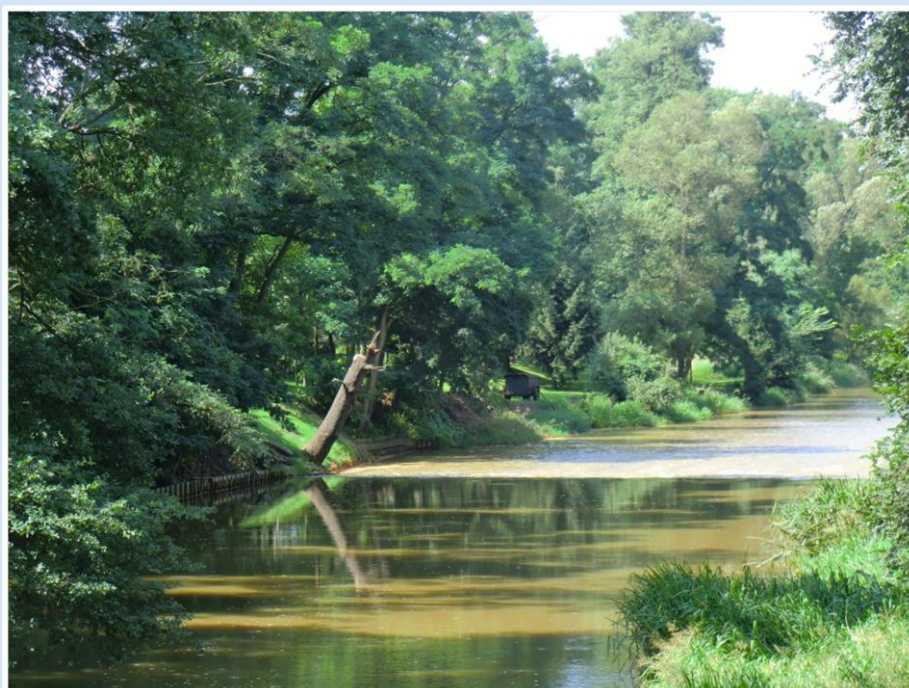


2019

Stručné shrnutí výsledků
dílního projektu v rámci
projektu Vita-Min

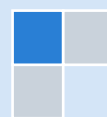
Vývoj metod v oblasti analýzy a plánování vodního režimu pro hornický region Východní Sasko – koncept pro vytvoření velkoprostorového modelu Lužice – (Dílní projekt 1.3)



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Úvod, kontext a vytčený cíl

Území Lužického hnědouhelného revíru je v mnoha směrech silně ovlivněno působením procesů souvisejících s aktivní těžební a rekultivační činností. Zvláště vodní režim je vystaven významným vlivům a změnám. Snižování hladiny spodní vody v dolech, opětovný přívod spodní vody a zatápění zbytkových jam po těžební činnosti působí velké výkyvy. Přírozeným zvyšováním hladiny spodní vody v dolech po ukončení těžby a přítokem vody z prostoru bývalých dolů dochází k vyplavování síranů a železa do vodních toků. Tento postupující nárůst hladiny spodní vody v hnědouhelném revíru Lužice stále zřetelněji svědčí o tom, že sledování proudění spodní vody a souvisejících procesů odděleně v jednotlivých povrchových dolech bez zohlednění vzájemného působení sousedních dolů, kde probíhá aktivní těžba a dolů již v procesu rekultivace, není postačující.

Hnědouhelný revír Lužice (Lausitz): rozkládá se na území od severovýchodu Saska po jihovýchod Brandenburska. Lokality s dosud aktivní těžbou hnědé uhlí jsou Nochten a Reichwalde v Sasku a Welzow-Süd a Jänschwalde v Brandenbursku. Rekultivační činnosti na tomto území ve zbytkových jamách již vznikla řada vodních ploch, např. Bärwalder See, Bernsteinsee nebo Olbasee.

Pro hornoprávní a vodoprávní plánování bylo pro hnědouhelný revír Lužice vytvořeno jedenáct nezávislých regionálních modelů. Míra aktuálnosti a detailního zpracování hydrogeologických a geometrických dat v modelech se liší. Pomocí těchto modelů nelze tak rozsáhlé, komplexní a vzájemně se překrývající procesy proudění vody a transportu látek, které probíhají na celém rozsáhlém území, dostatečně zobrazit. Proto je nutné vytvořit velkoprostorový model (GRM) pro celý hnědouhelný revír Lužice sledující následující cíle:

- Znázornění proudění spodní vody pro rozsáhlé území (velký prostor)
- Vypracování trendu vodního režimu spodní vody také s ohledem na probíhající klimatické změny (především dlouhá období sucha a dešťů)
- Prognózy vlastností železa a síranů na území celého revíru
- Prokázání a zhodnocení souslednosti, přiměřenosti a trvalé udržitelnosti krátko-, středně- a dlouhodobých opatření z hlediska jejich účinku na rozsáhlém území
- Odvození opatření opírajících se o model jakož i odůvodnění výjimek v souladu s Rámcovou směrnicí o vodách EU

Záměrem studie bylo vytvoření konceptu pro sdružený model vodního režimu a proudění spodní vody (GRM), který má být základem promodelování transportu látek na rozsáhlém území. Předmětem konceptu jsou především jednotlivé kroky vedoucí k vytvoření velkoprostorového modelu, ověření disponibility dat a modelů a také odhad pracovní a finanční náročnosti.

Metodika

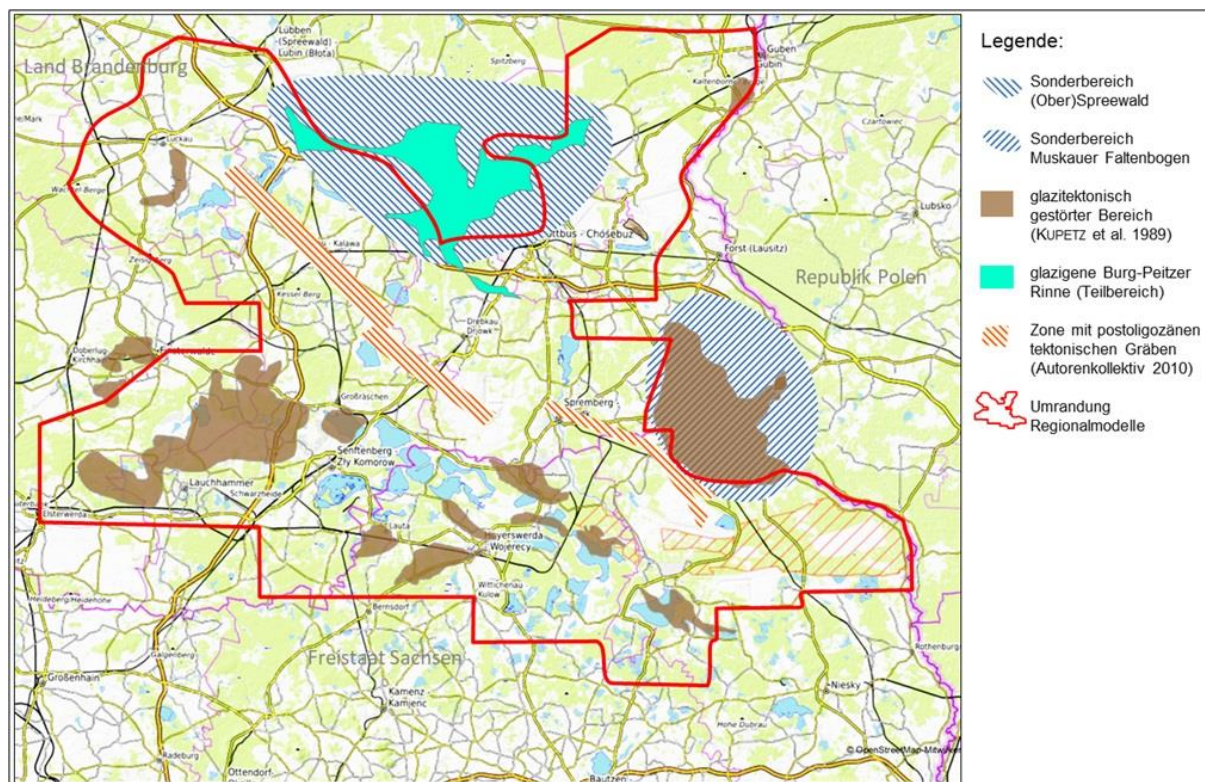
Vytvoření modelu pro velký prostor je velmi náročné a vyžaduje detailní koncepci pro realizaci a nastavení parametrů modelu a zároveň velké množství dat. První krok zahrnoval rešerši a hodnocení nutných podkladových dat v oblastech:

- Geologie a hydrogeologie
- Hydrologie
- Půda a užívání území
- Klima
- Geochemie a hydrochemie.

V rámci druhého kroku bylo na základě geodat a orientačně na základě regionálních modelů vymezeno zájmové území a vymezeny byly také různé speciální oblasti. Pro všechny okrajové specifické oblasti z pohledu hydrauliky, (hydro-)geologie, hydrochemie a hydrologie „Oberer Spreewald“ a „Muskauer Faltenbogen“ (viz obrázek 1) se navrhuje tyto oblasti v modelu prostorově zachovat, ale neparmetrizovat. Tyto oblasti jsou „neaktivní“, v případě potřeby je ale možné je parametrizovat a modelovat.

Podle stanoveného cíle velkoprostorového modelu je úkolem vytvořit propojený model zahrnující proudění spodní vody, vodní režim v půdě a transport látek, aby z něj bylo možné odvodit dlouhodobý vývoj množství a vlastností spodní a povrchové vody. Základ modelu tvoří model proudění spodní vody. V rámci třetího kroku byly za tím účelem zkoumány tři nejznámější a v hornictví nejosvědčenější modely proudění spodní vody MODFLOW, PCGEOFIM a FEFLOW ohledně konkrétních znaků/funkcí. Na základě matrice uzpůsobené pro modelování velkého prostoru regionů dotčených těžební činností byly stanoveny parametry modelů. Hodnotící kritéria se dělí do následujících oblastí:

- Preprocessing/ Parametrizace/ speciální mezní podmínky
- Numerika/ Kalibrace
- Postprocessing/ Uchovávání dat pro modelování
- Obecné



Obrázek 1: Poloha specifických zón a geologických specifik na území velkoprostorového modelu Lužice a obrýs regionálních modelů

Pro Model vodního režimu v půdě v Sasku byl využit model ArcEGMO. Tento model zohledňuje všechny procesy probíhající v rámci půdy-rostlin-atmosféry a poskytuje vznik spodní vody jako input/ vstup pro model proudění spodní vody. Pro potřeby simulace transportu látek ve vodních tocích musí v budoucnu dojít k propojení s dalším modelem (např. model prognózy síranů v Lužici).

Následně byla realizovatelnost konceptu ověřena testovacím modelováním v malém měřítku a následně byl dále přizpůsoben podmínkám. Pro provoz velkoprostorového modelu byly znázorněny různé varianty. Na tomto základě bylo možné odhadnout náklady na realizaci konceptu, na modelování obsáhlého území Lužice.

Pro vytvoření velkoprostorového modelu jsou principiálně potřebné následující kroky:

- Úprava/ zpracování dat
- Vytvoření geologického modelu a hydrogeologického 3D-modelu struktury
- Stanovení mezních podmínek
- Vytvoření modelu vodního režimu v půdě
- Regulace/výměna dat - tvorba spodní vody a stav hladiny spodní vody

Výsledky a diskuse

Z obsáhlého hodnocení datových podkladů vyplynulo, že všechny základní předpoklady pro vytvoření velkoprostorového modelu pro revír Lužice jsou splněny a situaci v oblasti dat je možno hodnotit jako velmi dobrou. Významné poznatky a výroky:

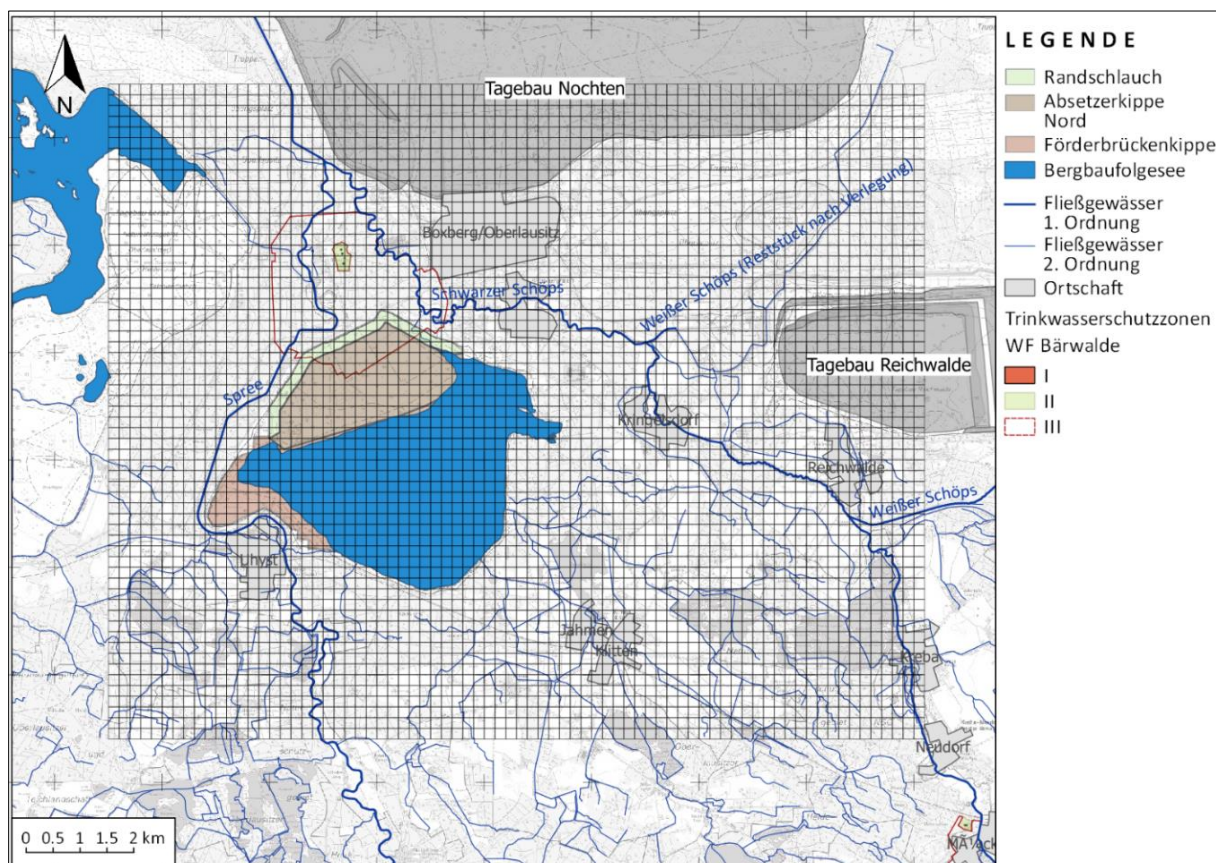
- Hydrogeologický 3D-model struktury je možné vytvořit z disponibilních geologických dat (LfULG, LEAG, LMBV)
- K dispozici jsou podstatné údaje o vlastnostech materiálů ze skrývek uložených v tělesech výsypek z let 1960-80
- Vlastnosti materiálů lze charakterizovat pomocí hydrochemických dat analytických programů společností LEAG a LMBV. Doplnit je lze daty Zemské soustavy měření
- Pro těžební činností ovlivněná a překrývající se území jsou k dispozici specifická data v podkladech o mapování obsahu výsypek a plánech rekultivací

Zvolené testovací území v oblasti jezera des Bärwalder See o rozloze 15 km x 12 km vykazuje veškerá specifika hnědouhelného revíru Lužice:

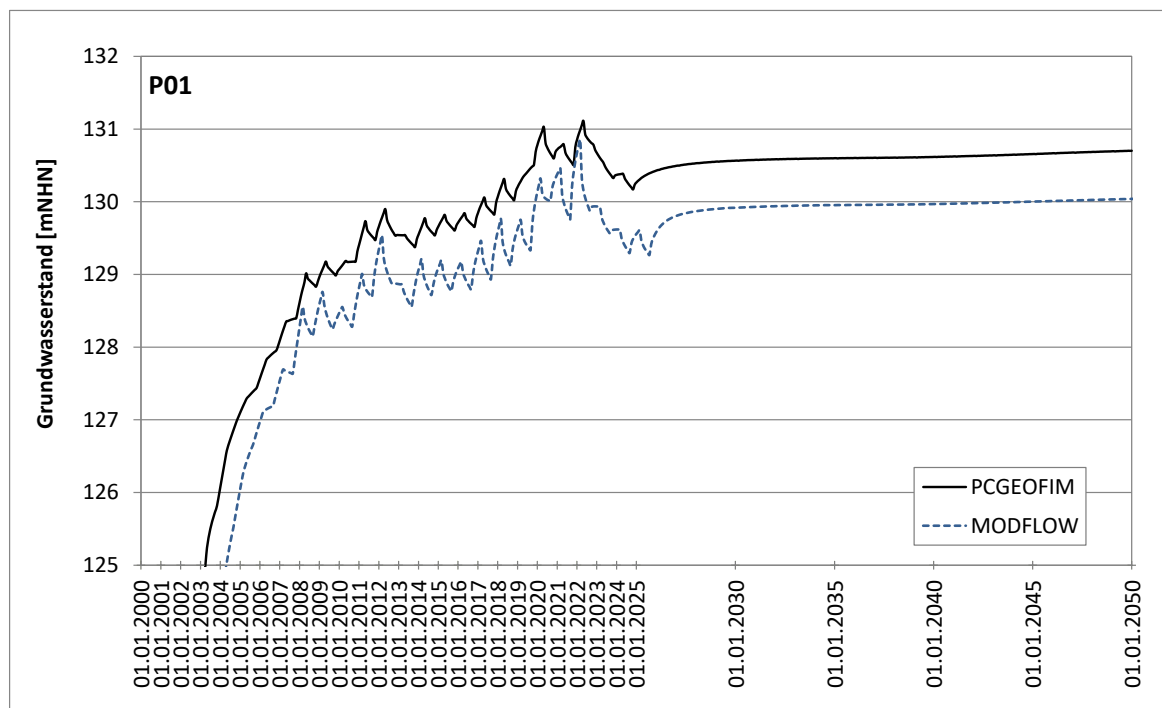
- Bývalý povrchový důl Bärwalde a aktivní povrchové doly Nochten a Reichwalde
- Vliv aktivních těžebních aktivit a rekultivací na povrchovou vodu
- Silné napojení na vodní toky
- Časově variabilní okrajové podmínky pro utváření výsypek a změnu kolmatáže Sprévy
- Výsypky, kvartérní struktury koryta a oblasti glacigenních poruch.

To velmi dobře reprezentuje požadavky na velkoprostorový model. Obrázek 2 znázorňuje rozlohu rastru pro testovací území s jeho zvláštnostmi. Kolem dokola bývalého povrchového dolu Bärwalde probíhá pět kanálů a také poruchy ve směru jihovýchod-severozápad. Glacigenní poruchy je třeba v modelu od „normálního“ území modelu odlišit. Zvolena byla horizontální diskretizace 200 m x 200 m a vertikální v rozsahu 11 vrstev modelu. Diskretizace se v rámci geologických a vzorově-výpočtových aspektech osvědčila. Pro velkoprostorový model bylo navrženo cca 20 vrstev modelu a horizontální diskretizace v rozsahu 200 m x 200 m.

Hydrogeologický model struktury vytvořený pro zkušební modelování byl použit ve všech třech modelech proudění spodní vody. Následně byly tyto tři modely porovnány. Obrázek 3 znázorňuje výsledné křivky hladiny spodní vody pro PCGEOFIM a MODFLOW.

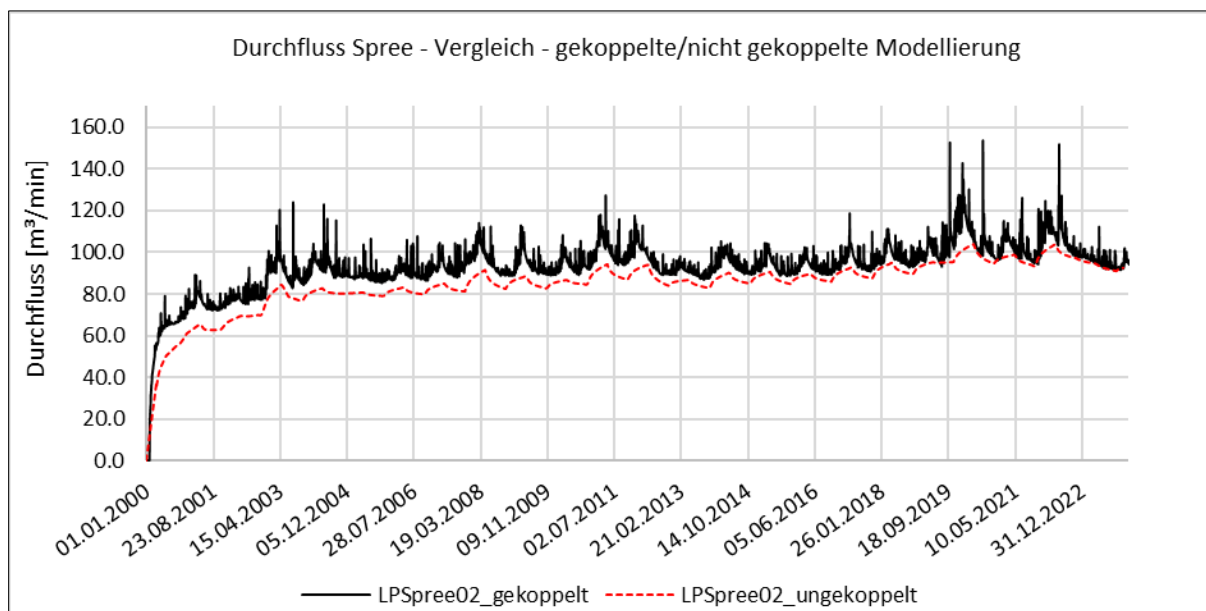


Obrázek 2: Testovací území jezera Bärwalder See se specifickými zónami



Obrázek 3: Porovnání hladiny spodní vody v nedalekém měřicím místě (jihovýchodně od jezera Bärwalder See)

Během zkušební modelování bylo testováno také online-propojení modelu proudění spodní vody a modelu vodního režimu v půdě v PCGEOFIM a také offline-propojení. Online-propojení modelu znázornilo vylepšené znázornění vzájemného účinku dynamiky spodní vody a vodního režimu v půdě. Toto je velkou výhodou zvláště v regionech s těžební činností, kde z důvodu opětovného zvyšování hladiny spodní vody dochází ke změně vzdálenosti hladiny spodní vody vůči zemskému povrchu. Na Obrázek 4 je znázorněn průtok v místě fiktivního vodočtu na řece Sprévě pro offline- a online-propojení. Pro offline-propojení pomocí ArcEGMO vypočtená tvorba spodní vody proměnná v čase (vypočtená předem) vede ke kolísání hladiny spodní vody na modelovém území a také k proměnlivým přítokům resp. úbytkům ve vodních tocích. Sledována je výhradně součást vody, která do vodního toku přitéká ze spodních vod a předmětem sledování je její kolísání v čase. V případě online-propojení je sekundárně zahrnuta rychlá součást odtoku. Odtok ve vodním toku se tedy zvýší a je možné znázornit kulminační okamžité průtoky. Závěrem tedy lze říci, že je třeba dát přednost modelování online propojení před offline-propojením.



Obrázek 4: Porovnání propojeného/nepropojeného modelování na základě hydrogramu řeky Sprévy

Na základě zkušební modelování se předem vytvořený koncept na vytvoření velkoprostorového modelu potvrdil a v několika bodech upřesnil. Bližší informace je možné vyčíst ze závěrečné zprávy.

Následně vytvořený koncept provozu zahrnuje různé varianty pro pozdější provoz velkoprostorového modelu. Zadavatelem zakázky budou buď těžební společnosti LMBV a/nebo LEAG resp. země Sasko a Brandenbursko. Pravidla pro financování a refinancování je třeba nastavit na základě smluv.

Shrnutí a výhled

I přes velmi dobrou situaci v oblasti dat musí přetrvat povědomí o tom, že je nutné data rozsáhle zpracovat, aby různé datové sady pro vytvoření modelu vůči sobě byly sladěny. Za tím účelem je potřeba různé druhy dat přizpůsobit a sladit, což bude různě náročné.

Zkušební modelování ukázalo, že vytvořený koncepční postup je pro velkoprostorový model realizovatelný. Podařilo se upřesnit znázornění vnitřních specifických oblastí (koryta, výsypky, glacigenní poruchy) a požadavky na software pro modelování chování spodní vody (především mezní podmínky a podstatná hydraulická tělesa), které je třeba formulovat. Aby bylo možné znázornit součást odtoku přitékající ze spodní vody, rychlou součást odtoku a také dynamiku odtoku vodního toku, je potřeba do velkoprostorového modelu implementovat online-propojení modelu proudění spodní vody a modelu vodního režimu v půdě.

Velkoprostorový model poskytuje podstatné/ zdůvodněné, konzistentní výroky ohledně mezních podmínek, které by mohly nahradit mezní podmínky druhého typu („No flow“) používané v současné době v regionálních modelech. Tyto regionální modely by pak byly lépe vzájemně sladěny.

Zpracování dat a veškeré kroky až po vytvoření 3D-numerického modelu představují podstatnou část vynaložené práce a tedy i nákladů pro vytvoření velkoprostorového modelu. Na základě hodnocení situace v oblasti dat a z toho odvozené pracovní náročnosti se pro vytvoření velkoprostorového modelu odhaduje potřebný časový rozsah tří let. Náklady na vytvoření velkoprostorového modelu Lužice se budou pohybovat kolem cca 3 Mil. EUR netto.

Závěrem lze ve věci vytvoření velkoprostorového modelu Lužice konstatovat následující:

- Jedenáct hydrogeologických regionálních modelů z oblasti aktivní těžby hnědého uhlí a rekultivační činnosti v Lužici (na území Saska a Brandenburska) zůstávají pro specifické těžební geohydraulické otázky i nadále významné.
- Pro modelování transportu látek přesahující rámec revíru, které musí spočívat na propojeném modelování proudění spodní/ povrchové vody, nejsou regionální modely postačující. Z důvodu jejich vzájemně nekonzistentní hydrogeologické/hydraulické konstrukce není spojením těchto modelů možné vytvořit velkoprostorový model pro Lužici. Kromě toho regionální modely celou zkoumanou oblast nepokrývají.
- Velkoprostorový model Lužice je třeba vytvořit nově ze zjištěných a v široké míře disponibilních dat. K žádanému cíli by mohlo vést využití dílčích vnitřních mezních podmínek a parametrizací z kvalifikovaných regionálních modelů. Toto je třeba ověřit.

Impressum

Vydavatel:

Tento dokument byl vytvořen v rámci realizace projektu Vita-Min. Projekt Vita-Min byl podpořen z prostředků evropského Fondu pro regionální rozvoj v rámci Programu spolupráce SN-CZ 2014-2020. Partnery projektu jsou Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie / Saský úřad ŽP, zemědělství a ekologii (Leadpartner), město Oelsnitz/Erzgeb. a Ústecký kraj.

Všechny dílčí projekty LfULG jsou přínosem projektu „Pro čistou vodu v Sasku“ (Für saubere Gewässer in Sachsen).

V případě otázek a informací k tomuto dílčímu projektu kontaktujte:

Kontaktní osoba

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Kontaktní osoba: Kathleen Lünich
Telefon: + 49 351 89284420
E-Mail: kathleen.luenich@smul.sachsen.de

Zpracovatel:

Výsledky tohoto dílčího projektu zpracovali v rámci zakázky LfULG předkladatelé nabídky společně, firmy GEOMontan, IBGW, GFI, BAH a TUBAF.

Fotografie na titulní straně:

Saský zemský úřad pro ŽP, zemědělství a geologii (2017): Správa v Lužici

Redakční uzávěrka:

22.08.2019

Další informace najdete na
www.vitamin-projekt.eu