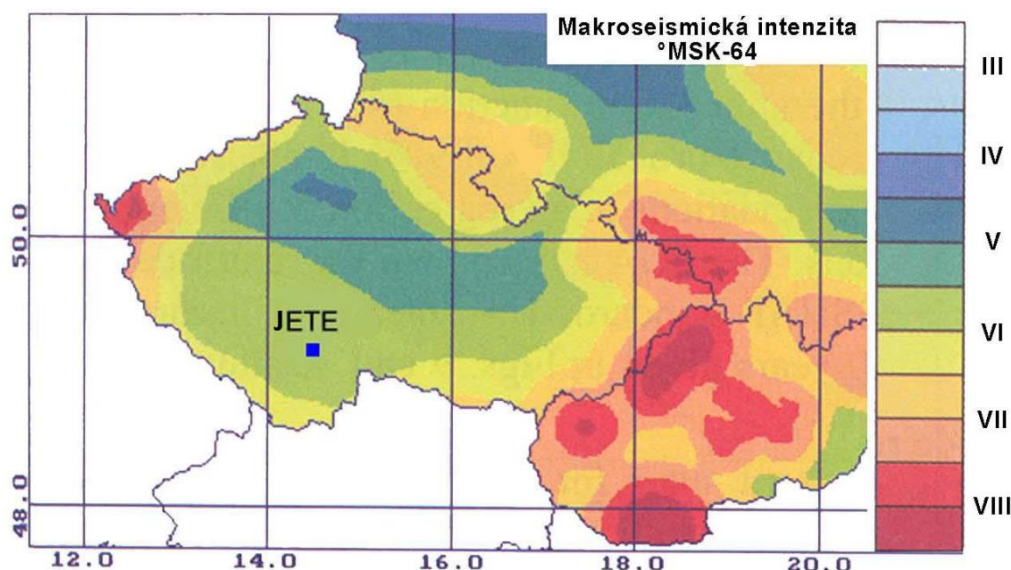
Mezi potenciální přírodní ohrožení endogenního původu pro lokalitu JETE patří nedávná vulkanická a postvulkanická činnost spolu se seismickými procesy. Zjevné projevy nedávné vulkanické a postvulkanické činnosti se vyskytují ve dvou oblastech, nacházejících se v západních a severozápadních Čechách a v Nížkém Jeseníku (Kopecký, 1987). To mimo jiné potvrzují hodnoty tepelného toku na území ČR (Obr. 9). V lokalitě JETE dosahuje tepelný tok $40 - 50 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$. Na území lokality JETE nejsou známy žádné výskyt vulkanických hornin terciárního a kvartérního staří, zároveň nebyly zjištěny žádné indikátory postvulkanické činnosti, včetně recentních vývěřů termálních vod. Dle mapy minerálních vod ČSSR se v lokalitě JETE nevyskytují zdroje minerálních vod (Franco, Kolářová, 1985).

Obr. 9 – Rozložení tepelného toku v ČR (Horák a kol., 2014)



Přestože území České republiky nepatří mezi území s vysokým stupněm seismického ohrožení, je důležité provádět v rámci prevence škod seismické analýzy v okolí významných národohospodářských staveb, jakými jsou například jaderné elektrárny či vodní nádrže. U těchto staveb je nutné brát v úvahu nejen vliv ohniskových oblastí, obklopujících lokalitu do vzdálenosti cca 200 – 300 km, ale i vliv místních ohnisek v jejich blízkosti (Horák a kol., 2014). Při seismických analýzách se určují dvě úrovně seismického ohrožení – projektové (PZ) a maximální výpočtové zemětřesení (MVZ). Projektové zemětřesení se zabývá zemětřesením o průměrné periodě opakovatelnosti 100 let, udávaném ve stupních makroseismické intenzity zemětřesení a souborem akceleroogramů pohybu půdy. Maximální výpočtové zemětřesení se liší od projektového pouze v délce období - průměrná opakovatelnost činí 10 000 let (Schenkova a kol., 1983). V oblasti jižních Čech byly v intervalu posledních 500 let pozorovány účinky zemětřesení maximálně 4° MSK-64, výjimku tvoří Českobudějovická pánev, kde účinky zemětřesení dosáhly hodnoty 5° MSK-64. Následným výzkumem byla stanovena makroseismická intenzita maximálního výpočtového zemětřesení na 6° MSK-64 a hodnota projektového zemětřesení na 5° MSK-64 (Šimůnek a kol., 1995b). Nejvíce seismicky aktivní oblastí České republiky je území mezi Kraslicemi a Aší v západních Čechách, kde se vyskytují typické zemětřesné roje, které mohou trvat až jeden rok, například v roce 1901 a 1903. Intenzita v této oblasti ale nikdy nepřesáhla hodnoty 6° MSK – 64. Slabé otřesy jsou patrné v oblasti Českého lesa a Šumavy, které zpravidla nepřesahují hodnotu 5° MSK – 64. Jedinou výjimku tvoří otřes v roce 1902 u Přimdy o intenzitě 6° MSK-64. Pravděpodobně nejsilnější zemětřesení s ohniskem v České republice o intenzitě 7° MSK-64 se vyskytlo v roce 10.1.1901 v oblasti mezi Trutnovem a Náchodem. V této oblasti vzniklo ještě jedno významné zemětřesení v roce 1883 v údolí Úpy o intenzitě 6 – 7° MSK-64. Poslední zaznamenané zemětřesení v této oblasti proběhlo 12.11.1979 o intenzitě 5° MSK – 64. Další oblastí, kde se v minulosti vyskytlo zemětřesení, je oblast Jeseníků. V roce 1935 u obce Ramzové vzniklo zemětřesení o intenzitě 5 – 6° MSK-64. Poslední oblastí je okolí Opavy, kde v roce 1931 vznikl otřes o intenzitě 6° MSK – 64 (Schenkova a kol., 1983). Rozložení ohnisek zemětřesení v České republice a jeho nejbližšího okolí (Obr. 10) potvrzuje seismotektonické vztahy zejména v západním cípu Krušných hor a v pásu Jeseníky - Krkonoše (Schenkova a kol., 1983).

Obr. 10 – Seismická zátěž území ČR (Horák a kol., 2014)



Pro hodnocení seismické odolnosti stavebních konstrukcí a technologického zařízení JETE byly přijaty na doporučení IAEA hodnoty $MVZ = 7^\circ MSK-64$ a $PZ = 6^\circ MSK-64$. Na základě výzkumů lze konstatovat, že JETE není vystavena seismickému zatížení v úrovni MVZ, které by narušovalo mezní hodnoty dané vylučujícím kritériem dle § 4 odst. e.), ani podmíněčně vylučujícím kritériem dle § 5 odstavec c.) vyhlášky č.215/1997 Sb. (Vyhláška, 2015).

Z hlediska exogenních geomorfologických procesů představují pro oblast JETE potenciální přírodní ohrožení svahové deformace, vodní eroze, možný výskyt povodní a větrná eroze. Svahové deformace jsou nebezpečné zejména v oblastech zástavby nebo v okolí pozemních komunikací. Sesuvy, skalní řícení a hlubinné ploužení se v České republice vyskytují v oblasti severozápadních Čech a na jižní Moravě. V oblasti studovaného území JETE nebyly v minulosti zaznamenány žádné katastrofické sesuvy půdy. Analýza topografických podkladů a výsledků terénní rekognoskace terénu nepotvrdila přítomnost potenciálně nebezpečného svahu ve studované oblasti JETE. Přírodní svahy, které jsou pokryty 2 – 3 metry mocnými svahovými sedimenty mají střední až vysoké hodnoty úhlu tření a nejsou citlivé na změny přirozené vlhkosti. Plocha staveniště je dobře drénována, z toho vyplývá závěr, že fyzikálně-mechanické vlastnosti zemin spolu s dobrou drenáží kvartérního pokryvu významným způsobem omezují náchylnost svahů k sesouvání. Rovněž byla vyloučena možnost vzniku kerných sesuvů či plastického vytlačování podloží. (Horák a kol., 2014). Vodní eroze

představuje z hlediska ochrany životního prostředí významné geomorfologické ohrožení. Destruktivní jevy vodní eroze jsou způsobeny extrémními srážkami či táním sněhové pokrývky. Do extrémních klimatických projevů patří i ohrožení povodněmi (Hrádek a kol., 1997). V České republice patří mezi nejnebezpečnější přírodní ohrožení. Při historicky největší zaznamenané povodni v roce 2002 byly průtoky vody vyhodnoceny jsou Q_{500} v profilu VD Hněvkovice a $Q_{500-1000}$ v profilu VD Kořensko. Areál Čerpací stanice surové vody Hněvkovice (ČSH) nebyl postižen a čerpání vody pro JETE bylo funkční. Voda částečně vnikla do areálu Budovy uzávěrů a měření (BUM), což mělo za následek odstavení malé vodní elektrárny. Vypouštění odpadních vod však zůstalo zachováno. Z hlediska protipovodňového opatření byla uvažována i teoretická možnost protrhnutí hráze Lipna. Tato povodeň zaplaví ČHS a BUM, což bude vyžadovat odstavení a dochlazení jaderných bloků JETE. Proto se přikročilo k projektovým opatřením, které zajistí potřebné zásoby vody na odstavení a dochlazení bloků JETE po dobu minimálně 30 dní (Horák a kol., 2014).

Ohrožení větrnou erozí platí pro celou Českou republiku, včetně studované lokality JETE. Přestože větrná eroze nepatří k nejvýraznějším ohrožením, může při příznivých podmínkách ve velké míře ovlivnit životní prostředí. V zarovnaném povrchu i svazích Písecké pahorkatiny působí pouze v období zimy a jara, kdy je povrch půd zamrzlý a bez vegetace. Po skončení zimního období je půda suchá a na jejím povrchu se vyskytuje snadno se oddělující materiál, který silný nárazový vítr odnáší do různých vzdáleností. Větrná eroze se často spojuje s extrémními projevy počasí, jakými jsou vichřice nebo větrné smrště, způsobující vážné škody na budovách, průmyslových zařízeních a lesních porostech (Holý, 1994).

5 Diskuze

Okolí jaderné elektrárny Temelín a oblast kaňonovitého údolí Vltavy mezi Hlubokou nad Vltavou a Týnem nad Vltavou pokládá Klečka (1988) za významné území, sloužící pro pochopení tektonického vývoje střední části moldanubika. Písecká pahorkatina se stala výstavbou jaderné elektrárny Temelín důležitou oblastí pro výzkum nejen geomorfologických procesů, ale i ostatních analýz, mající za cíl bezpečný provoz jaderného zařízení a ochranu životního prostředí před havárií jaderné elektrárny.

Geomorfologickým poměrům okolí studovaného území se jako první, ve své obsáhlé diplomové práci, věnovala Mazáčová (1962), jejíž výzkum se v následujících letech stal základem pro práce ostatních odborníků, věnující se říčním terasám a geomorfologickému vývoji studované oblasti. Analýzou říčních teras mezi Hlubokou nad Vltavou a Týnem nad Vltavou navázali na zmíněný výzkum Chábera a Novák (1976). Poznatky o geomorfologickém vývoji studované oblasti rozšířil Kalvoda a kol. (1989) prací o morfostrukturních rysech v lokalitě JETE, která obsahuje mimo jiné schéma členění reliéfu lokality výstavby JETE s vyznačenými areály s různými kategoriemi výskytu morfostrukturních tvarů. Nejdůležitějšími oblastmi jsou areály 1. kategorie, kde autoři doporučují provést podrobnou terénní analýzu povrchových tvarů s následnou regionální interpretací zjištěných údajů, které by blíže stanovily charakteristické projevy kvartérní dynamiky povrchové části zemské kůry v lokalitě výstavby JETE. Tento úkol měl být diskutován v morfostrukturní analýze a genezi reliéfu zájmového území (Balatka a kol., 1990), avšak vzhledem k úmrtí druhého řešitele úkolu, nebylo možné úkol splnit. Dalšími zprávami, které se zabývají geomorfologickou situací v lokalitě JETE jsou geomorfologické mapové studie jednotlivých mapových listů základních map: Protivín (Czudek a kol., 1993) a Zliv (Demek a kol., 1994) a geomorfologické analýzy z hlediska morfostrukturní stability území listu Týn nad Vltavou (Příbyl, 1993) a Březí u Týna nad Vltavou (Balatka, 1993). Syntézu několika předchozích prací provedl Balatka s Příbylem (1996) ve své práci, týkající se geomorfologického vývoje Písecké pahorkatiny. Seismickým projevům a ohrožení se věnují převážně práce Schenkové a kol. (1983), kteří ve svých výzkumech vypracovali podrobný výčet charakteristik seismického ohrožení pro Českou republiku i studovanou oblast. Další významnou prací je charakteristika tektonických poměrů a seismického ohrožení lokality JETE zpracovaná Šimůnkem a kol. (1995a,b).

Lokalita JETE se nachází v nejhomogennější oblasti Středočeské pahorkatiny, kde je tvořena rozsáhlými zarovnanými povrchy o různé nadmořské výšce s hluboce zaříznutými údolími Vltavy, Otavy a Lužnice, které se nachází v neotektonických prohybových zónách. Terasový systém Vltavy spolu s tektonicky omezenými svahy slouží k pochopení svrchnopliocénní a pleistocénní tektoniky v lokalitě JETE. Neporušenost průběhu terasových stupňů od mindelu po würm a vyrovnanost fluviální sítě svědčí o tektonickém klidu a bezzlomovém vývoji tohoto území během posledních několika set tisíc let (Šimůnek a kol., 1995a). Z hlediska endogenních procesů ovlivňuje lokalitu JETE především tektonická a seismická činnost. Na základě morfostrukturních a geomorfologických analýz byla identifikována síť zlomových systémů s potenciální možností posunu (Švancara a kol., 2010). Z výzkumu vyplývá, že tektonická aktivita zkoumaných zlomů byla v minulosti nízká. Tuto domněnku potvrzuje i fakt, že dosud nebyly nalezeny žádné geologické ani geomorfologické důkazy o pohybech na zlomech od období pleistocénu. Pro charakteristiku seismického ohrožení lokality JETE byla na základě historických i instrumentálních dat vypočítána makroseismická intenzita maximálního výpočtového zemětřesení (MVZ) na 6° MSK-64 a projektové zemětřesení (PZ) na 5° MSK-64 (Šimůnek a kol., 1995b). Na základě doporučení IAEA bylo přijato hodnocení seismické odolnosti pro JETE, které stanovuje hodnotu $MVZ = 7^\circ$ MSK-64 a $PZ = 6^\circ$ MSK-64 (Horák a kol. 2014).

Mezi exogenní procesy, ohrožující studovanou oblast JETE, patří vodní a větrná eroze spolu se svahovými procesy. Nejaktivnějším procesem je vodní eroze, včetně činnosti ronů, který působí celoročně. Vodní erozi způsobují extrémní srážky či tání sněhové pokrývky. Činnost větrné eroze či deflace je omezena na zimní a jarní období, kdy je zemský povrch zamrzlý a není chráněn vegetací. Při extrémních meteorologických jevech může větrná eroze způsobit nemalé škody. Svahové procesy probíhají na tektonicky podmíněných svazích a v zaříznutých údolích vodních toků. Dosud nebyl monitorován žádný katastrofický sesuv nebo řícení. Staveniště JETE je proti svahovým sesuvům chráněno drenáží kvartérního pokryvu. Byl vyloučen i vznik kerných sesuvů.

6 Závěr

V rámci zajištění bezpečnosti provozu JETE je nezbytně nutné důsledně sledovat a vyhodnocovat rizikové situace a tím pádem předcházet havarijnímu stavu jaderného zařízení. Z geomorfologického hlediska se jedná konkrétně o prohlubování poznatků o jednotlivých geomorfologických procesech, které probíhají v oblasti JETE s následným zkoumáním možného vlivu těchto procesů na provoz elektrárny.

Na základě mezinárodních i národních předpisů a doporučení platí spolu s geologickými a seismologickými kritérii také geomorfologická kritéria, která vylučují či podmíněčně vylučují výstavbu jaderného zařízení ve smyslu převažujících příčin jejich výskytu ve sledovaném území. Výstavba takového zařízení by měla být vyloučena z oblastí s kvartérní vulkanickou a postvulkanickou činností, dále z oblastí s výskytem bahenních sopek či výronů plynů a minerálních vod nebo z oblastí s kvartérními seismogenními tvary, které naznačují přítomnost aktivních zlomů v zemské kůře. Dalšími nevhodnými oblastmi jsou území s výskytem zlomových svahů, s deformací zarovnaných povrchů či s deformacemi kvartérních říčních teras. Vyloučené jsou i oblasti se svahovými pohyby, především s výskytem sesuvů, skalního řízení a hlubinného ploužení nebo oblasti, kde hrozí riziko ztekucování, bobtnání a prosedání hornin či zemin. Dalšími nepovolenými reliéfovými procesy jsou bahenní a blokové bahenní proudy, povrchy s mocnými pokryvy zvětralin, zatopená a zbahnělá území, krasová území a v neposlední řadě území s vysokou členitostí a sklony svahů. V neposlední řadě je nutné věnovat pozornost pomalým exogenním pochodům, neboť mohou pod vlivem různých vnitřních či vnějších podnětů vést až ke katastrofickým jevům. Výzkum současné dynamiky zemské kůry poskytuje podklady pro volbu opatření pro maximální bezpečnost provozu jaderného zařízení (Demek, Kalvoda, 1991).

Z výsledků paleoseismologických výzkumů vyplývá, že na zlomech v lokalitě JETE nedošlo k tektonickému posunu přinejmenším v průběhu posledních 22 000 let (Šimůnek a kol., 1995 b). To ovšem neznamená, že by se mělo seismické ohrožení lokality podceňovat. Sledování geodynamických pochodů a vlivu geomorfologických procesů na přírodní prostředí JETE je žádoucí pro bezpečný provoz JETE. Pro prohloubení poznatků o geomorfologických procesech v lokalitě JETE by bylo vhodné zmapovat vybrané areály, stanovené Kalvodou a kol. (1989) a zaměřit budoucí práce na výzkum před-neogenní fluviální sítě. Do dnešní doby existuje pouze určitá představa o

tzv. neogenním jezeře, jehož přítoky ze severního směru pravděpodobně vytvořily část koryta dnešní řeky Vltavy. Získané informace by přispěly k přesnějšímu popisu vývoje studované oblasti.

7 Přehled použité literatury a zdrojů

BALATKA, B. (1990): Morfostrukturní analýza a geneze reliéfu zájmového území lokality JE Temelín. Výzkumná zpráva DÚ II-6-2/07. Geografický ústav ČSAV, Praha, 46 s.

BALATKA, B. (1993): Geomorfologická analýza oblasti jaderné elektrárny Temelín z hlediska morfostrukturní stability. Výzkumná zpráva o řešení 1. Etapy úkolu 248/93 na území základní mapy 1:25 000 list 22-441 Březí nad Vltavou. Přírodovědecká fakulta Univerzita Karlovy v Praze, Katedra fyzické geografie a geoekologie, 33 s., + přílohy.

BALATKA, B., PŘIBYL, V. (1996): Synthesis of the geomorphological development in the southern part of the Písecká pahorkatina (Hilly land). Acta Universitatis Carolinae, Geographica, 2, s. 97 – 113.

BALATKA, B., PŘIBYL, V. (1999): Geomorfologické poměry západní části Lišovského prahu a přilehlé části Blatské pánve. Acta Universitatis Carolinae, Geographica, 32, 2, Univerzita Karlova v Praze, Praha, s. 15-30.

BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Praha, Kartografie Praha, 79 s.

BELL, F. (2002): Geological hazards: Their assessment, avoidance and mitigation. E&FN Spon an Imprint of Routledge, 2.edition, London, 656 s.

BLAHŮT, J., KLIMEŠ, J. (2011): Příspěvek k české terminologii ve studiu rizik ze svahových deformací. Geografie, 116, 1, s. 79 – 90.

BUDAY, T. a kol. (1960): Tektonický vývoj Československa. Ústřední ústav geologický, ČSAV, Praha, 254 s.

BUCHA, V., BLÍŽKOVSKÝ, M. a kol. (1994): Crustal Structure of the Bohemian Massif and the West Carpathians. Academia. Praha. 331 s.

Česká geologická služba. [online] [cit. 2015-7-22]. Dostupné z www: <http://www.geofond.cz/mapsphere/MapWin.aspx?M_WizID=24&M_Site=geofond&M_Lang=cs>

ČEZ. [cit. 2015-7-22]. Dostupné z www:< <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez/ete/historie-a-soucasnost.html>>

CZUDEK, T. a kol. (1993): Geomorfologická mapová studie listu základní mapy 1:25 000 22-432 Protivín. Univerzita Palackého v Olomouci, 13 s.

DECKER, K., HOMOLOVÁ, D., PORPACZY, C. (2011): Paleoseismology of Temelin's Near-Regional Faults, Final report, part 1. University of Vienna, Department of Geodynamics and Sedimentology, Vienna, 185 s.

DĚDINA, V. (1930): Přírodní povaha Československa a morfologický vývoj Českého masivu. Československá vlastivěda, I. Příroda, Praha, s. 14- 46.

DEMEK, J. (1988): Obecná geomorfologie. ČSAV, Praha, 476 s.

DEMEK J., KALVODA J. (1991a): Kritéria geomorfologického hodnocení lokalit výstavby a provozu jaderně energetických zařízení. Životné prostredie, Bratislava, s. 313 – 315.

DEMEK, J. a kol. (1994): Geomorfologická mapová studie listu základní mapy 1:25 000 (Hluboká nad Vltavou) 22-443. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, 14 s.

DEMEK, J. a kol. (2006): Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2. vyd., Brno, 582 s

DOSTÁL, T. (1996): Vodní eroze, účelová publikace ČVUT, BOKU, Praha, Wien,

FRANCO, O., KOLÁŘOVÁ M. (1985): Vysvětlivky k mapě minerálních vod ČSSR 1:500 000. Geologický ústav dionýza štúra, Bratislava, 25 s.

HOLÝ, M. (1994): Eroze a životní prostředí, Vydavatelství ČVUT Praha, s. 241 – 274.

HORÁK, B. a kol. (2014): Zadávací bezpečnostní zpráva pro nový jaderný zdroj 3. a 4. blok v lokalitě Temelín. Zadávací bezpečnostní zpráva pro nový jaderný zdroj 3. a 4. blok v lokalitě Temelín, ČEZ, 1096 s.

HRÁDEK M. a kol. (1997): Czechia and Slovakia. In: C.&C. (eds.): Geomorphological hazards of Europe. Emleto, Elsevier, Amsterdam, s. 61 – 90.

- CHÁBERA, S. (1965): Příspěvek k poznání teras Vltavy a Malše v Českobudějovické pánvi. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích Přírodní vědy, V, 1, s. 3 – 18.
- CHÁBERA S., NOVÁK V. (1976): Terasy Vltavy mezi Hlubokou nad Vltavou a Týnem nad Vltavou. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy, 16, 1, 1-10.
- CHLUPÁČ, I. a kol. (2002): Geologická minulost České Republiky. Academia Praha, 436s.
- IAEA (1985): Application of Microearthquake Surveys in Nuclear Power Plant Siting, Technical document, TECDOC-343. Vienna, 39 s.
- IAEA (2003): Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Powre Plants. Safety Guide, Safety Standards Series No. NS-G-3.4. Vienna, 39 s.
- KALVODA, J. a kol. (1989): Morfotektonické rysy lokality výstavby jaderné elektrárny Temelín. Výzkumná zpráva. Ústav geologie a geotechniky ČSAV, Praha, 89 s. + 1. příloha.
- KALVODA, J., DEMEK, J. (1991): Geomorfologická specifika vybraných lokalit jaderných elektráren v ČSFR. Životné prostredie, roč. 25, č. 6, Bratislava, s. 300 – 305.
- KALVODA, J., BÁBEK, O., BRZOBOHATÝ, R. (1998): Historická geologie. Univerzita Palackého v Olomouci, 199 s.
- KLEČKA, M. a kol.(1988): Tektonika střední části Českého moldanubika v širším okolí JE Temelín. MS Ústav geologie a geotechniky ČSAV, Praha, 78 s. + 12 příloh.
- KOPECKÝ, L. (1987): Mladý vulkanismus Českého masivu (strukturně geologická a vulkanická studie). Geologie a hydrometalurgie uranu, 11, 3, s. 30 – 67.
- KŘÍŽEK, M. (2007): Zemětřesení na území České republiky. Geografické rozhledy ,2, s. 4 -5.
- KUNSKÝ, J. (1974): Československo fyzicky zeměpisné. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1. vyd. 251 s.
- MACHART, J. (1987): Nová regionální mylonitová zóna v moldanubiku jižních Čech. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy, 27, s. 67 – 71.

- MALKOVSKÝ, M. (1979): Tektogeneze platformního pokryvu Českého masivu. Ústřední ústav geologický v Akademii, 176 s.
- MAZÁČOVÁ, K. (1962): Geomorfologická mapa a mapa základových půd M – 33 – 101 – B- d Týn nad Vltavou. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 343 s.
- MAZÁČOVÁ, K. a kol. (1963): Geomorfologický vývoj oblasti Týna nad Vltavou. Sborník Československé společnosti zeměpisné, č.4, svazek 68, s.317-327.
- MOSCHELESOVÁ, J. (1930): Vlnité pohyby o velké amplitudě v Jižních Čechách. Sborník Československé společnosti zeměpisné. 36, 1, s. 155-158.
- NEMČOK, A., PAŠEK, J., RYBÁŘ, J. (1974): Dělení svahových pohybů. Sbomík geologických věd, Hydrogeologie a inženýrská geologie, Praha, s. 77 – 93.
- PISKAČ, J., ŠIMŮNEK, P., PRACHAŘ I. (2006) : Jaderná elektrárna Temelín, SVJP v lokalitě JE Temelín, Doplnující inženýrsko-geologický průzkum. Závěrečná zpráva, Energoprůzkum Praha s.r.o., 19 s.
- PRACHAŘ, I. a kol. (2010): NJZ v lokalitě JE Temelín. Ústav jaderného výzkumu Řež a.s. – divize Energoprojekt Praha. 28 s.
- PŘIBYL, V. (1993): Geomorfologická analýza území listu 22-423 Týn nad Vltavou základní mapy 1:25 000 v hlediska morfostrukturní stability. Výzkumná zpráva o řešení úkolu HS 248/93. Přírodovědecká fakulta University Karlovy v Praze, 24 s. + přílohy.
- QUITT E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Academia, Studia Geographica 16, GÚ ČSAV, Brno, 73 s.
- SCHENKOVÁ, Z. a kol. (1983): Studium zemětřeseného ohrožení v Československu. Československý časopis pro fyziku, A, 33, s. 496 – 504.
- ŠERÁK, M. (1982): JE-jihní Čechy – Temelín. Zpráva o inženýrsko-geologických poměrech zařízení staveniště u obce Temelínek. MS Energoprojekt Praha, Praha, 10 s.
- ŠIMŮNEK, P. a kol. (1995a): Lokalita výstavby JE Temelín, část A – tektonika. Energoprůzkum Praha spol. s r.o., 152 s.
- ŠIMŮNEK, P. a kol. (1995b): Lokality výstavby JE Temelín, část B – seismické ohrožení. Energoprůzkum Praha spol. s r.o., 156 s.

SMITH, K., PETLEY, D. (2008): Environmental hazards. Assessing risk and reducing disaster. Routledge, 5.edition, New York, 383 s.

ŠPAČEK, P. a kol. (2010): Paleoseismické vyhodnocení průzkumu zlomových struktur v okolí JE Temelín. Závěrečná zpráva o řešení zakázky ve výzkumu a vývoji. MS Ústav fyziky Země MU Brno, Energoprůzkum Praha spol. s r.o., Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, Praha, 284 s.

ŠVANCARA, J. a kol. (2010): Detailní seismické rajónování. Komplexní vyhodnocení seismotektonických, gravimetrických a geologických dat, Zpráva č. 8 za roky 2007, 2008 a 2009. MS Ústav fyziky Země Masarykovy univerzity. Brno.

TOMÁŠEK, M. (1995): Atlas půd České republiky. Český geologický ústav, Praha, 36 s. + 42 příloh.

VARNES, D. (1984): Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. United nations educational, scientific and cultural organization, Paris, 63 s.

VUMOP – Příručka ochrany proti erozi vody. [online] [cit. 2015-8-2]. Dostupné z www: <http://www.vumop.cz/sites/File/prirucka_eroze.pdf>

VYSKOČIL, P. (1993): Recentní tektonika v oblasti České republiky v souvislostech s dynamikou Evropy. Dizertační práce. VÚGTK, Zdiby, 178 s.

Vyhláška úřadu pro jadernou bezpečnost 215/1997 Sb. O kritériích na umístění jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření., dostupné z www:<http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlaskey/3_215_1997_Sb.pdf>

World nuclear association. [online] [cit. 2015-8-10]. Dostupné z www:<<http://www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requirements/>>

ZEMAN, A., DEMEK, J. (1984): Kvartér. Geologie a geomorfologie. SPN, Praha, 192 s.

8 Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 – Správní začlenění JETE.....	9
Obr. 2 – Morfochronologická pozice tvarů reliéfu.....	19
Obr. 3 – Vybrané povrchové tvary zájmové oblasti JETE	20
Obr. 4 – Pohled na jihozápadní uzávěr bohunické pánvičky.....	25
Obr. 5 – Pohled na „přímočaré“ svahy západního okraje Temelínské pahorkatiny	26
Obr. 6 – Schematická mapa tektonických zlomů ve studované lokalitě JETE.....	34
Obr. 7 – Ohniska historických zemětřesení ve střední Evropě v období 1200-2010	35
Obr. 8 – Potenciální ohrožení lokality JETE větrnou erozí.....	37
Obr. 9 – Rozložení tepelného toku v ČR.....	40
Obr. 10 – Seismická zátěž území ČR	42
Tab. 1 – Základní geomorfologická kritéria, vylučující či podmíněčně vylučující, výstavbu jaderně energetického zařízení v zájmovém území.....	39