

O.T.1.1 Skupno poročilo

Opis možnih poti vnosa antropogenih slednih elementov v čezmejna porečja

1. Uvod

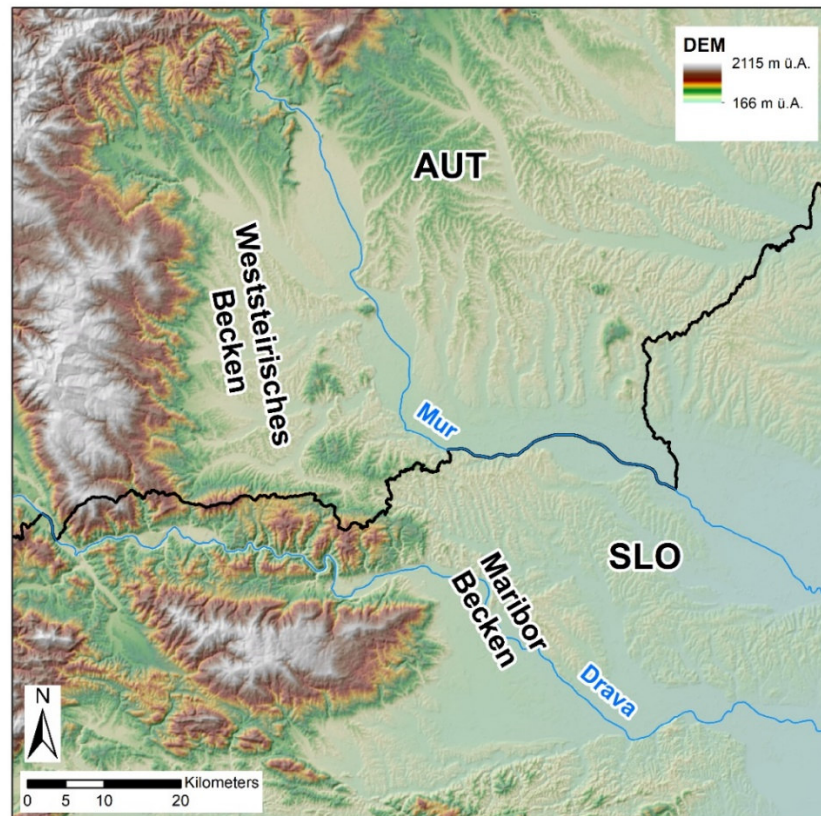
S projektom Ri(ver)-Charge (SIAT375) želimo prispevati k izpolnitvi ciljev Okvirne direktive o vodah za Avstrijo in Slovenijo. Zagotavljanje oskrbe s pitno vodo je v času podnebnih sprememb zelo pomembno. Preprečevanje vnosov antropogenih snovi v podtalnico in odpravljanje kvalitativnih pomanjkljivosti bistveno prispevata k zagotavljanju tega pomembnega vira. Pri tem je zelo pomembno, da razumemo postopke napajanja podzemnih vodnih teles v sedimentnem bazenu in da prepoznamo možne že obstoječe obremenitve komponent bogatenja podtalnice, kot so na primer površinska vodna telesa, ki prihajajo iz robnega hribovja in so povezana s podtalnico. Iz tega lahko prepoznamo, ali prihaja do možnih poti vnosa snovi v podtalnico, na primer iz robnega območja sedimentnih bazenov, in na kakšen način. Različne poti vnosa antropogenih onesnaževal (npr. površinski vnos nitrata) v podtalnico so dobro raziskani, študije smo opravili že v predhodnem projektu SI-MUR-AT (npr. Ferstl in Winkler, 2021). Potencialno onesnaženje zaradi antropogenih slednih elementov (farmacevtski izdelki, protikorozijska sredstva itd.) preko dotoka iz robnih hribovij pa je še dokaj neraziskano. Naš cilj je pridobiti poglobljeno znanje o interakciji med površinskimi vodami, površinskimi dotoki iz robnega hribovja in podtalnico v kotlinah. Predvsem pretoki iz robnega hribovja, ki se spreminjajo zaradi podnebnih sprememb in nastajajo zaradi pogostih obilnih padavin, ter spreminjajoči se pogoji infiltracije v obrobem območju kotlin predstavljajo možno onesnaževanje in povečan vnos onesnaževal v površinsko vodo in v podtalnico na območju kotlin.

Nadrejeni cilj projekta je ustvariti osnove, na podlagi katerih lahko ocenimo, ali so antropogena onesnaževala, kot so farmacevtski izdelki in protikorozijska sredstva, prisotna v nadzemnih robnih pritokih. Na tej osnovi lahko opredelimo možne poti vnosa v podtalnico, s tem pa prispevamo k varovanju podtalnice.

Slovensko-štajerski obmejni prostor zahodno od Mure do kotline Maribora na jugu (slika 1) ponuja odlične pogoje za raziskave iz dveh razlogov. Po eni strani ima območje različne vrste robnih površinskih dotokov, ki obsegajo tako alpske značilnosti z območja Stubalp in Golice kot bistveno bolj ploska in manjša porečja vzdolž obmejnega območja vse do kotline Maribora na jugu. Zato obstajajo različne razmere glede pretoka in padavin. Po drugi strani pa lahko zahodnoštajersko kotlinjo zaradi svoje hidrogeološke pojavnosti zelo dobro omejimo in prva spoznanja o geometriji kotline ter njenih sedimentih smo že pridobili (Kröll et al., 1988).

Zato lahko v Zahodnoštajerski kotlini zelo dobro raziščemo interakcijo in potencial za infiltriranje iz robnih dotokov v površinske vode in podtalnico v območjih kotlin. Danosti omogočajo osnove možnih poti vnosa na podlagi predstavitvenih modelov bogatenja podtalnice zaradi dotokov iz robnega hribovja v sedimentni bazen. Pri tem smo prevzeli osnovno idejo Mountain-Front Recharge (MFR) oz. Mountain-Block Recharge (MBR) (npr. Markovich et al., 2019) in jo uporabili za osnove sistema za identificiranje in lociranje regionalnih vnosov onesnaževal – qDPIS (quality based Detection Point Identification System).

Pri projektu smo se osredotočali na opis geološke sestave delne Zahodnoštajerske kotline, da smo lahko razvili konceptualno predstavitev bogatenja podtalnice (T.1.1.). Poleg tega smo izbrali 70 merilnih mest za ciljni dvojni monitoring obrobni pritokov v kotlini in plitkih teles podzemne vode na robnem območju kotlin, da smo lahko opredelili antropogene obremenitve (T.2.1.). Na tej podlagi smo opredelili možne poti vnosa.

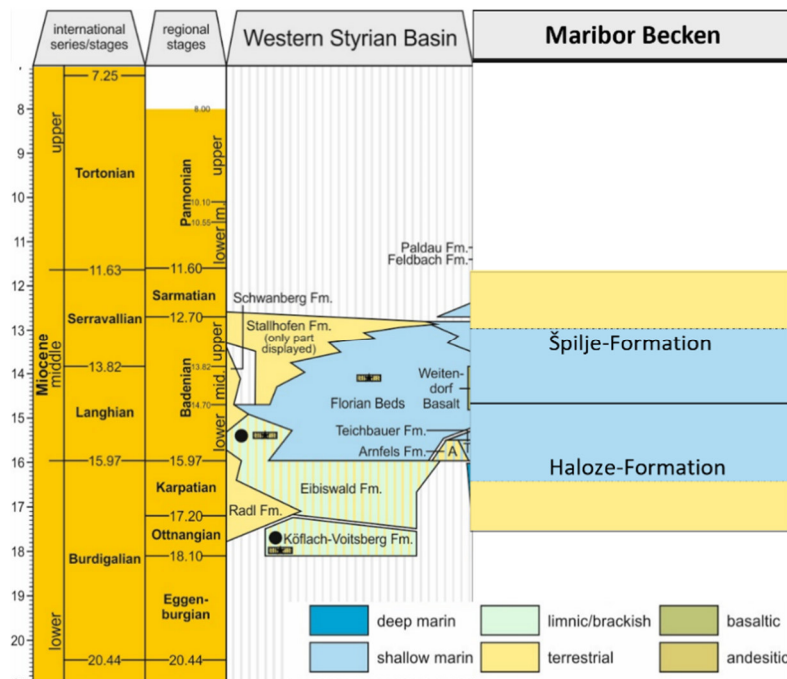


Slika 1: Pregled proučenih območij, t. j. Mariborska kotlina v Sloveniji in Zahodnoštajerska kotlina (Weststeirisches Becken) v Avstriji, ter dve ključni reki, Mura in Drava, na tem obočju.

2. Geološka izgradnja raziskovanega območja

Mariborska kotlina v Sloveniji in Zahodnoštajerska kotlina v Avstriji se nahajata na vzhodnem robu alpskega loka in dosejata globino največ 1000 do 1300 m od zgornjega roba tal do podlage kotline (npr. Götzl et al., 2007; Binder et al., 2021). Kotlini sta nastali v neogenu z raztezanjem litosfere proti vzhodu in zahodu (npr. Neubauer in Genser, 1990; Frisch et al., 2000; Reischenbacher in Sachsenhofer, 2013). Obe kotlini imata kot podlago predneogene kamnine, npr. kristalinične kamnine iz Golice, Graškega paleozoika, kristalinične kamnine iz Remšnika in Kozjaka ali Pohorskega masiva. Od sredine miocena (ottnang; ca. od 18 mio. let) sta se obe kotlini najprej napolnili z jezersko-fluviatilnimi usedlinami; kasneje, v badeniju in

deloma v sarmatiju, je sedimentacija potekala tudi na plitkem morskem območju (slika 2; npr. Ebner in Sachsenhofer, 1991; Groß, 2000; Groß et al., 2007).

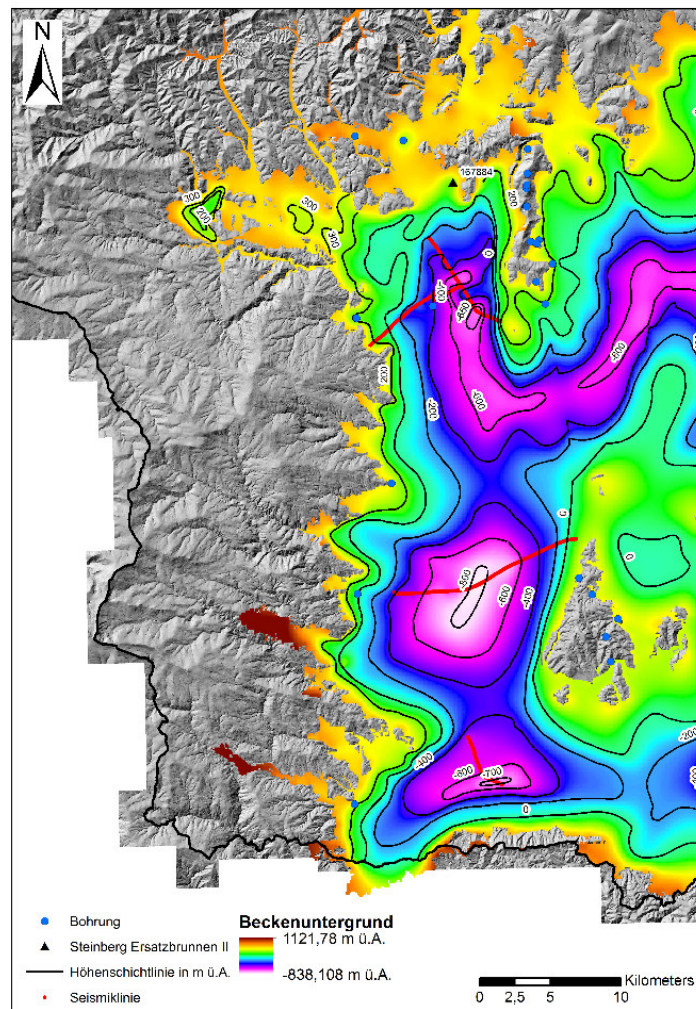


Slika 2: Stratigrafska tabela (povzeto po Piller et al., 2004).

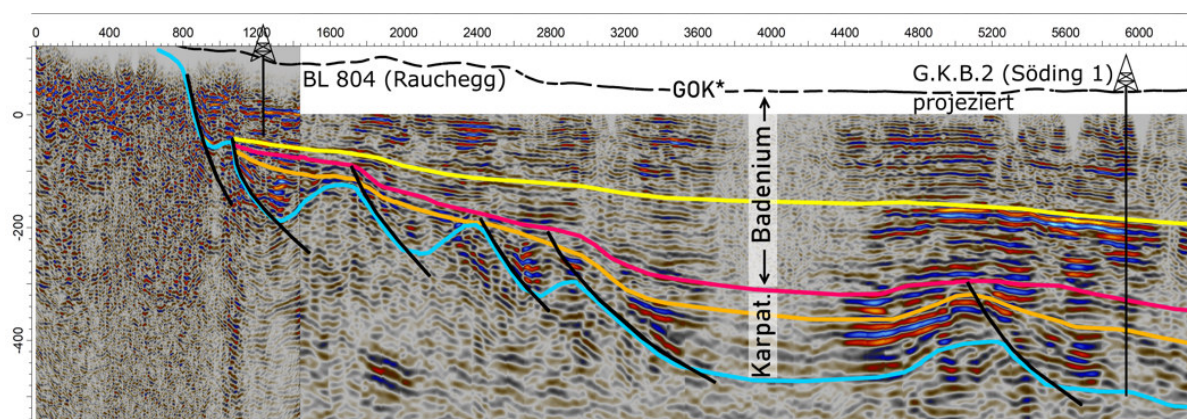
Zaradi dobre možnosti razmejčitve smo se osredotočili na Zahodnoštajersko kotlino ter prva spoznanja o geometriji in geološki sestavi Zahodnoštajerske kotline dopolnili z nadaljnjimi geofizikalnimi raziskavami (Binder et al., 2021; T.1.1.1). Zahodnoštajersko kotlino lahko od juga proti severu razdelimo na »podkotlino Eibiswald«, »Floriansko podkotlino« in »Lieboško podkotlino«, pri čemer imajo podkotine globine od 1000 m do 1200 m pod zgornjim robom tal (slika 3).

Z novimi spoznanji iz seizmičnih raziskav Lieboške podkotine (Binder et al., 2021; T.1.1.1) in ob upoštevanju vrtn – predvsem globoke vrtnice Söding1 (G.K.B.2) - lahko usedline v Zahodnoštajerski kotlini strnimo na:

- Najstarejše usedline v kotlinski osnovi so sestavljene iz konglomeratov, breče, grobega proda in rdeče ilovice (znotraj modre in oranžne linije na sliki 4).
- Nanje so se usedle plasti peska, mulja, peščenjaka in konglomerata (med oranžno in rumeno linijo na sliki 4). Znotraj tega svežnja usedlin lahko razlikujemo med naplavinami med fazo synrift v karpatiju in naplavinami med fazo postrif v badeniju.
- Najnovejše neogene naplavine sestavljajo peski s sljudo, sladkovodni apnenci, lapor, glina in tufi (nad rumeno linijo na sliki 4).



Slika 3: Slika podtalja Zahodnoštajerske kotline; izohipse predneogene podlage, nad katero so se odlagale neogene usedline (za podrobnosti glej T.1.1.2).

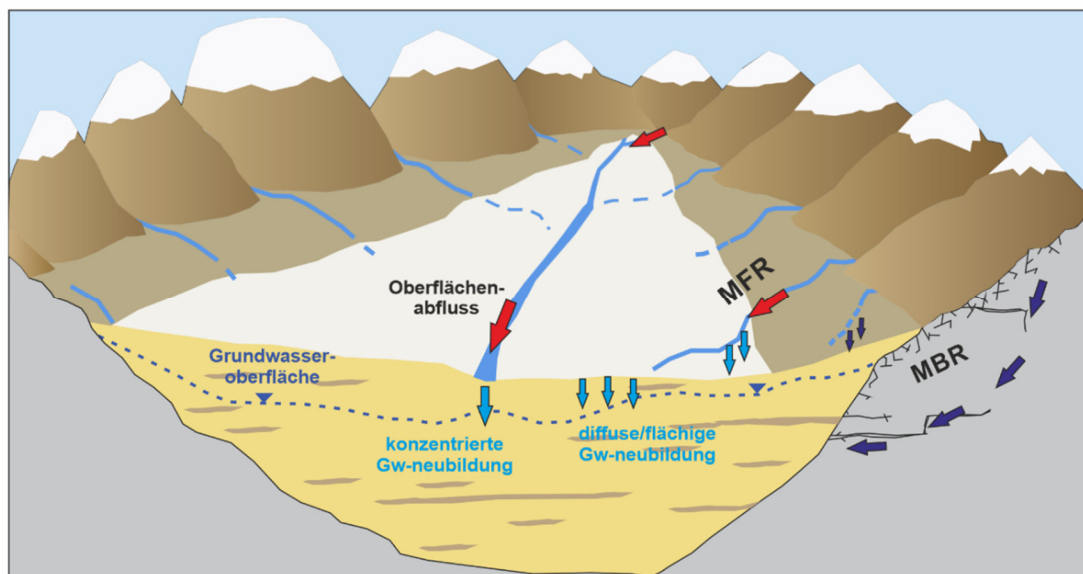


Slika 4: Seizmična profila SO2101 in SO2102 z različnimi svežnji usedlin in projicirano vrtno Söding 1. Modri horizont označuje vrh predneogene podlage, nad katero so se usedali konglomerati (med modro in oranžno linijo), sledijo jim plasti peščenjaka in konglomerata, katere lahko razdelimo na fazi synrift in postrift (med oranžno in rdečo oz. rdečo in rumeno linijo). Najvišje so se odlagali peski in lapor (nad rumeno linijo; Binder et al., 2021).

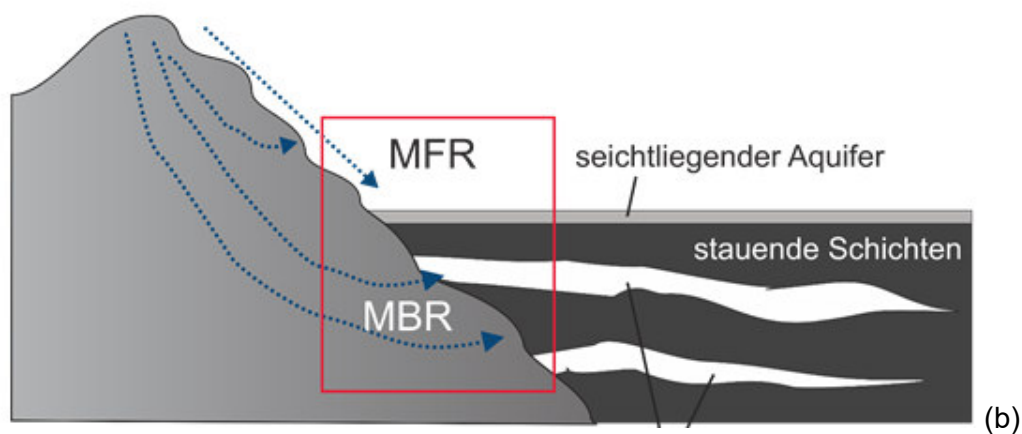
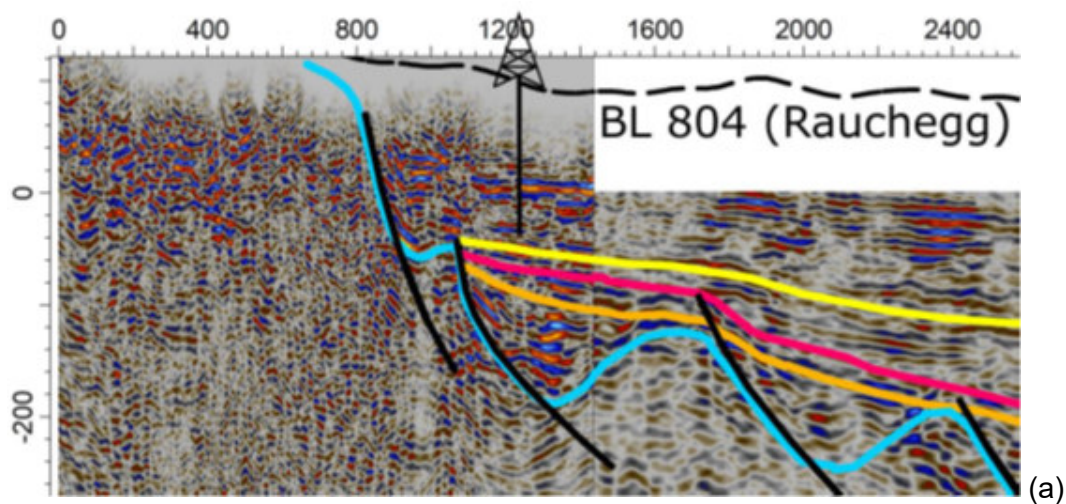
3. MBR/MFR

Bogatenje podtalnice v kotlinskih sedimentih poleg neposredne infiltracije deževnice v kotlini, poteka preko vode, ki se v kotlino izteka iz robnega hribovja. Robno hribovje lahko v širšem smislu opredelimo kot »Mountain Block« (MB), iz katerega se lahko podtalnica napaja na dva načina (npr. Feth, 1964; Markovich et al., 2019). Prvič, površinska voda iz MB izteka v kotlino, deloma ponikne in napaja predvsem podtalnico, ki je blizu površja. Ta postopek se v literaturi imenuje »Mountain Front Recharge« (MFR) in je shematsko prikazan na sliki 5 (svetlo modre puščice). Drugič, od 5 do 55 % bogatenja podtalnice poteka v kotlinskih sedimentih z »Mountain Block Recharge« (MBR), t. j. voda iz robnega hribovja se pod tlemi izteka v telo podtalne vode v sedimente kotline (temno modre puščice na sliki 5). To se lahko dogaja preko sistemov, ki cirkulirajo zelo globoko (moteče cone, linije preloma itd.), kot tudi zelo blizu površine (voda z vzpetin). Tako MBR omogoča tudi recentno bogatenje globoke podtalnice (podtalnica v globoko ležečih slojih usedlin v kotlini) na robnem območju kotlin.

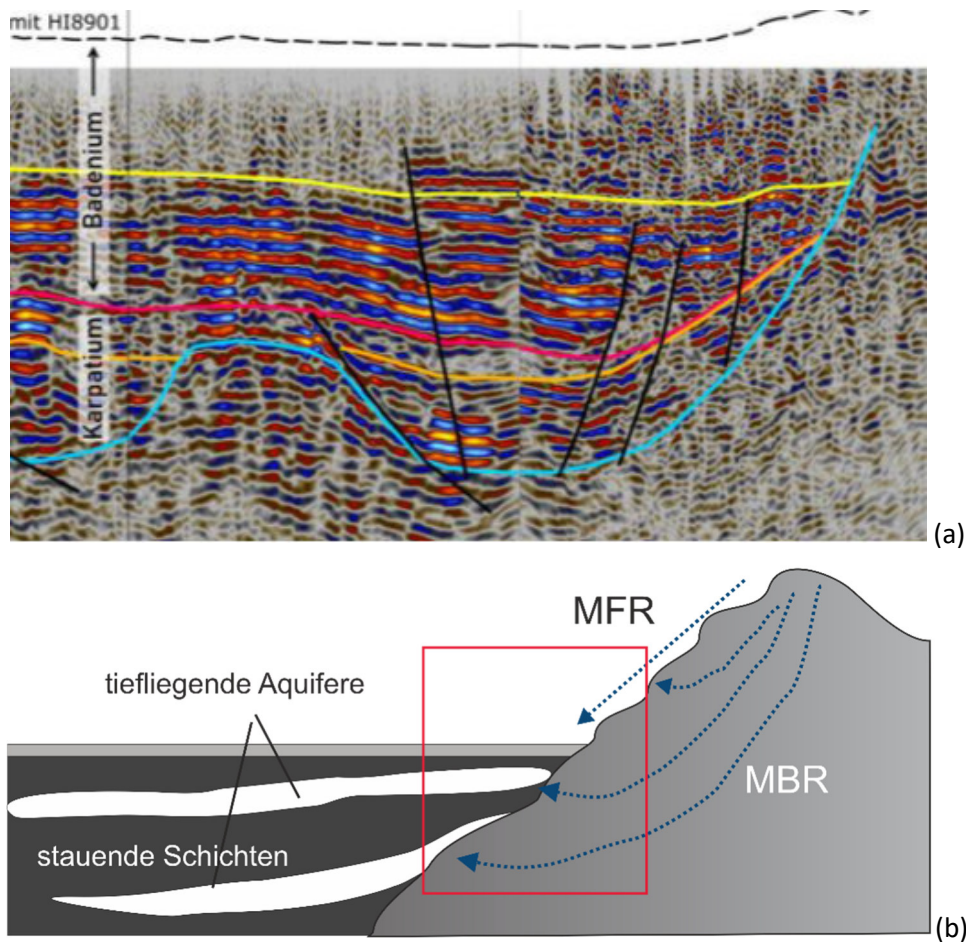
Rezultati seizmičnih preiskav v Lieboški podkotlini (T.1.1.1.; Binder et al. 2021) omogočajo konceptualni osnutek bogatenja podtalnice na robnem območju podkotline. Zahodno robno območje kotline ima ob robu kotline (zahodna smer; območje Golice) horizontalno kopičene svežnje slojev (slika 6a). Iz tega lahko sklepamo, da se preko MFR primarno napajajo samo plitki vodonosniki. Poleg tega je bogatenje podtalnice v globljih vodonosnikih zaradi razmeroma male kontaktne površine potencialnih vodonosnikov z robom kotline le omejeno prisotno (slika 6).



Slika 5: Shematski prikaz kotline z možnimi dotoki iz robnega hribovja (MB) preko MBR (temno modre puščice) in MFR (svetlo modre puščice).



Slika 6: MFR in MBR na zahodni strani Lieboške podkotline. (a) Interpretacija seizmičnih linij SO2101 in SO2102 (glej sliko 3 v T.1.1.1) in (b) shematski prikaz bogatenja podtalnice.



Slika 7: MFR in MBR na vzhodni strani Lieboške podkotline. (a) Interpretacija seizmičnih linij HI8902 in HI8701 (glej sliko 4 v T.1.1.1) in (b) shematski prikaz bogatenja podtalnice.

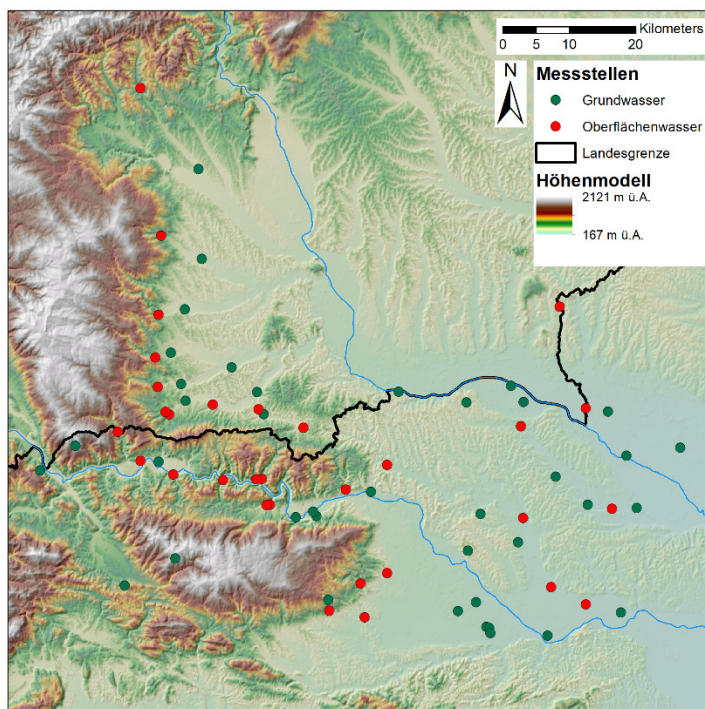
Vzhodno robno območje kotline kaže pri osnovnih konglomeratih na robu kotline (Plabutsch) navzgor usmerjen »prenos« svežnjev slojev (slika 7a). Tudi v tem primeru se plitko ležeči vodonosniki na robnem območju kotline napajajo preko MFR. Zaradi večje kontaktne površine do robnega hribovja (Mountain block) pa se lahko, v nasprotju z zahodno stranjo kotline, globlje ležeči vodonosniki v večji meri napajajo tudi preko MBR (slika 7b).

4. Spremljanje

Odprava kvalitativnih pomanjkljivosti in zmanjšanje antropogenih vnosov v površinske vode sta ključna izziva na projektnem območju, ki ju obravnavamo pri projektu. Varovanje kakovosti površinskih voda in podtalnice je ključnega pomena za družbo. Veliko potokov, ki se izlivajo v Muro in Dravo, ima kvalitativne pomanjkljivosti. Po drugi strani pa oskrba s pitno vodo v projektni regiji večinoma temelji na podtalnici, ki jo napajajo predvsem ta sprejemna vodna telesa. Vzpostavitev in ohranjanje dobrega stanja teles podzemne vode sta predvsem v času podnebnih sprememb, katerih vplivi so zelo izraziti na južnem avstrijskem Štajerskem in v Sloveniji, ključnega pomena. Splošno sprejeto je, da na kakovost vode v potokih in rekah bistveno vplivajo točkovni vnosi (npr. iz obratov in čistilnih naprav). K temu je treba dodati še

dokaj razpršene vnose prek površinskega pritoka iz robnega hribovja, iz kmetijstva zaradi drenaž ali z vzpetin, ki se iztekajo v sprejemna vodna telesa. Da lahko opredelimo vplive na kakovost, je treba kvalitativno raziskati in opisati površinske vode in tudi podtalnico. Za kvalitativno raziskavo ter splošni opis površinskih voda in podtalnice smo izbrali 70 merilnih mest. 50 merilnih mest se nahaja v Sloveniji in 20 v Avstriji (Slika 8). Od skupno 20 merilnih mest v Zahodnoštajerski kotlini (Zvezna dežele Štajerska), je 9 merilnih mest podtalnice in 11 površinske vode. Merilna mesta površinskih vod se nahajajo na robnem območju kotline, ki meji na robno hribovje (rdeče točke na sliki 8), merilna mesta podtalnice so v kotlini (zelene točke na sliki 8). V Sloveniji se merilna mesta nahajajo na območju rek Drava, Mura in Kučnica ter na področju Mariborske kotline.

Prvi cikel odvzema vzorcev je potekal konec marca v Sloveniji in konec aprila v Avstriji, analizirali smo 70 vzorcev vode. Drugi cikel odvzema vzorcev je potekal začetek septembra v Avstriji in konec septembra do začetka oktobra v Sloveniji. V času drugega cikla odvzema vzorcev je bilo nekaj merilnih mest površinske vode in podtalnice izsušenih (npr. Kučnica), zato smo odvzeli samo 65 vzorcev. Za projekt Ri(ver)-Charge smo tako skupno odvzeli 135 vzorcev iz merilnih mest površinskih voda in podtalnice v Sloveniji in Avstriji, ki jih je analiziral in ovrednotil NLZOH v Sloveniji (T.2.1).



Slika 8: Zemljevid 50 merilnih mest v Sloveniji in 20 merilnih mest v Avstriji.

NLZOH je vseh 135 vzorcev analiziral glede na laboratorijske parametre, navedene v tabeli 1, in glede na naslednje parametre na kraju samem: Temperatura vode, električna prevodnost, pH-vrednost in nasičenost s kisikom.

Tabela 1: v laboratoriju analizirani parametri:

Standardni parametri	Farmacevtski izdelki	Protikorozijska sredstva
----------------------	----------------------	--------------------------

raztopljen organski ogljik (DOC)	Diklofenak	1H-benzotriazol
Amonij	Karbamazepin	4-metil-1H-benzotriazol
Nitrat	Klaritromicin	5-metil-1H-benzotriazol
Nitrit	Kofein	1-metil-1H-benzotriazol
Kalcij	Naprosen	
Klorid	Paracetamol	
Kalij	Sulfametoksazol	
Magnezij	Sotalol	
Hidrogenkarbonat	Teofilin	
Skupna trdnost		
Sulfat		
Natrij		
Ortofosfat		
Karbonatna trdnost		
Mangan		
Železo		
Bor		

Od 135 vzorcev vode jih je bilo 61 odvzetih na površinskih vodah. V dveh ciklih odvzema vzorcev smo odvzeli 40 vzorcev vode iz 20 odzemnih mest površinskih voda. 29 vzorcev od vseh analiziranih je kazalo vrednosti nad LOQ (Limit of Quantification) za naprosen, 25 za paracetamol in 24 za kofein. 15 analiziranih vzorcev je kazalo obremenjenost s sulfametoksazolom in karbamazepinom, 11 s klaritromicinom in 10 z diklofenakom. Od 21 vzorcev iz 11 avstrijskih merilnih mest površinskih voda jih je 5 vsebovalo dokazljive koncentracije kofeina, 3 naproksena, 3 diklofenaka, 2 karbamezapina, 2 klaritromicina in ena sulfametoksazola. Najpogosteje najdeno protikorozijsko sredstvo v površinski vodi v Sloveniji in Avstriji je 1H-benzotriazol, sledita mu 1-metil-1H-benzotriazol in 4-metil-1H-benzotriazol.

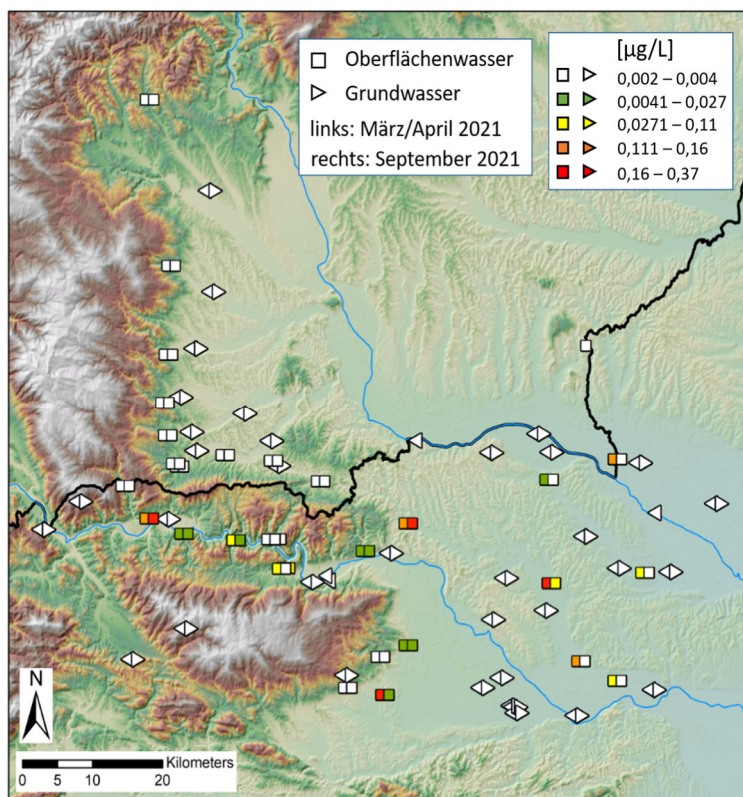
Splošno gledano so površinske vode v Avstriji manj obremenjene kot površinske vode v Sloveniji. Predvsem merilna mesta površinske vode, ki ležijo na območju med Dravo in Muro, so kazala višjo koncentracijo farmacevtskih substanc in protikorozijskih sredstev.

74 od skupno 135 vzorcev je bilo odvzetih iz merilnih mest podtalnice. Merilna mesta podtalnice kažejo manjšo obremenjenost, v primerjavi s površinskimi vodami, veliko jih je bilo celo neobremenjenih. V Sloveniji je bil od skupno 56 vzorcev podtalnice le v 9 dokazan kofein, v 4 karbamazepin, v 3 sulfametoksazol in v enem naprosen. V Avstriji je bil od skupno 18 vzorcev podtalnice v 2 dokazan kofein in v enem karbamazepin.

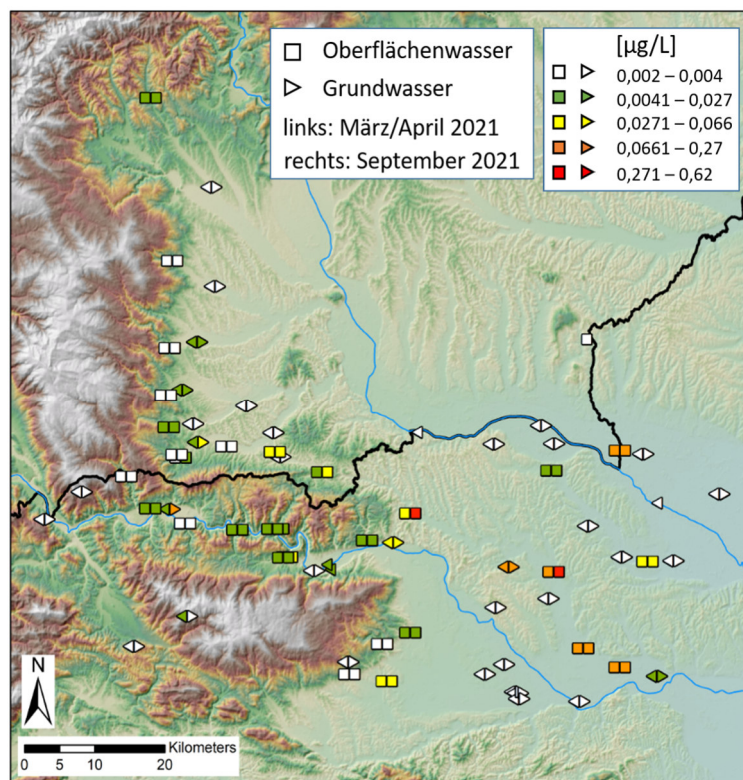
Na slikah 9 do 11 so prikazani rezultati analize površinskih voda in podtalnice obeh držav za parametre paracetamol, kofein in protikorozijsko sredstvo 1H-benzotriazol.

Farmacevtsko sredstvo paracetamol je bilo dokazano samo v površinskih vodah v Sloveniji (slika 9), z nekoliko večjo obremenjenostjo pomladi (1. odzem vzorcev). Protikorozijsko sredstvo 1H-benzotriazol je bilo dokazano tako v Avstriji kot v Sloveniji. Tudi v tem primeru so prizadeta predvsem površinska vodna telesa v Sloveniji (slika 10). Rezultati obeh ciklov odvzema vzorcev v Avstriji ne kažejo obremenjenosti s kofeinom, v Sloveniji so obremenjene predvsem površinske vode. Pri tem so ta površinska vodna telesa obremenjena predvsem

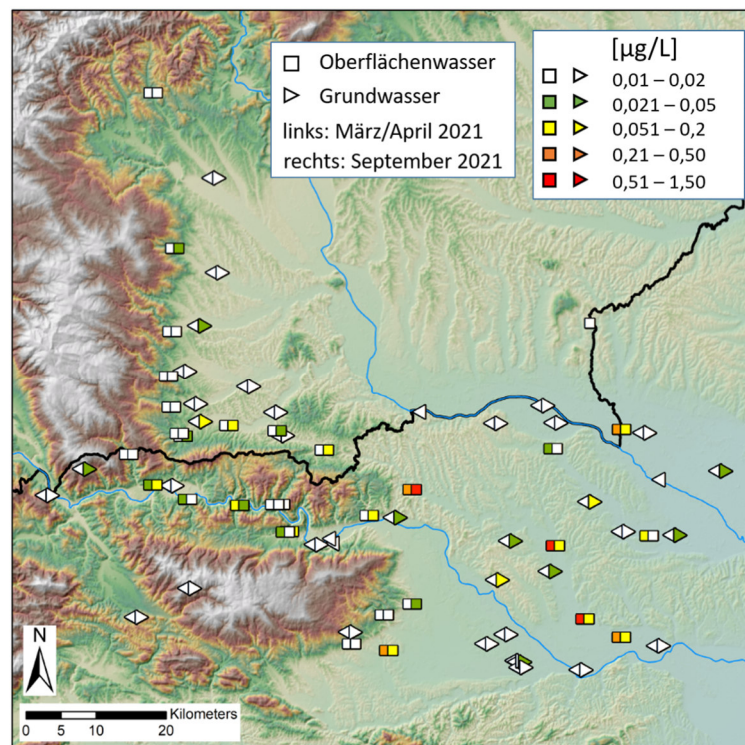
pomladi (slika 11). Več informacij o analitiki in rezultatih monitoringa lahko najdete v poročilu NLZOH (T.2.1.).



Slika 9: Rezultati spremljanja za farmacevtsko sredstvo paracetamol.



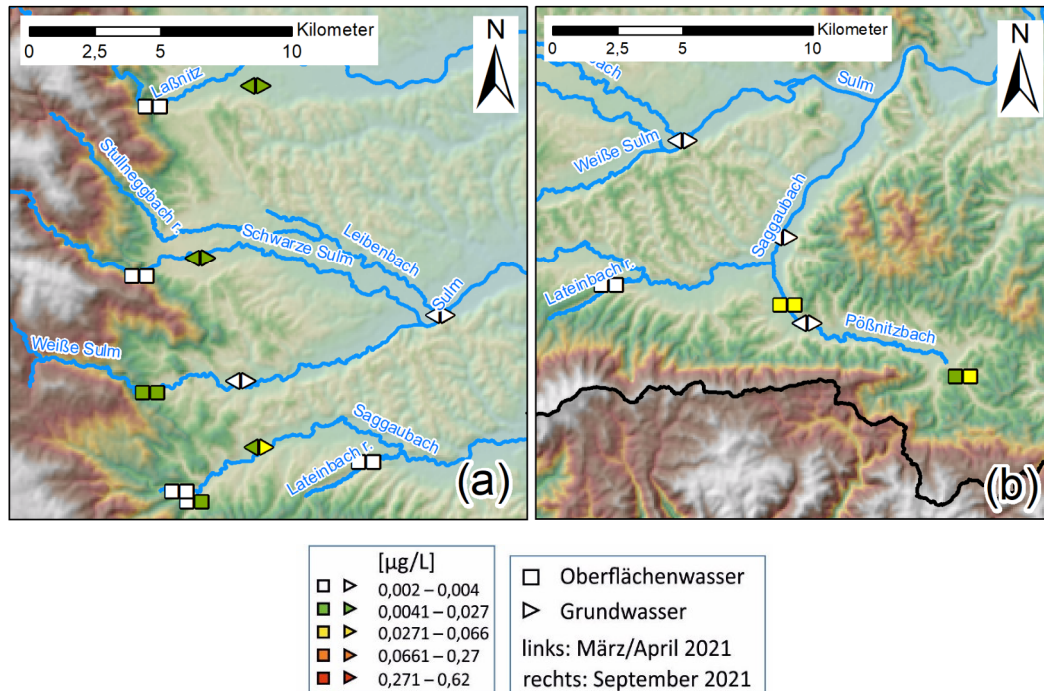
Slika 10: Rezultati spremljanja za protikorozijsko sredstvo 1H-benzotriazol.



Slika 11: Rezultati spremljanja za kofein.

5. Interpretacija

Rezultati spremljanja kažejo heterogeno sliko obremenitev površinskih voda in podtalnice. Skladno s 3 primeri (slike 9 do 11) vidimo, da je predvsem v Sloveniji 65 % do 80 % raziskanih površinskih voda obremenjenih z antropogenimi snovmi, predvsem s 1H-benzotriazol. Zahodnoštajerska površinska vodna telesa ne kažejo obremenitev s paracetamolom, vendar smo pri 45 % merilnih mest površinske vode dokazali protikorozijsko sredstvo 1H-benzotriazol. Bistveno nižjo obremenjenost smo zaznali na merilnih mestih podtalnice. Niti na merilnih mestih podtalnice v Sloveniji niti v Avstriji nismo dokazali merljive obremenitve s paracetamolom. Kofein in 1H-benzotriazol smo v Sloveniji in v Avstriji dokazali na do 22 % in 33 % oz. 33 % in 23 % merilnih mest. Kot je razvidno iz slike 12, nismo uspeli dokazati splošne povezave med obremenitvijo površinskih voda in podtalnico. Za to ovrednotenje smo uporabili površinske vode, ki so bile dokazano obremenjene pri obeh odvzemih vzorcev, te smo primerjali z merilnimi mesti podtalnice, ki so bila najbližje merilnim mestom površinske vode. Na sliki 12a ni vidne obremenitve površinskih voda Laßnitz in Schwarze Sulm, na merilnih mestih podtalnice pa smo dokazali protikorozijska sredstva. Podobna slika se kaže za Auenbach (zgornji tok potoka Saggaubach). Prav obratno velja za reko Weiße Sulm in potok Pößnitzbach (slika 12a in b), kjer so površinske vode pokazale merljive obremenitve, na merilnih mestih podtalnice pa nismo ugotovili protikorozijskih sredstev.



Slika 12: Obremenitev površinskih voda in podtalnice za 1H-benzotriazol: a) od severa proti jugu: Laßnitz, Schwarze Sulm, Weisse Sulm, Auenbach (zgornji tok potoka Saggaubach) in b) Saggaubach in Pößnitzbach.

Na podlagi rezultatov raziskav ne moremo sklepati na splošno infiltracijo in s tem povezanim vnosom snovi preko dotokov iz robnega območja v plitka vodna telesa podtalnice na robnem območju sedimentnih bazenov. Iz tega tudi ni mogoče izpeljati splošno veljavnega sistema qDPIS (quality based detection point system). Rezultati kažejo na lokalni in prostorsko omejen vnos onesnaževal, kar se kaže tako na robnem območju kotlin kot tudi na osrednjem območju zahodno od Mariborske kotline v Sloveniji. Rezultati zelo jasno kažejo, da ne gre za splošno onesnaževanje plitkih vodnih teles podtalnice v robnih območjih sedimentne kotline iz robnih dotokov preko MFR (mountain front recharge). Za ustrezen qDPIS bi morali poleg površinskih voda in podtalnice raziskati tudi lokalne odtokove deževnice iz naselbin, kmetijskih gospodarstev ali drenažno vodo.

Rezultati obeh odvzemov vzorcev kažejo tudi, da je bilo protikorozijsko sredstvo 1H-benzotriazol ugotovljeno v obeh vzorcih, če je bilo ugotovljeno. Pri merilnih mestih podtalnice smo kofein dokazali predvsem pri odvzemu vzorcev jeseni. Možni razlog za različno stopnjo obremenitve v vzorcih vode, ki so bili odvzeti pomladi in jeseni, sta lahko vnos ali razredčitev. Rezultati vsekakor kažejo sezonskost, za natančnejšo opredelitev bi bilo potrebno odvzeti dodatne, pogostejše vzorce, skozi več let.

6. Zaključki in pogled naprej

Projekt Ri(ver)-Charge je v kratkem času trajanja projekta, in sicer v enem letu, ustvaril pomembno osnovo za naknadne teme, ter omogoča opredelitev prihodnjih nadaljnjih raziskav.

1. Geometrija in geografska izgradnja Mariborske in Zahodnoštajerske kotline

Obstoječe geološke informacije zadnjih treh desetletij smo združili in iz njih ustvarili aktualni model podtalja Zahodnoštajerske kotline. Poleg tega so rezultati, prilagojeni najnovejši tehnologiji, končno na voljo v digitalni obliki ter se lahko uporabljajo za naknadne preiskave in raziskovalne dejavnosti, kot tudi za ciljne vodnogospodarske projekte.

2. Konceptualna predstavitev bogatenja podtalnice preko robnega hribovja MBR/MFR

Na podlagi geoloških informacij smo ustvarili prve osnove o bogatenju podtalnice v globokih sedimentnih bazenih. Podrobni rezultati raziskav na robnem območju Lieboške kotline, ene od treh podkotlin Zahodnoštajerske kotline, nudijo prvič osnove za možno recentno bogatenje globoke podtalnice.

3. Obremenitev z antropogenimi snovmi in qDPIS

Ciljno spremljanje površinskih voda in podtalnice, predvsem v obrobem območju sedimentnih bazenov, daje pomembna spoznanja o trenutnem stanju obremenitev teh območjih bazenov. V vodah dotokov iz robnega hribovja smo lokalno zaznali predvsem protikorozijska sredstva. Splošnega vnosa antropogenih snovi preko robnih dotokov v podtalnico robnih območij bazenov nismo ugotovili, kar lahko pozitivno vrednotimo. Ampak iz tega ne moremo izpeljati splošnega nadregionalno veljavnega sistema qDPIS. Raziskava je pokazala, da so vnosi v podtalnico lokalni in prisotni na manjšem omejenem območju. Za dosledno nadaljevanje razvoja splošnega qDPIS bi morali poleg površinskih voda in podtalnice raziskati tudi lokalne možnosti vnosa z odtoki deževnice iz naselbin, drenažno vodo in/ali odtoki iz čistilnih naprav.

Če povzamemo, smo v enoletnem projektu Interreg SIAT375 ustvarili osnove procesov recentnega bogatenja podtalnice (MBR/MFR) v globokih sedimentnih bazenih. Osnova za razmislek o vodnogospodarski uporabi globoke podtalnice v sedimentnih bazenih so predvsem geometrija in geološka sestava ter poznavanje bogatenja podtalnice. Zaradi ugotovljene velike globine bazenov to vključuje tudi geotermično rabo vira. Na tem mestu želimo izrecno ponovno poudariti, da bi prihodnja vrtina v predneogeno podlago in s tem neposredna opredelitev slojev kamnin zmanjšala številne negotovosti pri interpretaciji dosedanjih spoznanj, ki smo jih v podkotlinah Eibiswald in Florianer pridobili brez referenčnih vrtin. Zato si bomo v prihodnje prizadevali za te raziskave.

Na področju poti vnosa antropogenih snovi smo z dobro bazo podatkov naredili prvi pomembni korak. Pri tem projektu smo ciljno raziskali grobi osnutek za opredelitev možnih splošnih poti vnosa iz površinskih voda na robnem hribovju v plitko podtalnico na robnem območju sedimentnih bazenov (qDPIS). Jasno se je pokazalo, da ni vidnih splošnih vnosov iz površinskih voda, ter da so možne poti vnosa lokalne in omejene na manjše območje. Regionalni odvzemi vzorcev površinskih voda in bližnje podtalnice, ki smo jih izvajali v projektu Ri(ver)-Charge, niso presegali omejenega manjšega območja, zato nismo mogli izpeljati

splošnega sistema qDPIS. Smo pa opredelili območja, kjer bi lahko raziskali prostorsko omejene obremenitve. Koncept qDPIS, torej sistem za prepoznavanje poti vnosa antropogenih snovi v podtalnico, lahko torej v naslednjih preiskavah razširimo na področje prostorsko omejenih in lokalnih raziskav.

Literatura:

- Binder, H., Dax, F., Jud, M., Schreilechner, M. (2021). Endbericht – Liebocher Teilbecken Reflexionsseismische Untersuchungen, Weststeiermark. Neobjavljeno poročilo, str. 41.
- Ebner, F. und Sachsenhofer, R.F. (1991). Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. -Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum 49: 1-96, Gradec.
- Feth, J. H. (1964). Hidden recharge. Groundwater, 2(4), 14–17. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1964.tb01780.x>
- Ferstl, M., Winkler, G. (2021). EU-projekta SI-MUR-AT in Ri(ver)-Charge. Wasserland Steiermark, die Wasserzeitschrift der Steiermark, 2/2021: 10-15.
- Frisch, W., Székely, B., Kuhlemann, J., Dunkl, I. (2000). Geomorphological evolution of the Eastern Alps in response to Miocene tectonics. Z. Geomorph. N. F., 44, 103-138. Berlin-Stuttgart.
- Götzl, G., Poltnig, W., Domberger, G., Lipiarski, P. (2007). Projekt TRANSTHERMAL - Geothermie der Ostalpen – Erfassung und zusammenfassende Darstellung des geothermischen Potenzials in Datenbanken, in einem Geothermieatlas und in GIS – basierten Kartenwerken im Bereich von Kärnten, Steiermark und Slowenien, INTERREG IIIA Austria – Slovenia, Nationaler Abschlussbericht für Österreich, Dunaj – Gradec – Celovec.
- Groß, M. (2000). Das Pannonium im Oststeirischen Becken. - Ber. Inst. Geol. Paläont., K.-F.Univ. Graz 2: 47-86, Gradec.
- Groß, M., Fritz, I., Piller, W.E., Soliman, A., Harzhauser, M., Hubmann, B., Moser, B., Scholger, R., Suttner, T.J. und Bojar, H.-P. (2007). The Neogene of the Styrian Basin – Guide to Excursions. – Joannea Geologie und Paläontologie 9: 117–194.
- Kröll, A., Flügel, H.W., Seiberl, W., Weber, F., Walach, G. & Zych, D. (1988). Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle. – 49 S., Geol. B.-A., Dunaj.
- Markovich, K., H, Manning, A. H., Condon, L. E., & McIntosh, J. C. (2019). Mountain-block recharge: A review of current understanding. Water Resources Research, 55, 8278–8304. <https://doi.org/10.1029/2019WR025676>
- Neubauer, F. in Genser, J. (1990). Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen – eine Übersicht. Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 120, 203-219, Gradec.
- Reischenbacher, D. und Sachsenhofer, R.F. (2013). Basin formation during the post-collisional evolution of the Eastern Alps: the example of the Lavanttal Basin. – Int. J. Earth Sci., 102, 517–543.
- T.1.1.1 (2021). Poročilo o aktivnosti T.1.1.1 »refleksijsko-seizmološke raziskave« projekta SIAT375 Ri(ver)-Charge.
- T.1.1.2 (2021). Poročilo o aktivnosti T.1.1.2 »geološka/hidrogeološka izgradnja raziskovanega območja« projekta SIAT375 Ri(ver)-Charge.
- T.1.1.3 (2021). Poročilo o aktivnosti T.1.1.3 »Konceptualna predstavitev Mountain Block Recharge« projekta SIAT375 Ri(ver)-Charge.