



Interreg
Alpine Space



 **GRETA**

EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

Razstava tipičnih kamnin na območju občine Cerklno in njihovih značilnosti ter toplotne prevodnosti kamnin in potencial plitve geotermalne energije v občini Cerklno

Jernej Jež in Dušan Rajver

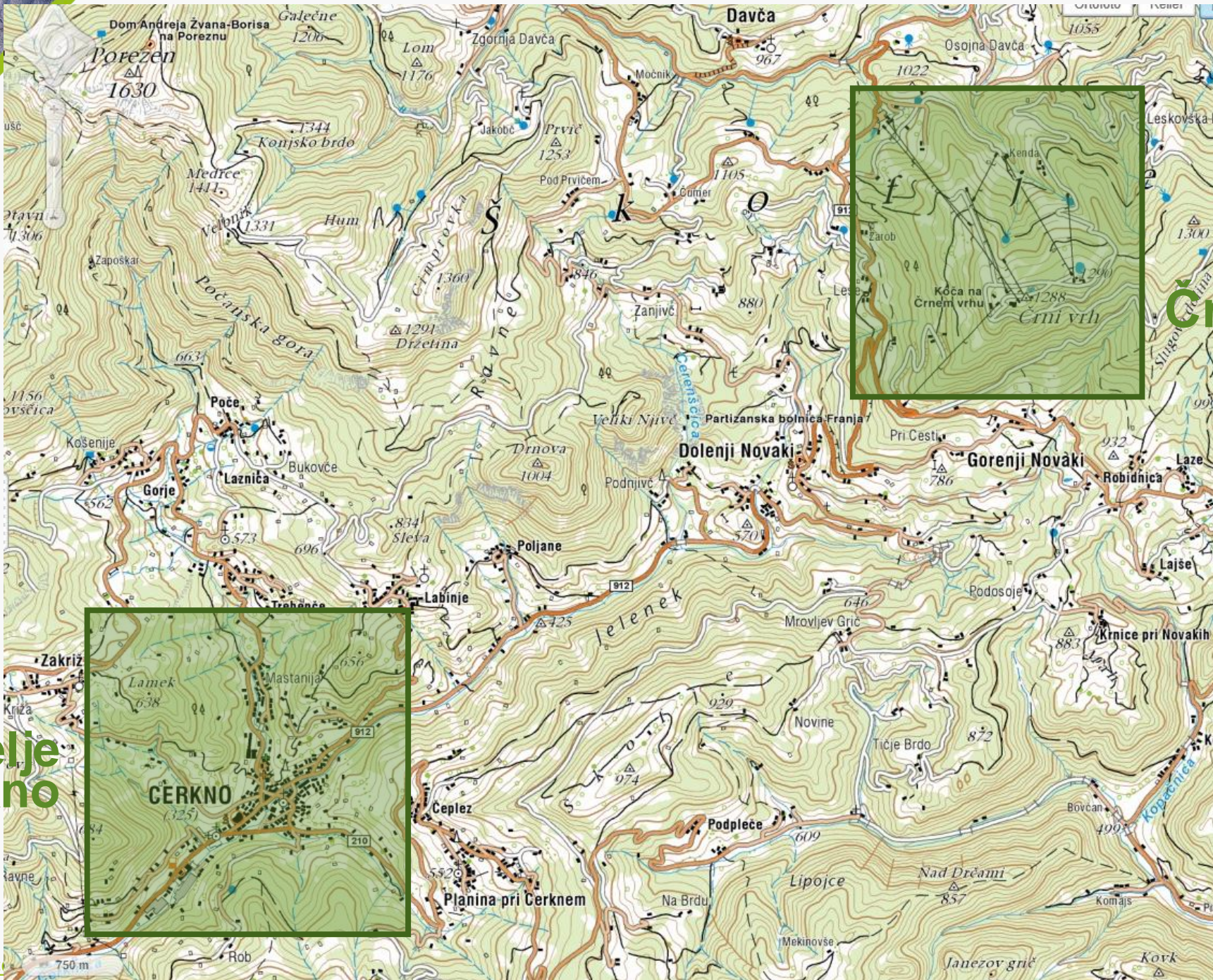
Predstavitev za javnost: Koliko nas stane ogrevanje z Zemljino toploto? Kakšne so perspektive za občino Cerklno? Cilji občine in razumevanje aktivnosti na lokaciji za prehod v nizkoogljično družbo.

Četrtek, 1.3.2018 ob 17:30, občina Cerklno, Bevkova ulica 9, 5282 Cerklno

Glavne skupine kamnin ter njihova povprečna toplotna prevodnost in spec. toplotna kapaciteta in primerjava z nekaterimi materiali

Litološka enota	merjena λ	$C_v = \rho \cdot c$
	W/(m·K)	MJ/(m ³ ·K)
prod in kamenje - nasičeni z vodo (aluviji)	1.7	2.3
prod in kamenje - suhi (pobočni sedimenti)	0.4	1.4
apnenec	2.64	2.2
apnenec v menjavanju s klastičnimi kamninami	2.46	2.17
dolomit	4.87	2.70
dolomit v menjavanju s klastičnimi kamninami	4.13	2.55
menjavanje različno zrnatih klastičnih in karbonatnih kamnin	2.48	2.16
predornine (magnatske kamn.) in njihovi tufi	3.39	2.19
pretežno debelozrnat vulkanoklastične kamnine	2.66	2.20
za merjene λ in C_v : podana poprečja glede na razmerja nastopajočih litol. tipov	vrednost po SIA	

Toplotna prevodnost različnih snovi	W/(m·K)	MJ/(m ³ ·K)
beton	1.4	1.8
les	0,2 do 0,43	
opeka	0.9	
vir: Koškin & Širkevič, 1984		



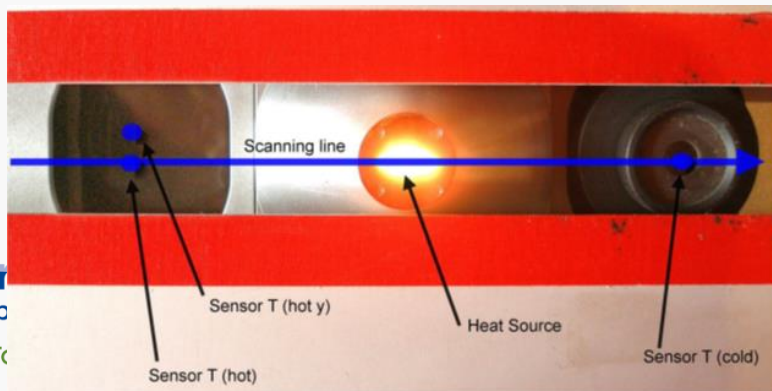
Črni vrh

Naselje
Cerkno

Metoda merjenja toplotne prevodnosti na GeoZS: merilnik TCS (Popov et al., 1999; 2017)



- meritve TP (in TD): tehnologija optičnega skeniranja: fokusiran, premičen, kontinuirano delujoč IR vir toplote v kombinaciji z IR temp. senzorji.
- 2 IR senzorja merita temperaturo pred in po segrevanju (3 senzorji pri TP+TD meritvi).
- Določitev TP (opcijsko tudi TD): primerjava presežnih temperatur (temp. razlike) **standardnih referenc** (certificirani vzorci z znano λ_R) s presežnimi temperaturami enega ali več **neznanih vzorcev**, katere segreva premični toplotni vir.
- TP neznanih vzorcev izračunana kot rezultat primerjave presežnih temperatur z uporabo standardnih TP vrednosti.

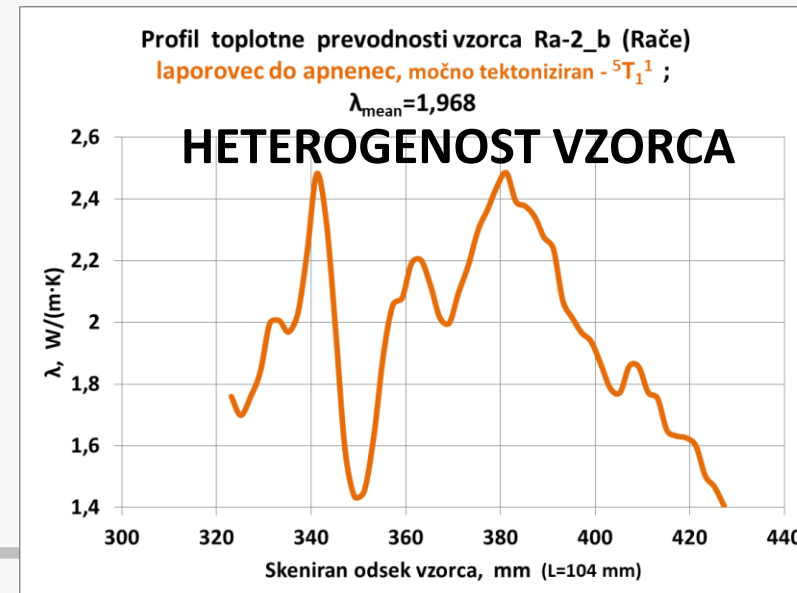
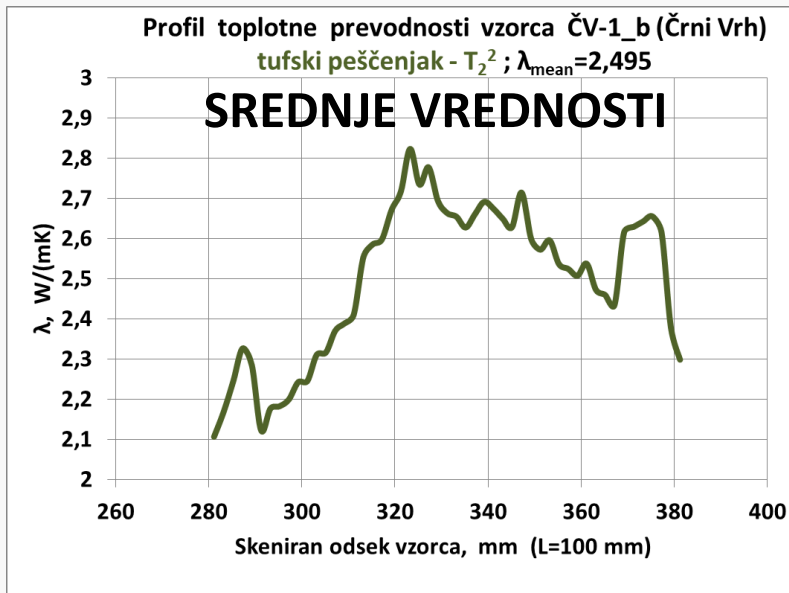
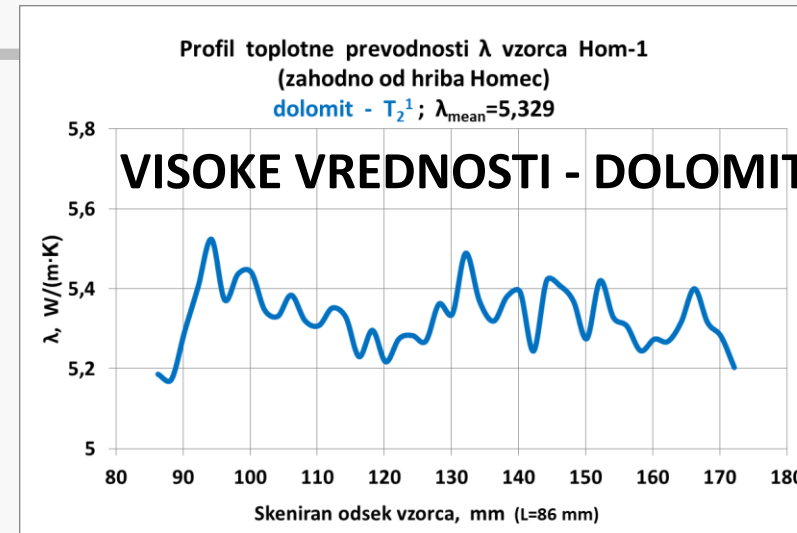




Metoda merjenja toplotne prevodnosti na GeoZS: merilnik TCS, tehnični podatki (Popov et al., 1999; 2017)

- *Merilno območje:* TP: 0.2 do 25 W m⁻¹ K⁻¹
TD: 0.6·10⁻⁶ do 3.0·10⁻⁶ m² s⁻¹
- *Točnost & natančnost:* TP: 3 % (za verjetnost zaupanja 0,95)
TD: 5 %
- *Velikost vzorca:* dolžina od 40 do ≈ 500 mm katerekoli oblike.
- *Največja dolžina skeniranja:* 620 mm (starejše različice merilnika se lahko razlikujejo).
- *Hitrost skeniranja :* 5 mm/s
- *Priprava vzorca:* Brez poliranja ali žaganja, razen za kamninske vzorce nepravilne oblike; predhodno potrebno črto pobarvati (trak črne barve z debelino 25-40 mikrometrov in širine ca 20 mm) vzdolž črte skeniranja na ravni ali cilindrični površini

Profili izmerjene toplotne prevodnosti nekaterih vzorcev kamnin na Cerkljanskem



Črni vrh

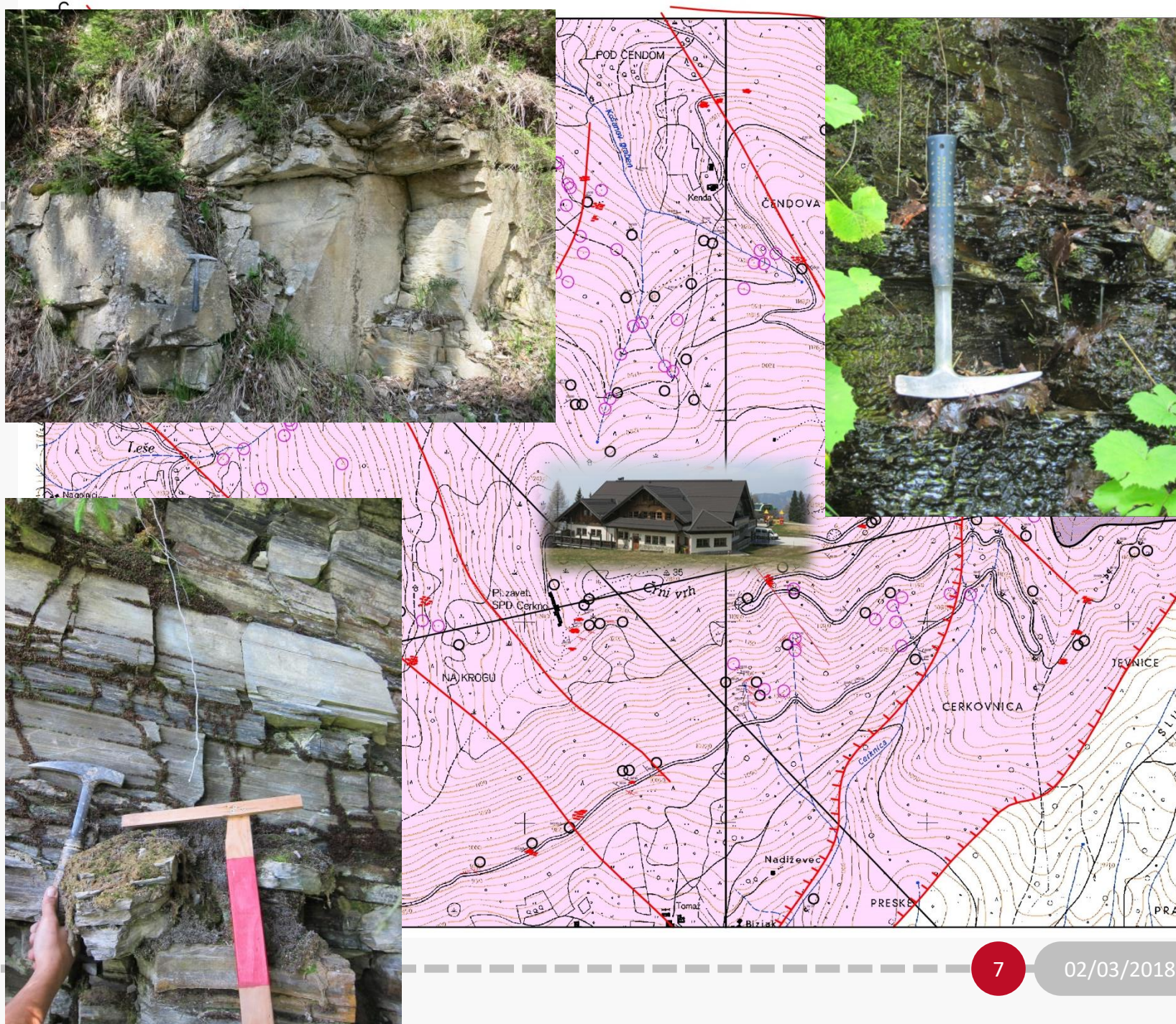
ZAPOREDJE SREDNJETRIASNIH KAMNIN

Tuf
2,99 W/(m·K)

Tufski peščenjak
2,45 W/(m·K)

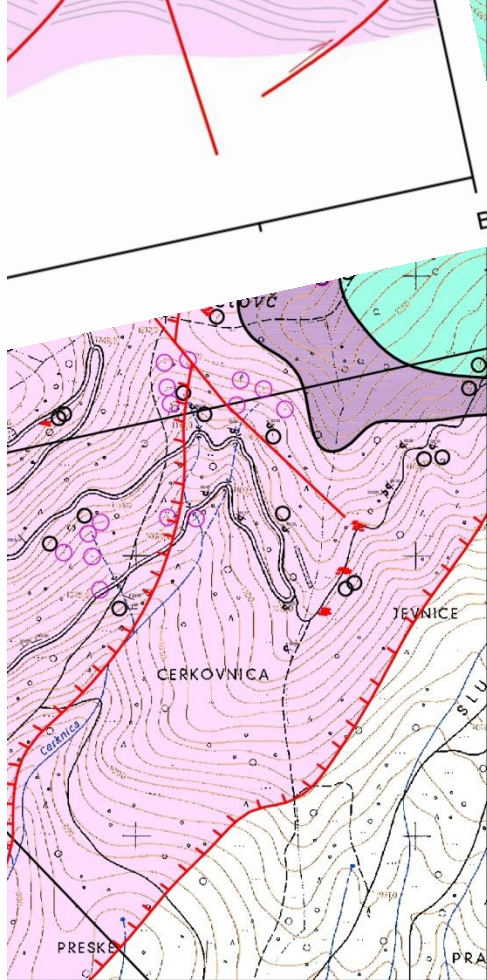
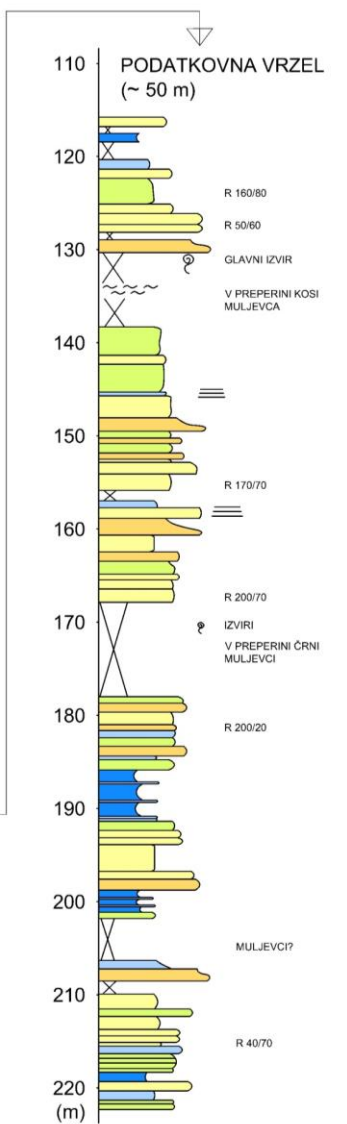
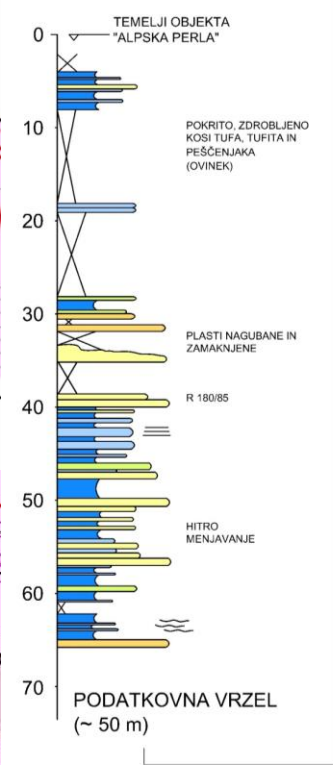
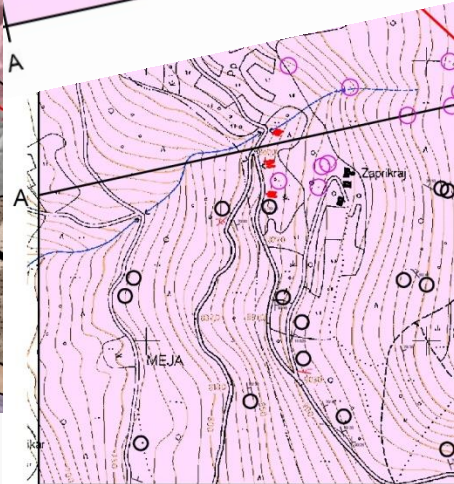
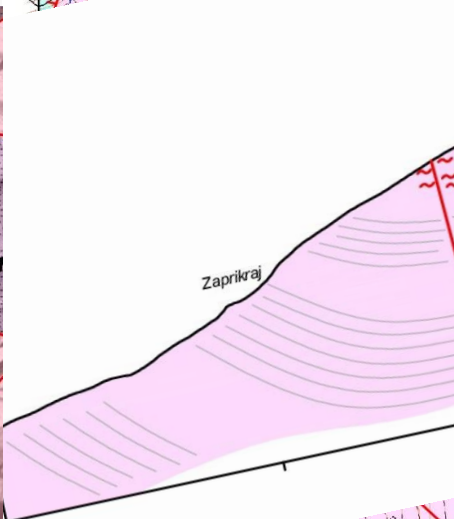
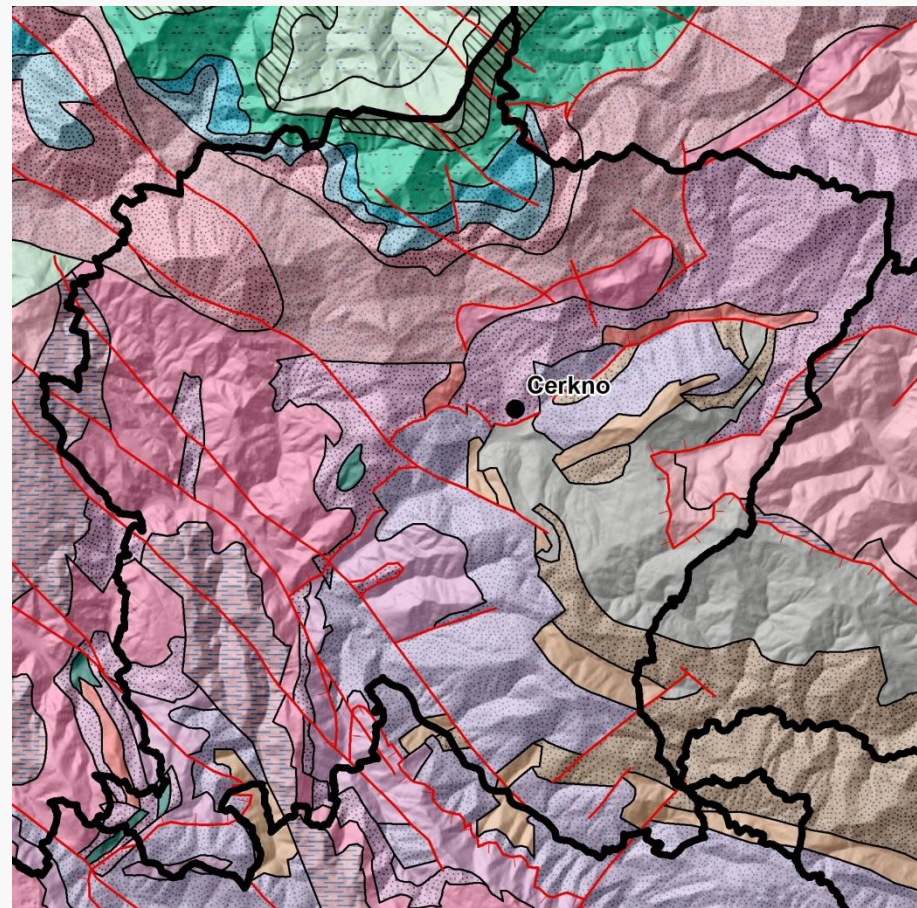
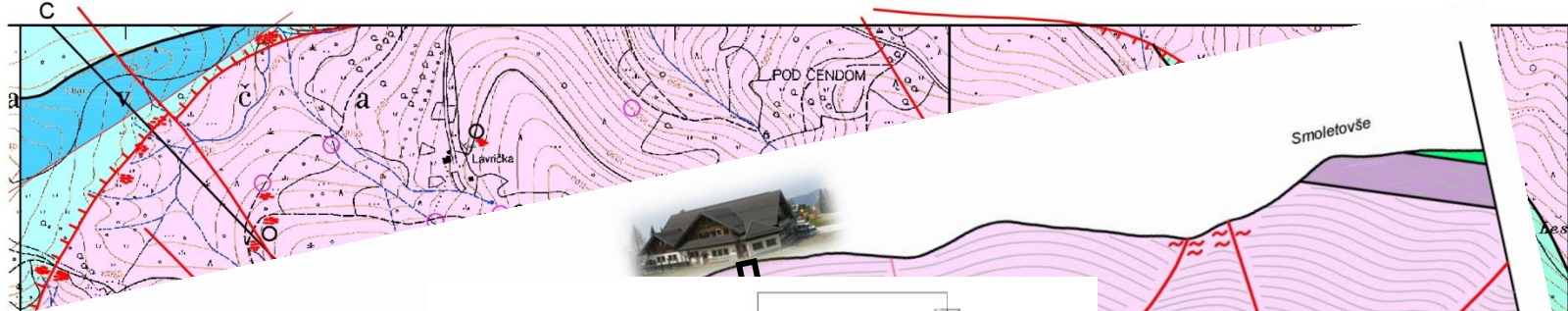
Litični kremenov peščenjak
5,30 W/(m·K)

Muljevec
1,78 W/(m·K)

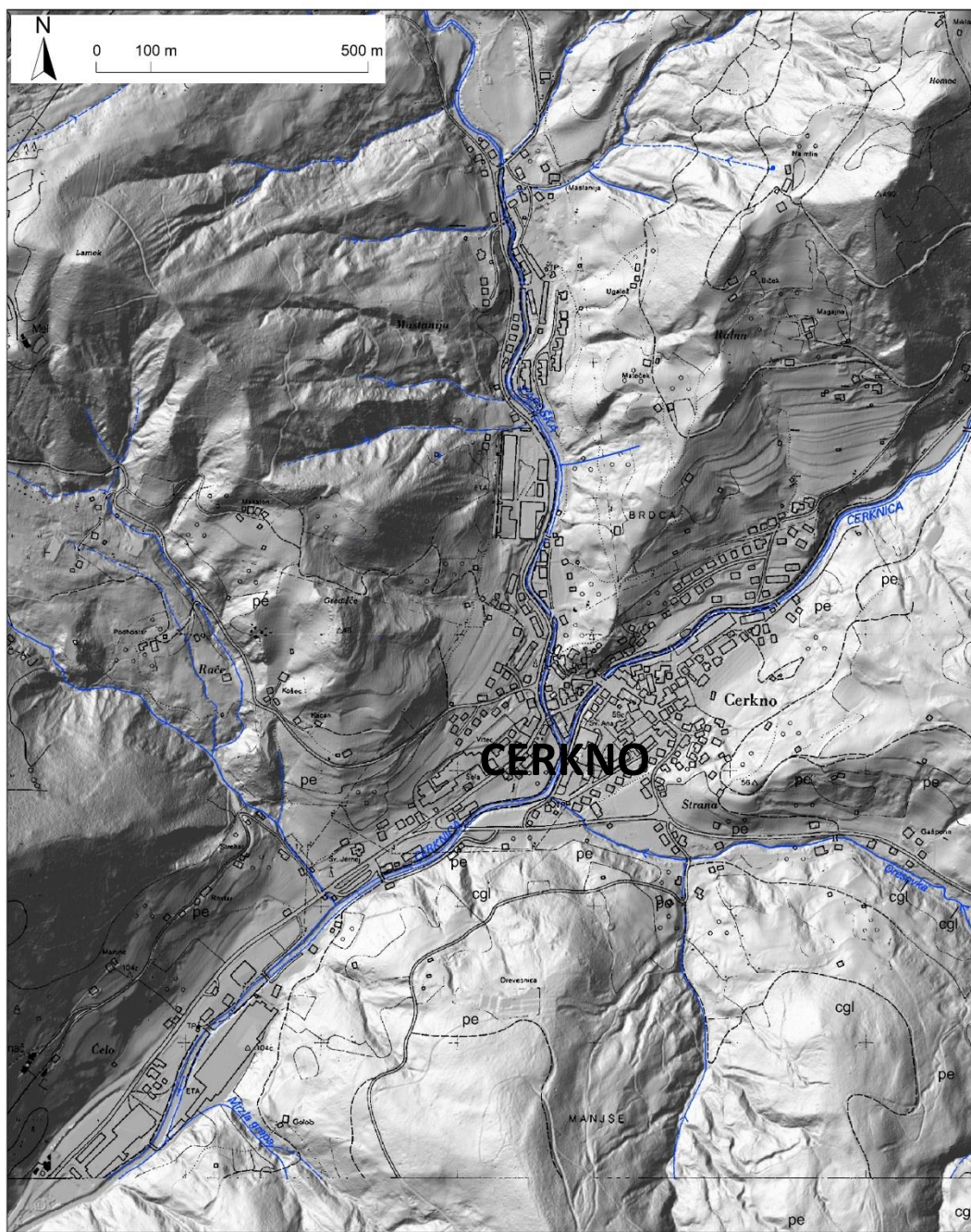




Črni vrh



- LEGENDA**
- TUF
 - TUFIT ALI TUFSKI PEŠČENJAK
 - TUFSKI KONGLOMERAT
 - DROBNOZRNATI PEŠČENJAK
 - MULJEVEC
 - POKRITO
 - LAMINACIJA
 - SISTEM RAZPOK
 - IZVIR



Naselje Cerkno

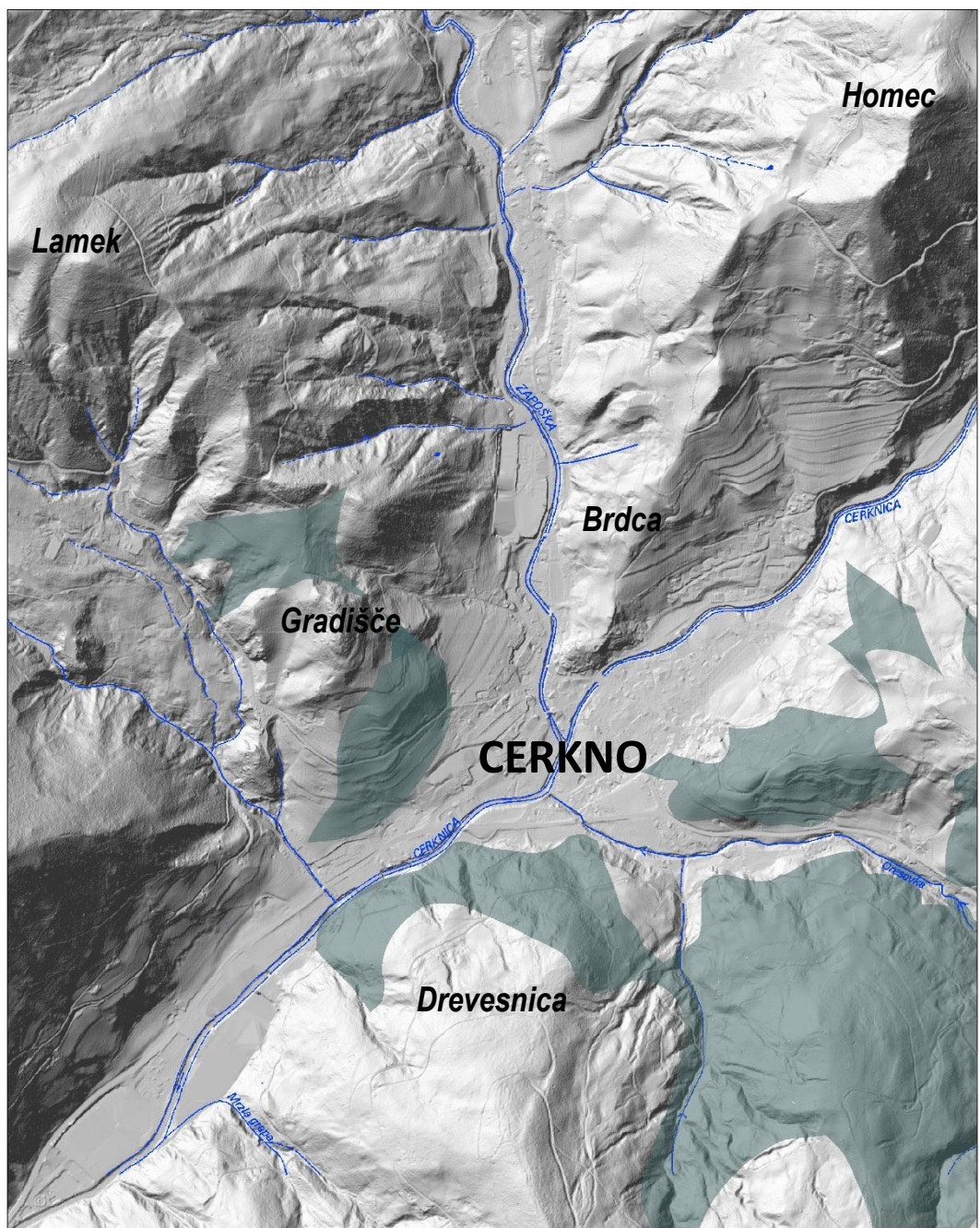


KAMNINE KARBONSKE STAROSTI:

Skrilav glinavec
1,84 W/(m·K)

Kremenov konglomerat
4,83 W/(m·K)

Kremenov peščenjak
3,91 W/(m·K)





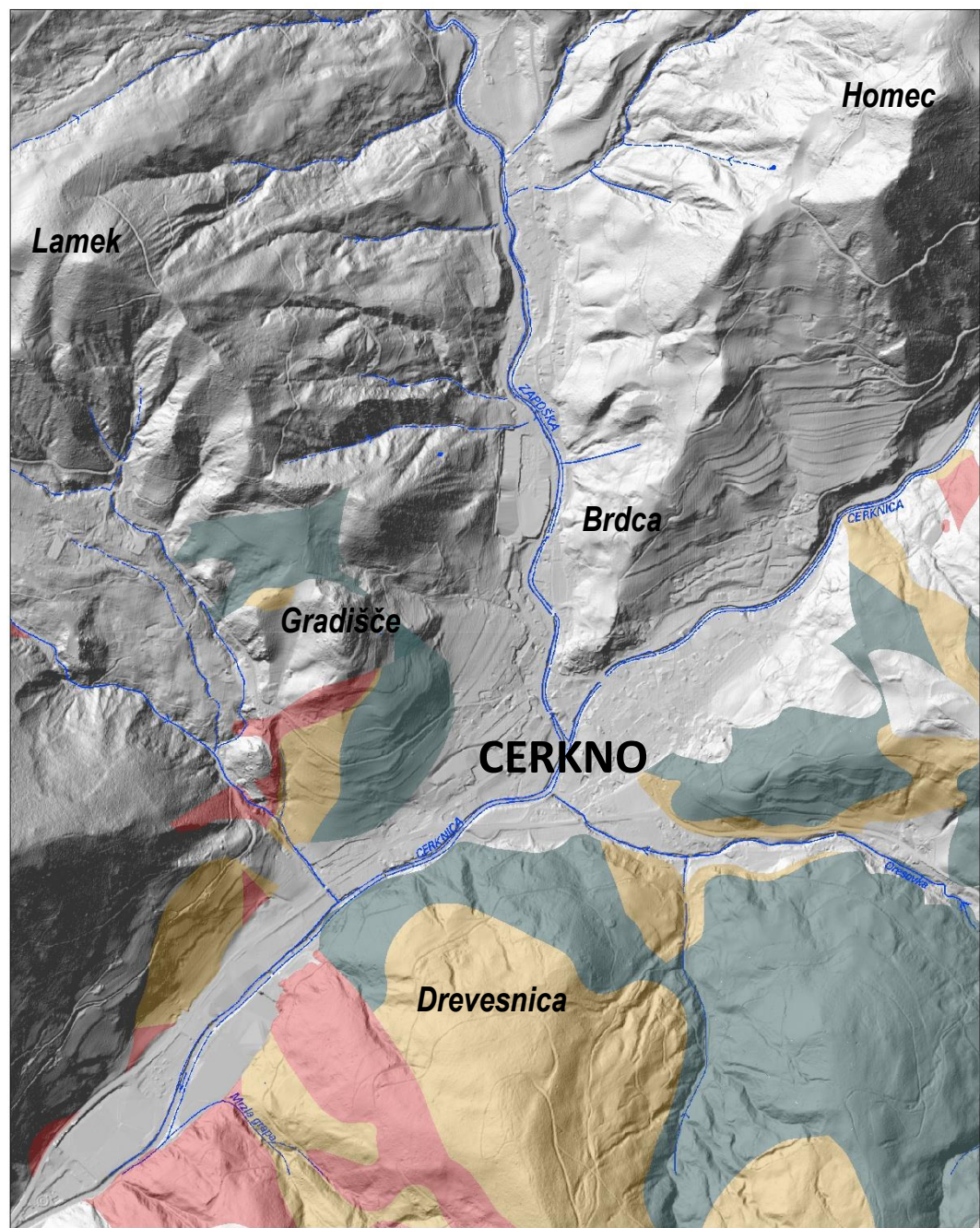
**KAMNINE PERMSKE
STAROSTI:**

Kremenov peščenjak

**Meljevec
1,95 W/(m·K)**

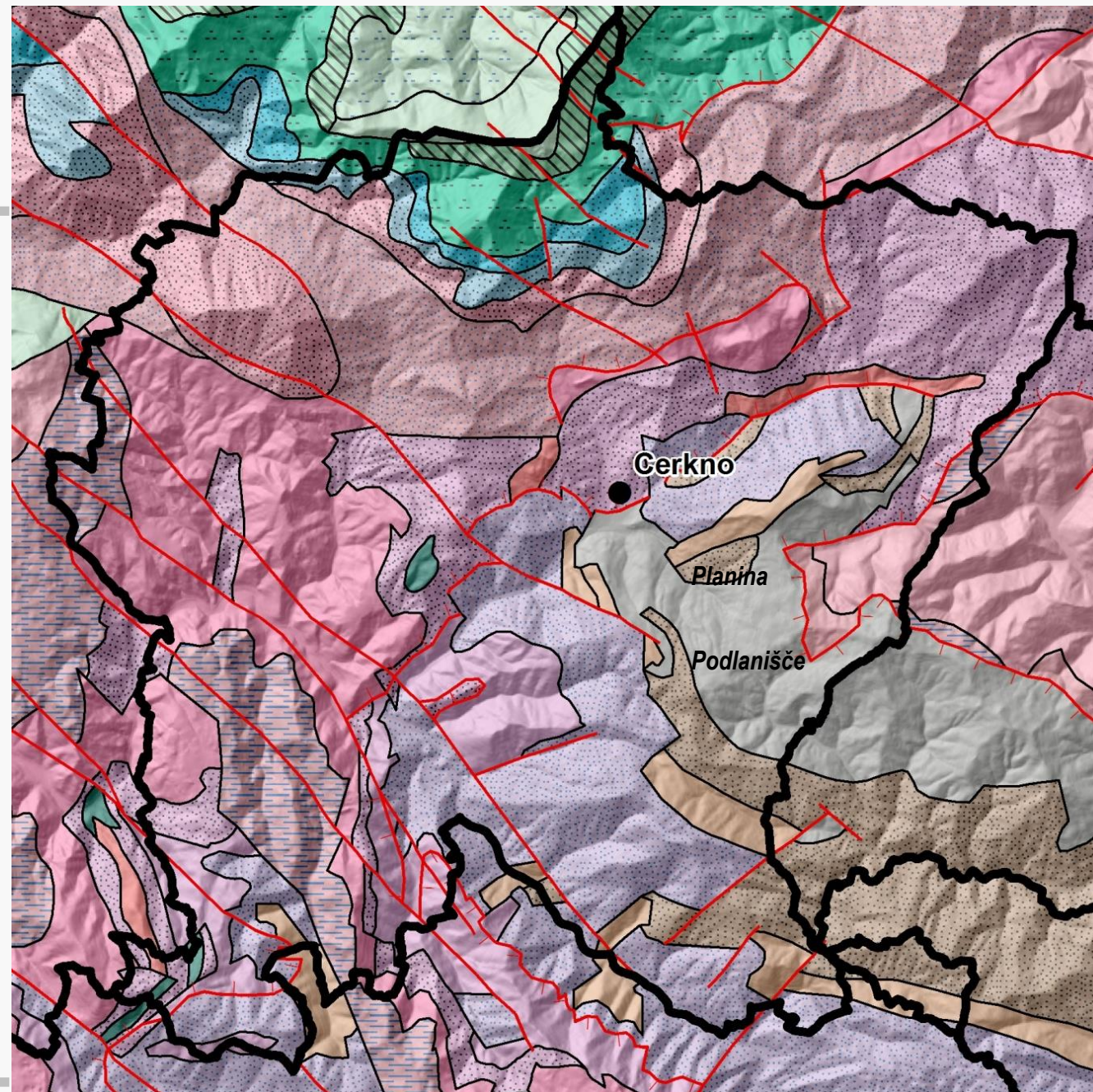
**Apnenec
2,36 W/(m·K)**

**Dolomit
Lapornat apnenec**





KAMNINE KARBONSKE in PERMSKE STAROSTI V OBČINI



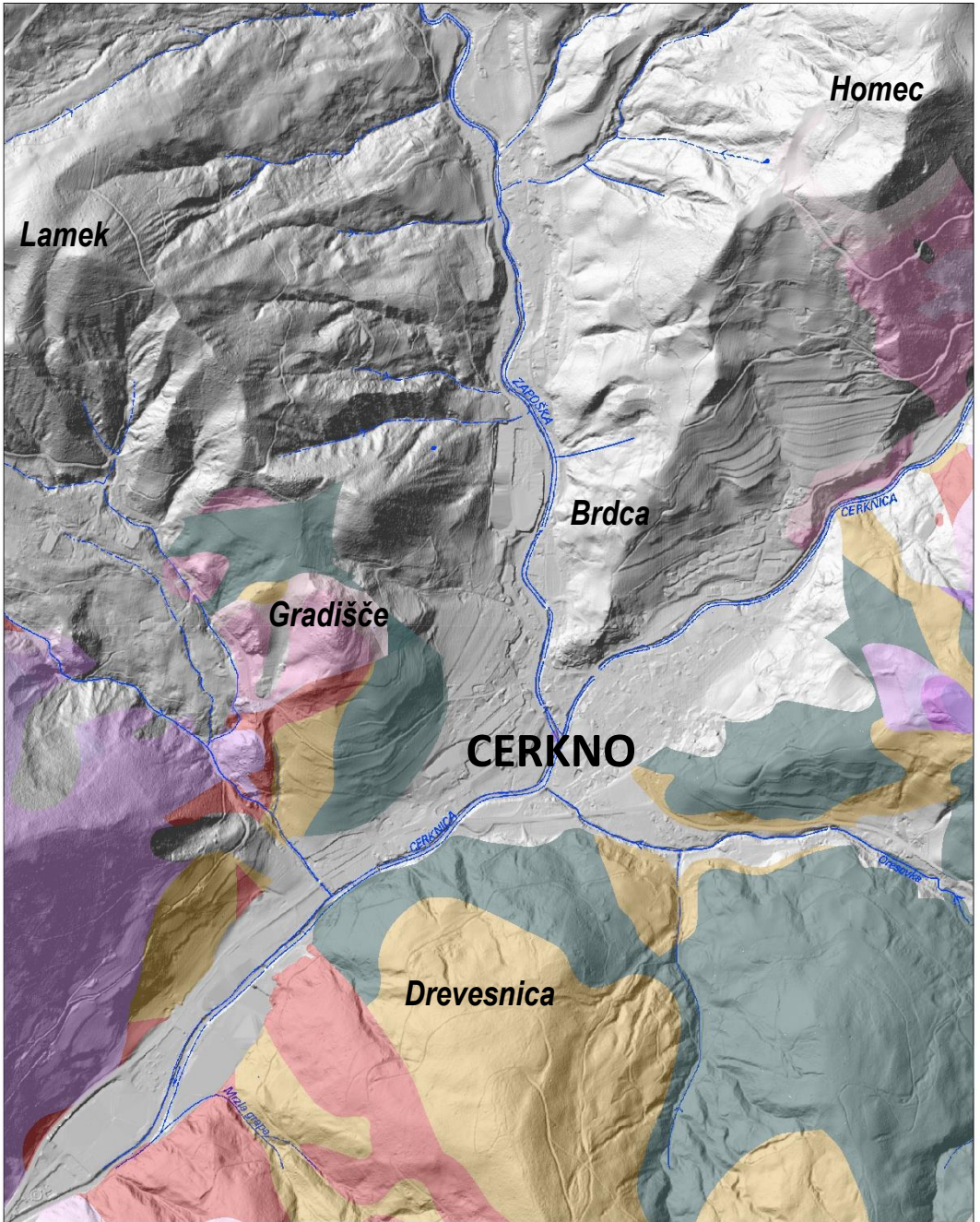


KAMNINE SPODNJE-TRIASNE STAROSTI:

Apnenec, lapornat apnenec
1,9 do 2,8 W/(m·K)

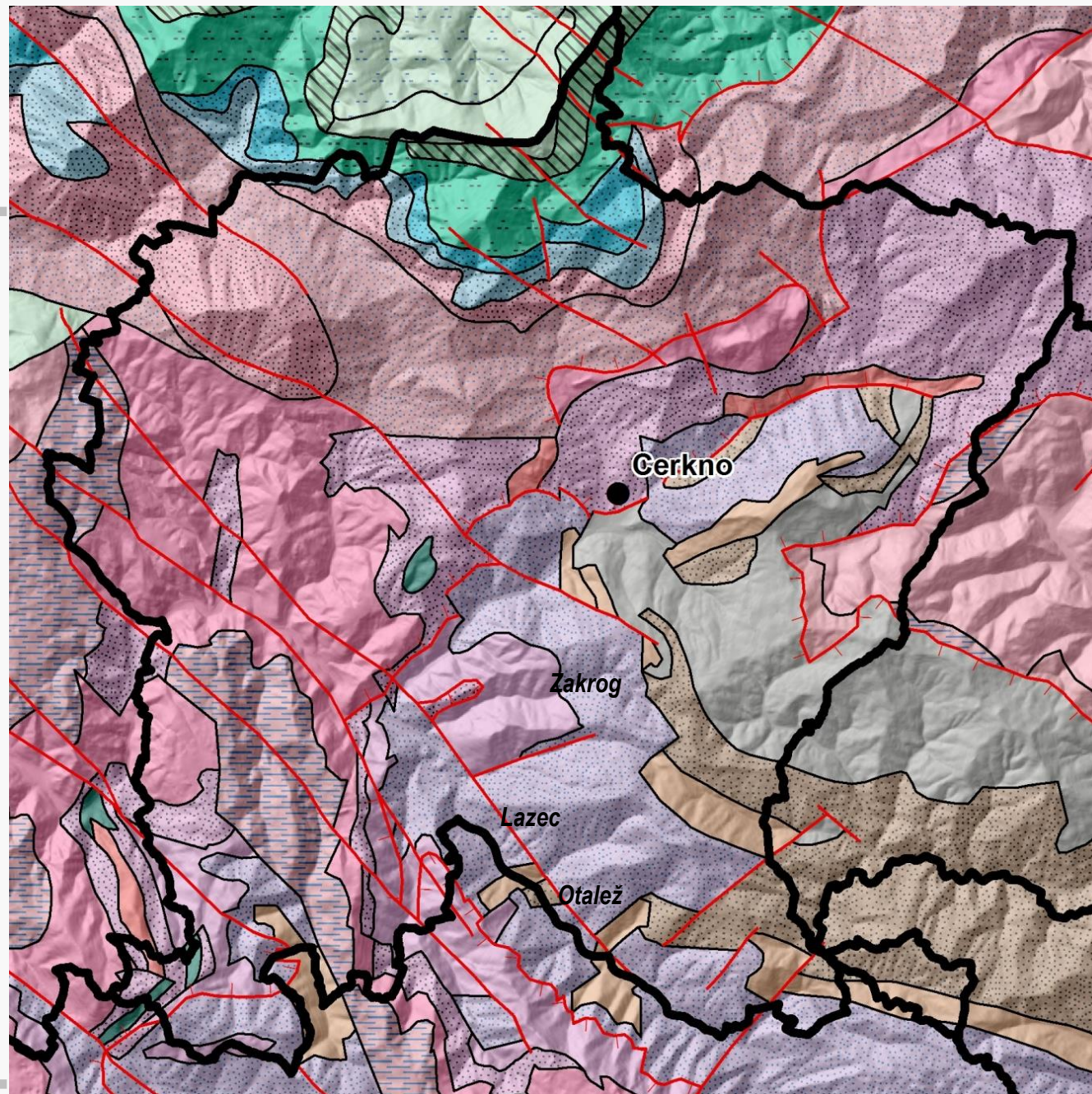
Dolomit
3,8 do 5,6 W/(m·K)

Meljevec in peščenjak
3,43 W/(m·K)





KAMNINE SPODNJE- TRIASNE STAROSTI V OBČINI

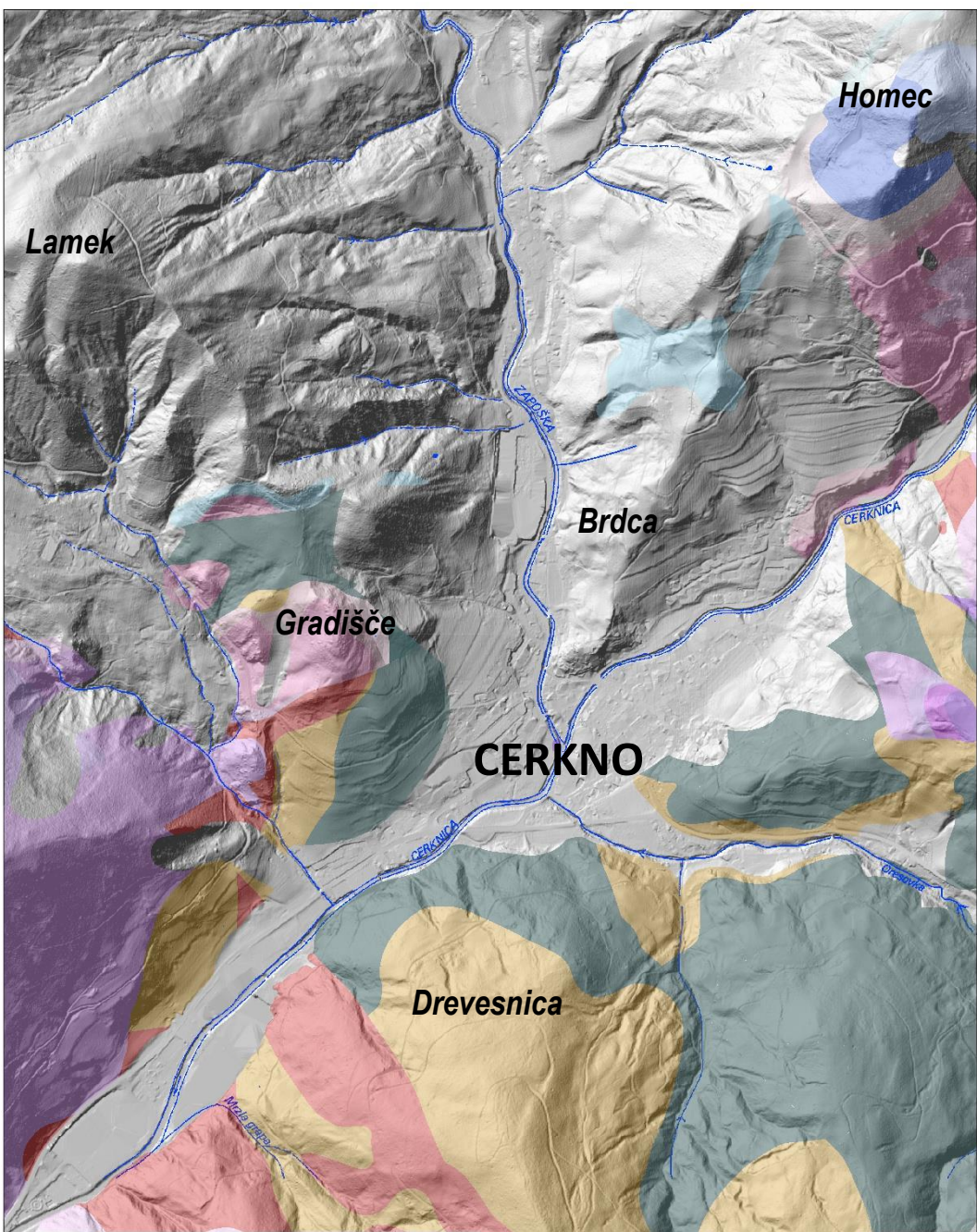




KAMNINE SREDNJE- TRIASNE STAROSTI:

Apnenec
2,96 W/(m·K)

Dolomit
5,33 W/(m·K)

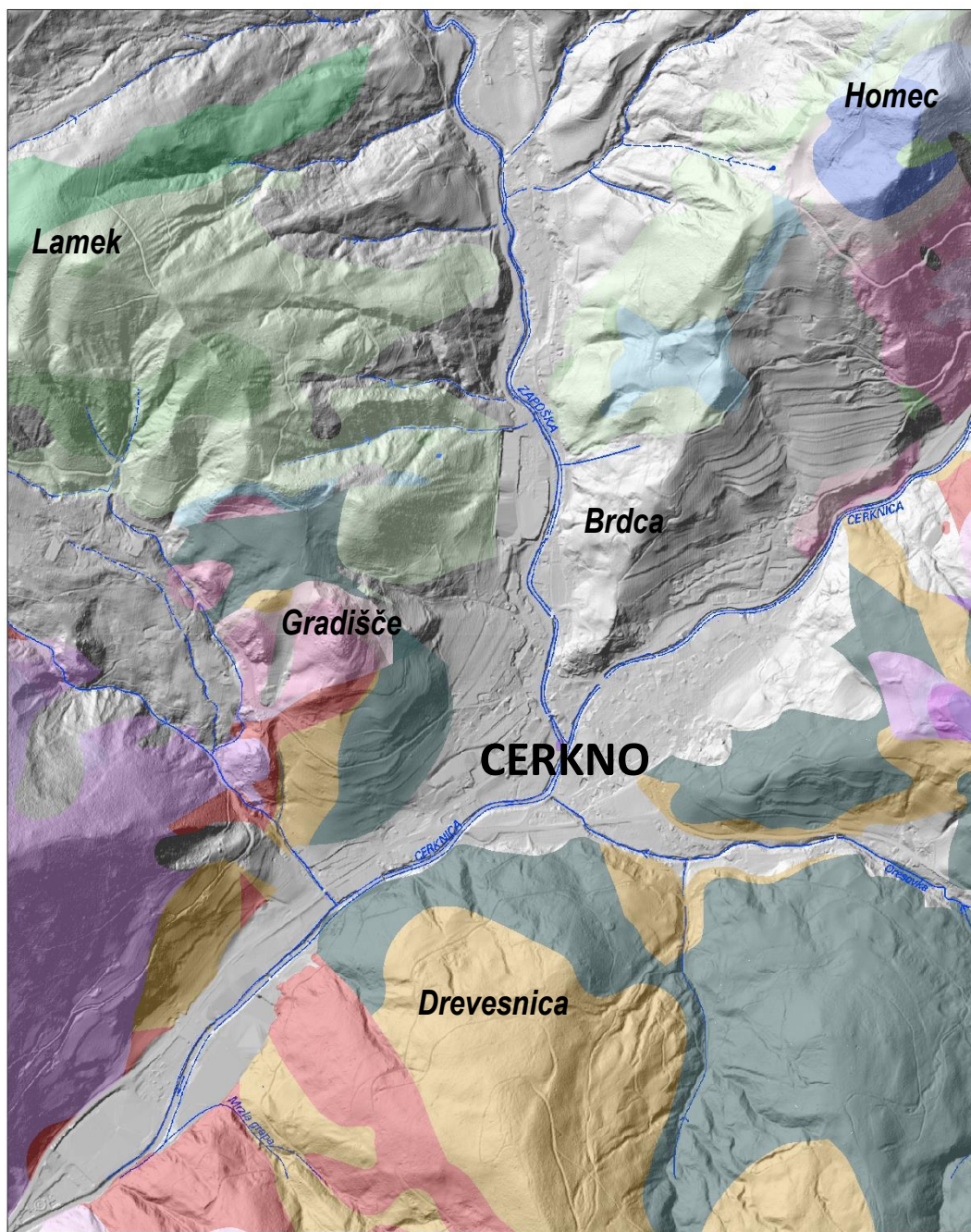




KAMNINE SREDNJE-TRIASNE STAROSTI:

Tuf, keratofirski in porfirski
3,2 do 4,0 W/(m·K)

Diabaz
2,95 W/(m·K)



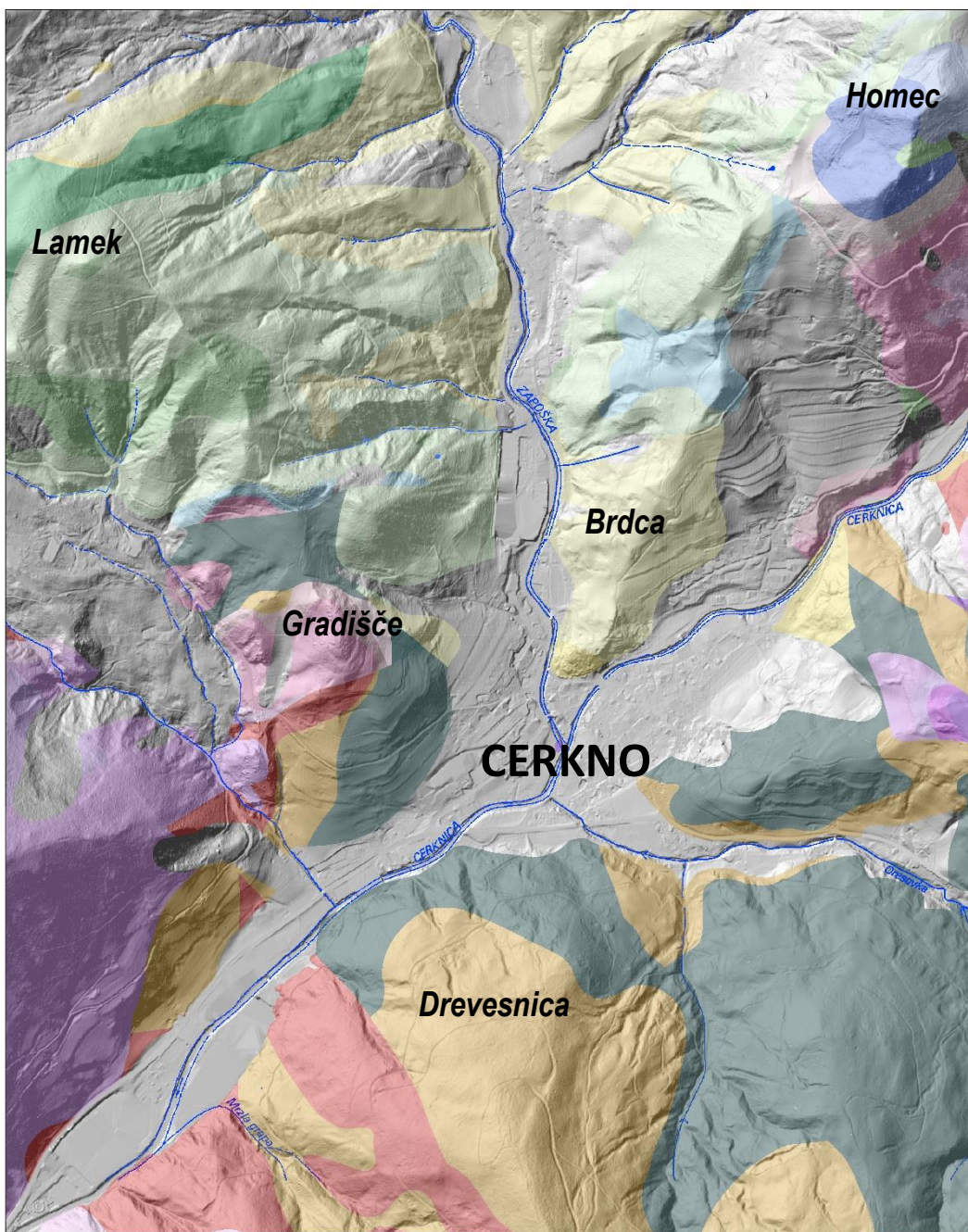


KAMNINE ZGORNJE- TRIASNE STAROSTI (Amfiklinska formacija):

Glinavec
 $1,95 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

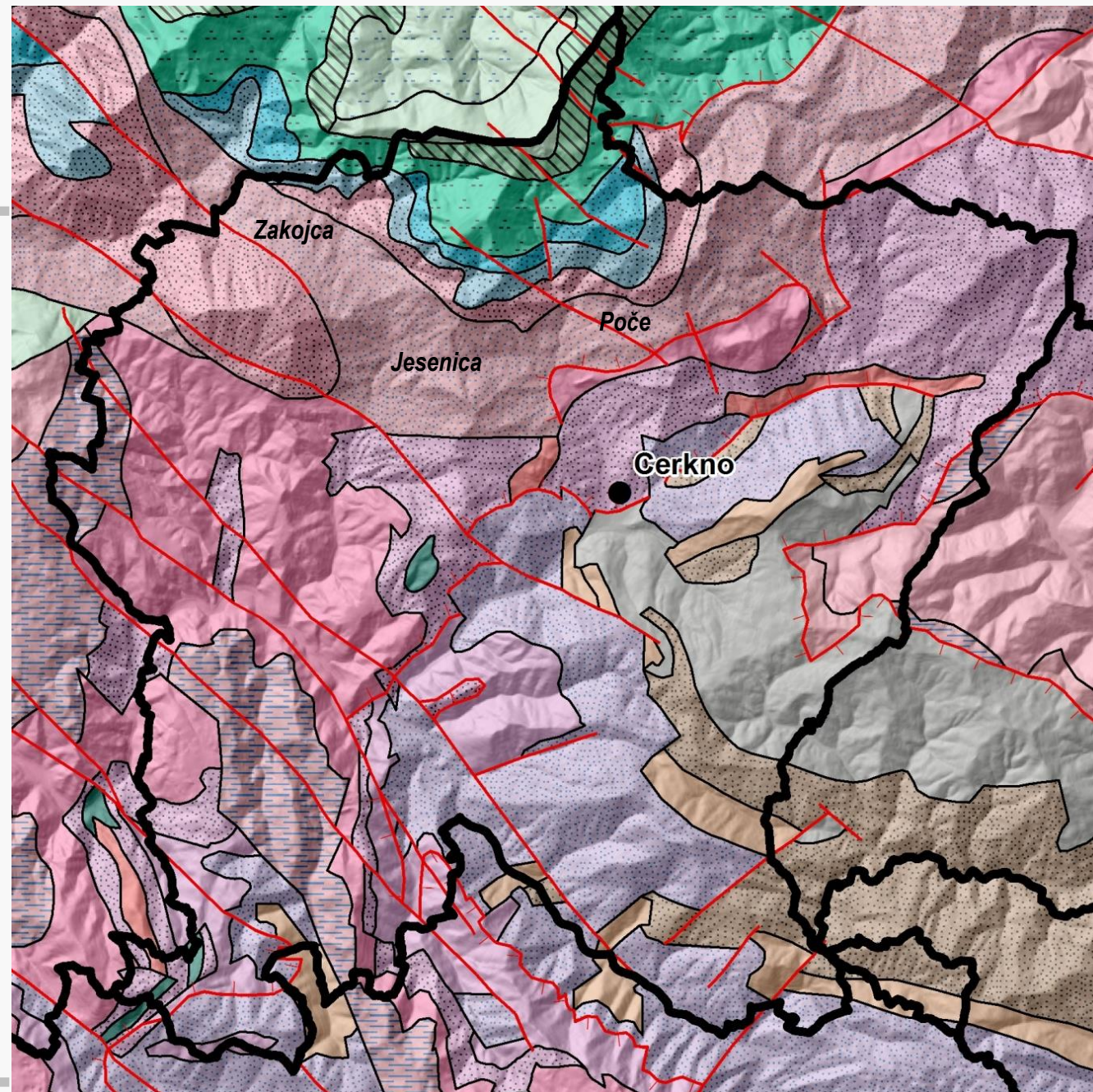
Peščenjak
 $2,75 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Apnenec
 $2,76 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$





KAMNINE ZGORNJE- TRIASNE STAROSTI V OBČINI



NAJVIŠJE TOPLOTNE PREVODNOSTI!

DOLOMITI TRIASNE STAROSTI:

Tankoplastnati dolomit,
4,12 W/(m·K)

Debeloplastnati dolomit
4,84 W/(m·K)

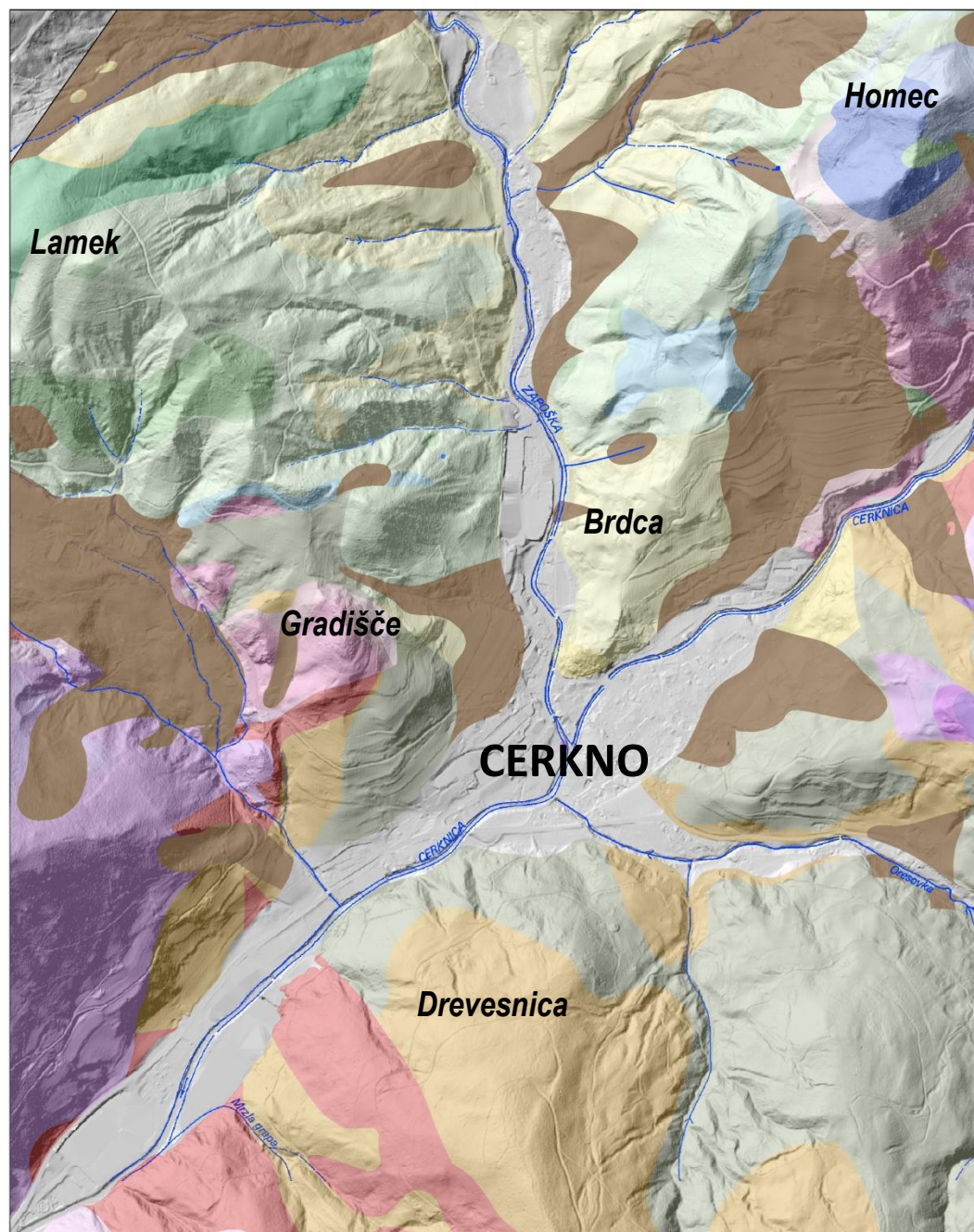
Masivni zrnat dolomit
5,60 W/(m·K)





MLAJŠI SEDIMENTI

Pobočni sedimenti

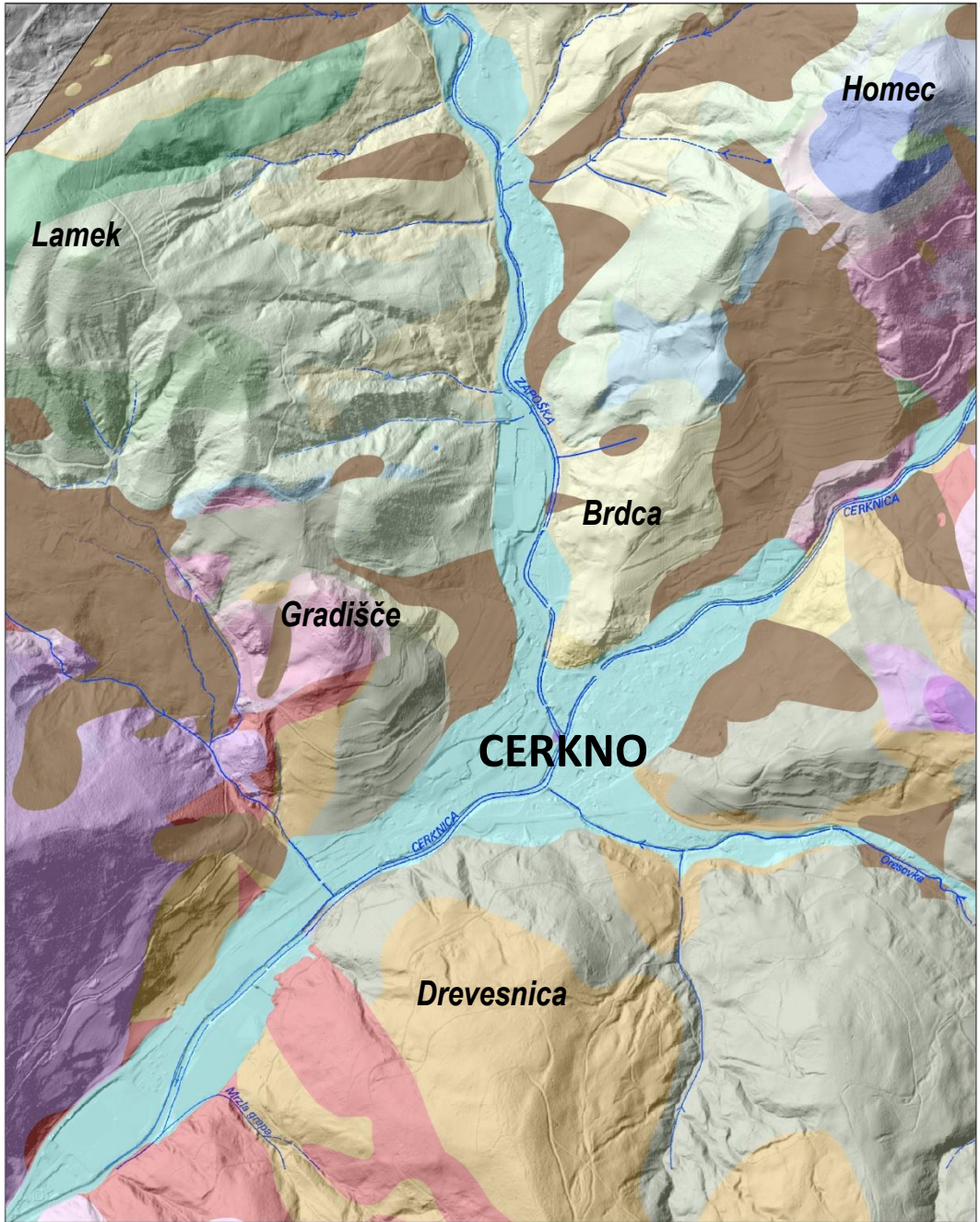




MLAJŠI SEDIMENTI

Rečni sedimenti

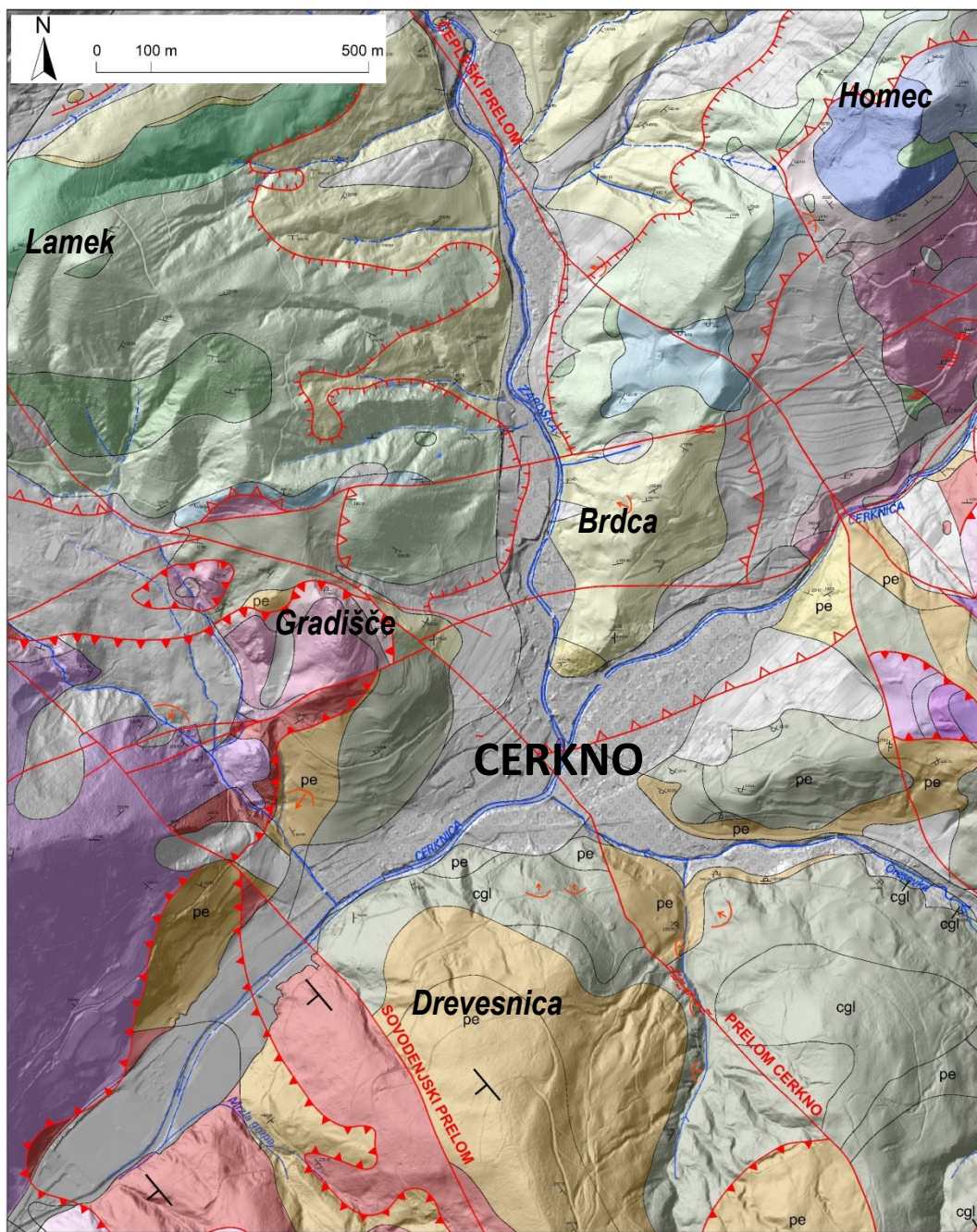
(debeline 1 do 5 m)





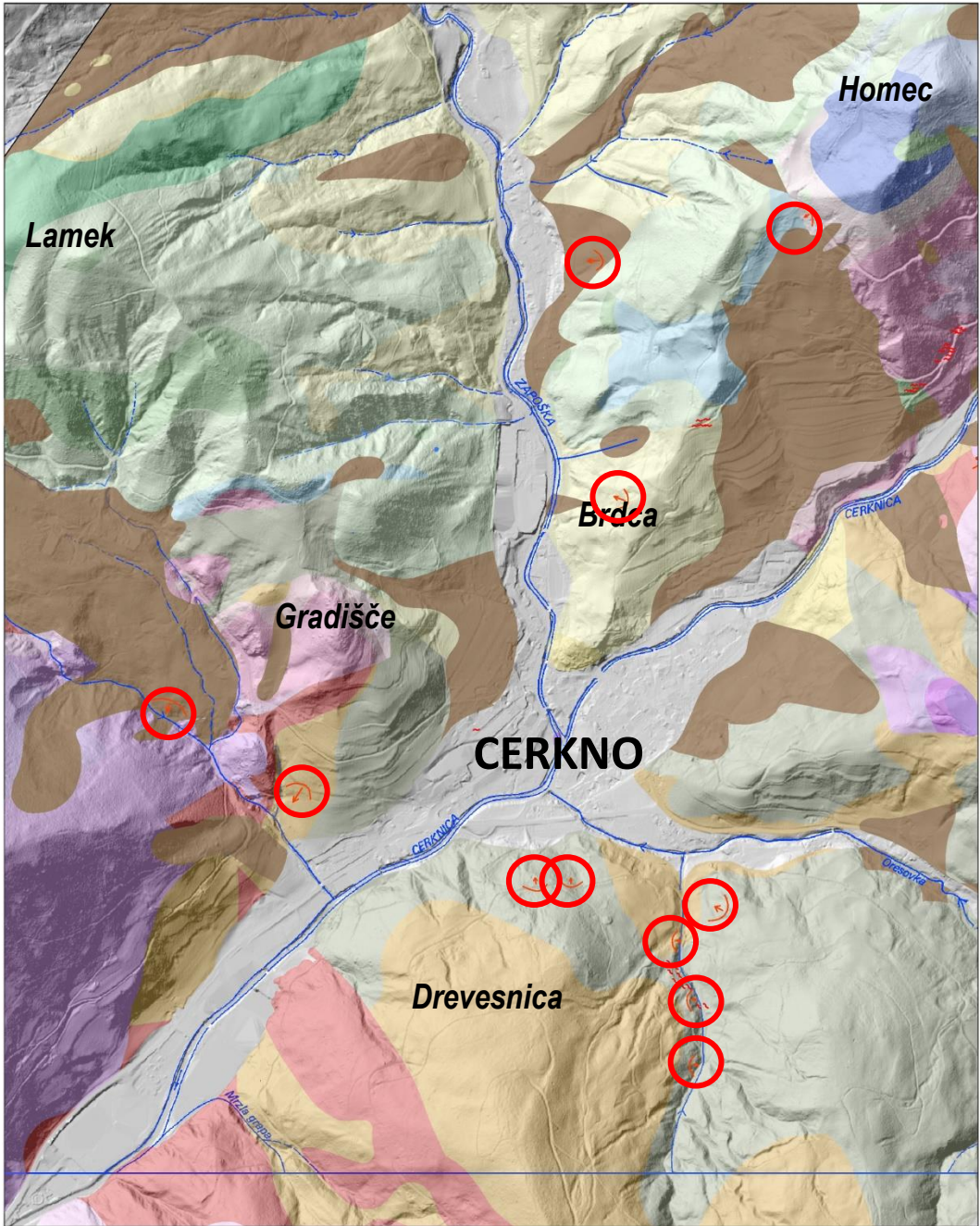
PRELOMI IN STANJE KAMNIN

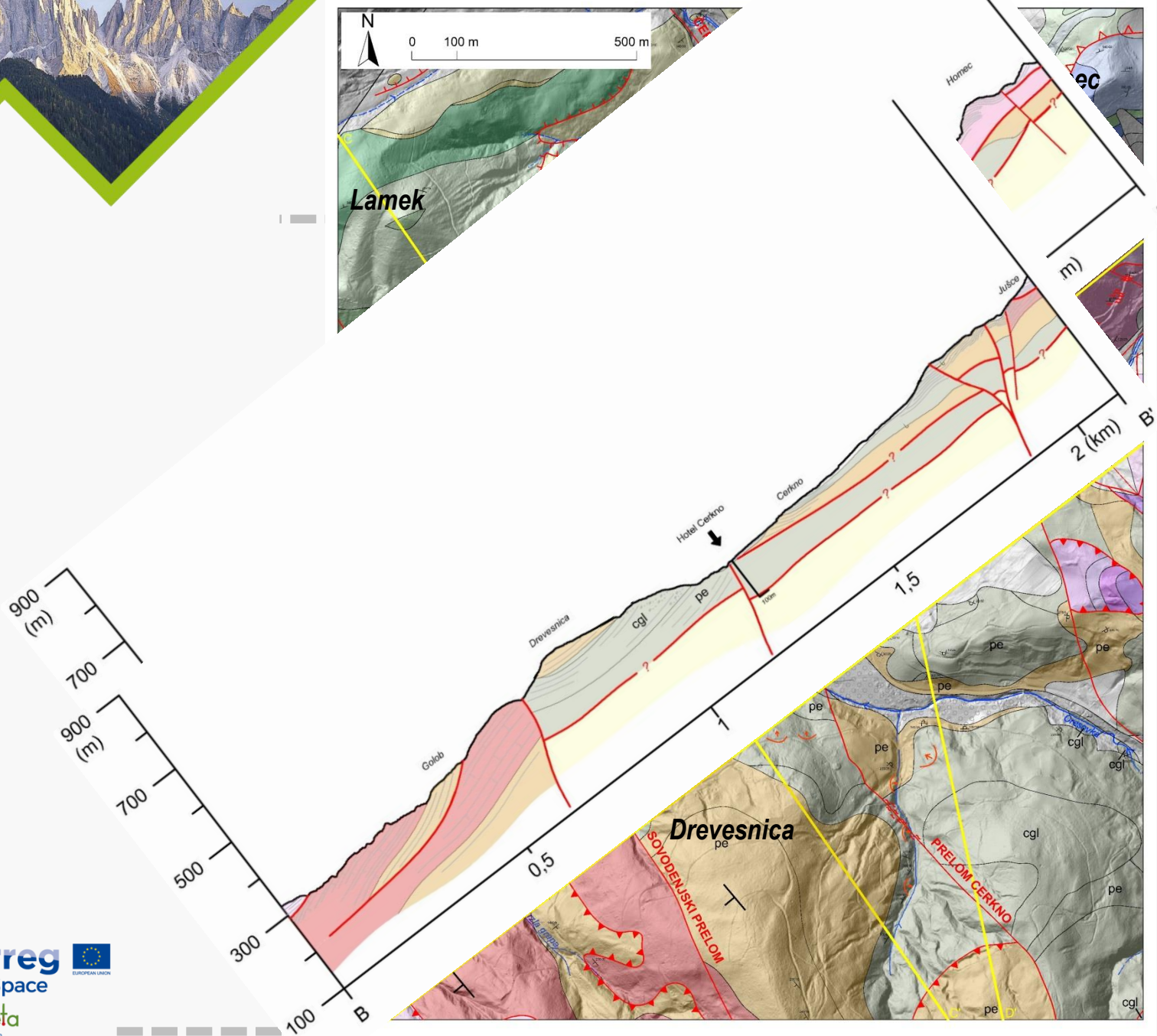
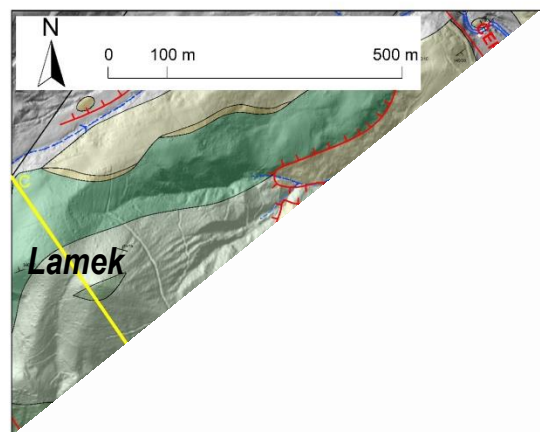
Vpliv tektonike

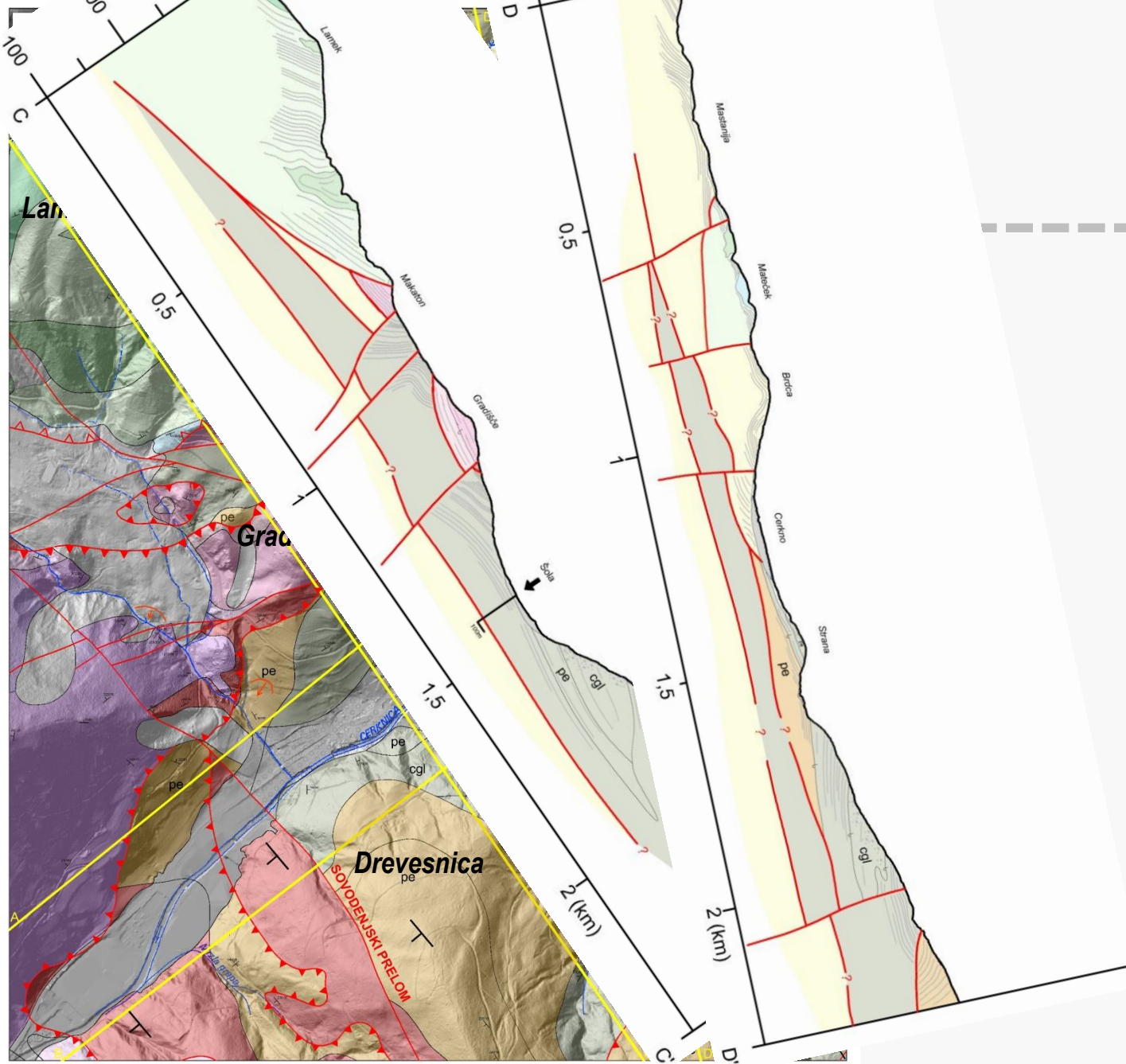




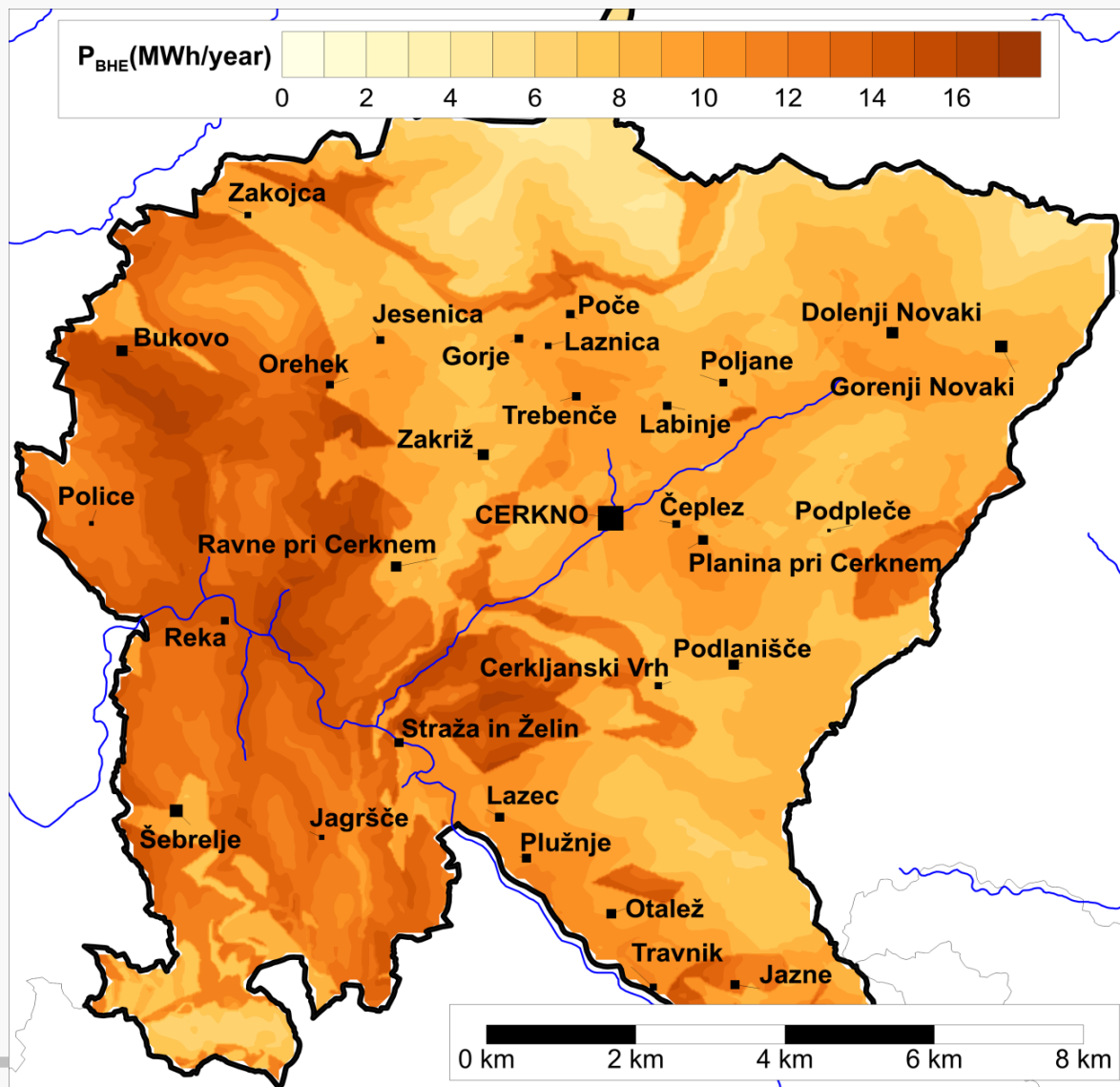
ZEMELJSKI PLAZOVI





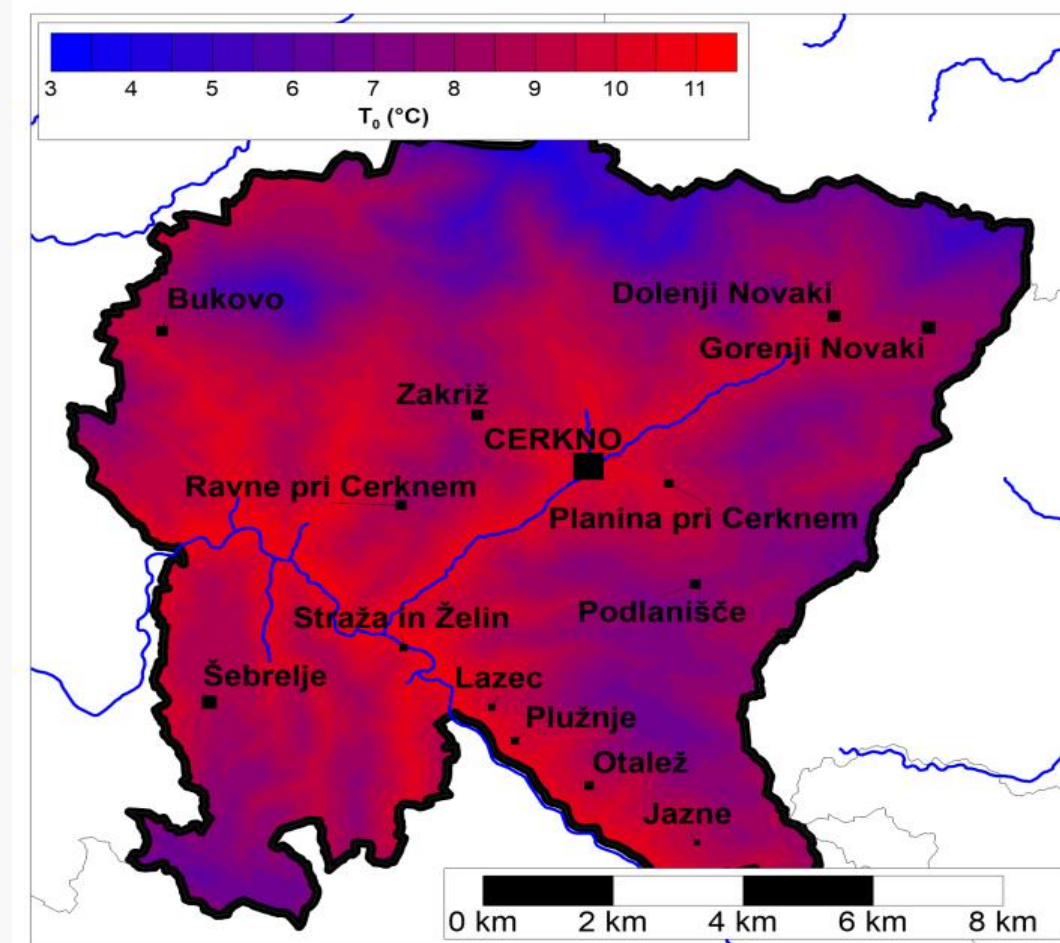
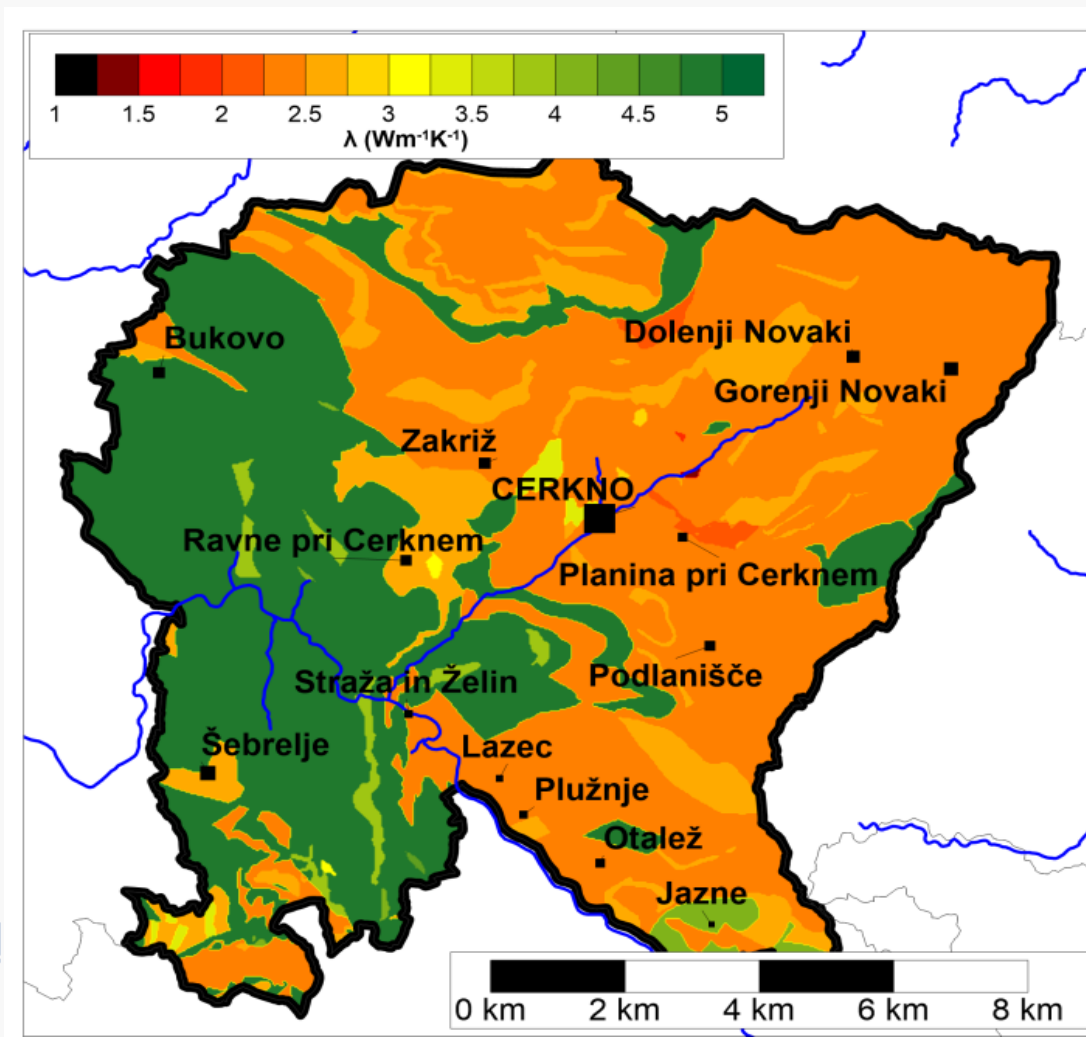


Plitvi geotermalni potencial občine Cerklno (*MWh / leto*) (Casasso et al., 2017)



Koliko energije dobimo iz
100 m vrtine v enem letu?

Toplotne prevodnosti kamnin na površini in poprečna letna temperatura tal



Hvala za vašo pozornost!

See more at www.alpine-space.eu/projects/greta

Find us on **facebook**

Follow us on **LinkedIn**

Send us an email at contact@greta-alpinespace.eu

Interreg 
Alpine Space

 **Greta**



Technische
Universität
München



 Geological Survey of Austria



eurac
research

triple.s

INDURA



Plitvi geotermalni potencial (Casasso et al., 2017): koliko dobimo iz 100 m vrtine (*MWh / leto*) s pomočjo tehnologije toplotnih črpalk v občini Cerklno

Vrsta tal	Specifična stopnja odvzema toplote, W/m	
	za 1800 h obratovanja letno	za 2400 h obratovanja letno
Splošne smernice:		
slaba tla (suha zemlja ali prst) in $\lambda < 1,5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	25	20
normalna tla in z vodo nasičen sediment: $1,5 < \lambda < 3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	60	50
trda kamnina z visoko prevodnostjo toplote : $\lambda > 3,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	84	70
Posamezni tipi tal:		
suh prod ali pesek	< 25	< 20
prod ali pesek nasičen z vodo	65 do 80	55 do 65
prod ali pesek in močan tok podzemne vode, za posamične sisteme	80 do 100	80 do 100
vlažna glina in ilovica	35 do 50	30 do 40
masivni apnenec	55 do 70	45 do 60
peščenjak	65 do 80	55 do 65
silikatna magmatska kamnina (n.pr. granit)	65 do 85	55 do 70
bazična magmatska kamnina (n.pr. bazalt)	40 do 65	35 do 55
diorit (tudi gnajs)	70 do 85	60 do 70
OPOMBE: vrednosti veljajo za sisteme s TČ z grelno nazivno močjo do 30 kW		
Vrednosti se lahko precej sipljejo zaradi strukture kamnin kot so razpoke, foliacija, preperelost, itd.		



Plitvi geotermalni potencial (Casasso et al., 2017): koliko lahko dobimo iz 100 m vrtine (*MWh / leto*) s pomočjo tehnologije toplotnih črpalk v občini Cerkn

Tole lahko omenimo ob prikazu karte Plitvega geotermalnega potenciala po G.Pot metodi:

Primerjava je mogoča z drugimi metodami, kot je npr. **VDI4640**. Če upoštevamo najvišji letni obratovalni čas (2400 ur / leto), je lahko stopnja ekstrakcije toplote 50 W/m pripisana **klastičnim** kamninam, medtem ko je 70 W/m mogoče pridobiti iz **dolomitov**. Za 100 m globoko geosondo to vodi do potenciala 12 MWh/leto oziroma 16,8 MWh/leto, kar je 20 do 50% več kot so vrednosti, dobljene z **metodo G.POT**. Takšno razliko lahko pripišemo dejstvu, da metoda VDI4640 ne upošteva nemotene temperature tal, ki je na območju Cerknega relativno dokaj nizka v letnem poprečju.

Primerjava nekaterih kamnin Cerkljanskega in različnih snovi (n.pr. gradbeni materiali) v toplotni prevodnosti

Lokacija	Litologija površja	Starost, kamnine površja	Kamnine na površju, razpon vrednosti	Kamnine na površju, poprečje	Volumska toplotna kapaciteta
			λ	λ_{mean}	$C_v = \rho \cdot c$
			W/(m·K)	W/(m·K)	MJ/(m ³ ·K)
Brdca	meljevec do muljevec	T ₃ ¹	1,602 - 2,231	1,952	1,7 - 2,3
Brdca	peščenjak	T ₃ ¹	2,195 - 3,419	2,746	1,8 - 2,6
domačija Kacan	skrilav glinavec	C	1,649 - 2,070	1,843	1,7 - 2,4
Mlin (Pot pod Bregom)	kremenov peščenjak s konglomeratom	C	3,473 - 4,346	3,908	2,0 - 2,3
Črni Vrh	meljevec in skrilav glinavec	T ₂ ²	1,480 - 2,182	1,775	1,8 - 2,4
Žabče	masivni kristalast dolomit (cordevol)	¹ T ₃ ¹	5,265 - 5,791	5,593	2,4 - 2,9
	Toplotna prevodnost različnih snovi		λ_{razpon}	$\lambda_{\text{priporočljiva}}$	
	kovine		W/(m·K)	W/(m·K)	
	jeklo			60	3,12
	aluminij			209,3	
	baker			389,6	
	toplotni izolatorji				
	azbestni karton (zračno suh)			0,157	
	penaste plastične snovi (zračno suhe)		0,043 - 0,058		
	steklena volna		0,035 - 0,081		
	nekatero druge snovi				
	mešanica cementa/strjena polnitev			0,8	3
	beton		0,9 - 2,0	1,4	1,8
	železobetone			1,55	
	polietilen (PE100)			0,4	1,63
	les: hrastovina vzdolž vlaken		0,35 - 0,43		
	les: hrastovina prek vlaken		0,2 - 0,21		
	led (-10°C)			2,32	1,87
	voda (10°C)			0,6	4,15
	zrak (0°C - 20°C)			0,02	0,0012
Eugster, W., Pahud, D., Rohner, E., Signorelli, S. 2010. Sondes géothermique. SIA 384/6:2010 Bâtiment, génie civil, SN 546 384/6, Zurich, 76 pp.					
Koškin N.I., Širkevič M.G., 1984. Priročnik elementarne fizike. TZS, Ljubljana, 246 pp.					

Stanje korišćenja plitve geotermalne energije s tehnologijo toplotnih črpalk drugod (Evropa, Sev. Amerika, Kitajska)

Država	število enot GTČ	Inštalirana kapaciteta GTČ Mwt	proizvedena toplota s tehnologijo GTČ		objavljeno:	opomba
			TJ / leto	GWh/leto		
ZDA	1400000	16800	66670	18519	WGC, 2015	štev. enot prerač. na 12 kW poprečno moč
Kitajska		11781	100311	27864	WGC, 2015	
Kanada	120000	1458	11338	3150	WGC, 2015	štev. enot prerač. na ca 12 kW poprečno moč
Japonska	1000	100	500	139	WGC, 2015	ekstrapolirano iz 2012
Švedska	540000	5800	72360	20100	EGC, 2016	stanje ob koncu 2015; proizvodnja toplote vključno z elektriko za TČ
Švedska	497658	5600	51920		EurObserver 2016; WGC, 2015	
Nemčija	325000	3900	20534	5704	EGC, 2016	stanje ob koncu 2015
Nemčija	330244				EurObserver 2016	
Nemčija		2590	16200	4500	WGC, 2015	
Francija	200000	1800	11016	3060	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Francija	148675				EurObserver 2016	
Finska	130000		18000	5000	EGC, 2016	stanje ob koncu 2015
Finska	94504				EurObserver 2016	
Avstrija	70000	840	4990	1386	WGC, 2015	
Avstrija	95860				EurObserver 2016	
Avstrija	144550	1500	7200	2000	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Švica	88215	1532	8587	2385	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Danska	40000	400	2152	598	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014; ocena Antics et al
Danska	56023				EurObserver 2016	
Norveška	55000				EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Nizozemska	45986	1160	16542	4595	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014; vključno z ATES in BTES
Nizozemska	47407				EurObserver 2016	
Poljska	45000	500	2570	714	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Poljska	30255				EurObserver 2016	
Združeno kraljestvo	19000	370	2394	665	EGC, 2016	stanje ob koncu 2015
Združeno kraljestvo	27263				EurObserver 2016	
Belgija	20372	270	1555	432	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Češka	18300				EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Češka	21494				EurObserver 2016	
Irska	17195	191	906	252	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Italija	13200	531	3262	906	EGC, 2016	stanje ob koncu 2014
Italija	14100				EurObserver 2016	
Estonija	10625				EurObserver 2016	
Litva	6396	82	695	193	EGC, 2016	stanje ob koncu 2015
Madžarska	5500	61	439	122	EGC, 2016	stanje ob koncu 2015
Grčija	3000	148	709	197	EGC, 2016	stanje ob koncu 2015
Slovenija	9350	137	732	203	EGC, 2016	stanje ob koncu 2015