

**PRVI REZULTATI RAZISKAV KAMNINE V TREH
LUNANSKIH KAMNITIH GOZDOVIH
(YUNNAN, KITAJSKA)**

**FIRST RESULTS OF ROCK RESEARCH IN
THREE LUNAN STONE FORESTS
(YUNNAN, CHINA)**

MARTIN KNEZ¹

Izveček

UDK 551.44(510)
552.54(510)

Martin Knez: Prvi rezultati raziskav kamnine v treh lunanskih kamnitih gozdovih (Yunnan, Kitajska)

Kamnina je v nekaterih predelih lunanskega področja izredno monotone sestave, ponekod pa v geoloških profilih zasledimo pestro menjavanje različnih tipov apnencev in dolomitov. To se odraža na selektivni koroziji in eroziji karbonatov in s tem na oblikovanosti in morfološkem izgledu posameznih kamnitih stebrov, večjih kamninskih blokov in reliefu pokrajine.

Ključne besede: krasoslovje, geologija, litologija, selektivna korozija, kamniti gozd, Yunnan, Kitajska.

Abstract

UDC 551.44(510)
552.54(510)

Martin Knez: First results of rock research in three Lunan Stone forests (Yunnan, China)

In some areas of Lunan county the composition of the rock is very monotonous but in some places the geological profiles show alternation of different types of limestones and dolomites. This results in selective corrosion and erosion of carbonates and therefore affects the appearance of separated stone pillars, of the bigger rock blocks and of the landscape relief.

Key words: karstology, geology, lithology, selective corrosion, stone forest, Yunnan, China.

¹ Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, SI - 6230 POSTOJNA, SLOVENIJA

UVOD

Raziskave v treh kamnitih gozdovih (Shilin, Naigu in Laoheigin) v bližini kraja Lunan (Yunnan) so potekale v sodelovanju med Yunnanskim geografskim inštitutom (Centrom za zaščito narave in kulture) in Inštitutom za raziskovanje krasa Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU. Delo na meddržavnem projektu z naslovom *Študij značilnosti krasa lunanskega Kamnitega gozda in študij podzemnega odtekanja vode* je finančno podprlo Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije.

Glavne značilnosti krasa v pokrajini Yunnan

Geološka struktura kamnin v pokrajini Yunnan (v kitajščini pomeni Yunnan *južno od ozir. pod oblaki*; v resnici je večji del pokrajine visoka planota z nadmorskimi višinami okrog 2000 m) se kaže kot serija izmenjujočih grebenov in udorin (tektonskih grabnov) v smeri sever-jug. V splošnem pa je znano, da sta bili področji vzhodnega in centralnega dela pokrajine v celoti tektonsko dvignjeni v kenozoiku in danes tvorijo obsežne visoke planote. Večinoma spodnjepaleozojske in triasne karbonatne kamnine se razprostirajo predvsem v vzhodnem Yunnanu. Prav tako tudi v nekaterih delih zahodnega Yunnana (Zhongdian, Dali in Lincang) zasledimo posamezna manjša karbonatna področja. V provinci Yunnan, ki meri okrog 97 000 km², je skoraj 26% ozemlja kraškega (Sweeting 1995).

Naj omenim v literaturi dosegljiv podatek, da ima celotna Kitajska okrog 3,4 milijona km² karbonatnih kamnin, to je približno tretjina državnega teritorija (Yuan 1991). Kljub temu pa je razgaljene karbonatne kamnine le za okrog 0,91 milijona km², kar je ena desetina njenega ozemlja.

V različnih geoloških in klimatskih pogojih so se izoblikovali trije različni tipi kraške pokrajine:

- a) kras tropskega deževnega gozda v Xishuangbanna na jugu,
- b) kras tektonskih udorin (grabnov) in
- c) kras visokih planot s "kamnitimi gozdovi".

Kras tropskega deževnega gozda v Xishuangbanna na jugu

V pokrajini Xishuangbanna se razteza najboljšejejša robni tropski predel celinske Kitajske. Dve kraški področji posebej izstopati: pokrajina Mengla s površino okrog 500 km² in ozemlje vzdolž reke Lancang s površino okrog 450 km². Apnenci v pokrajini Mengla so pretežno permjski in srednjekarbonski sivi masivni apnenci, biomikritni in bisparitni apnenci, psevdoolitni apnenci, bioklastični apnenci in triasni dolomitni apnenci. Skladovnica karbonatov je debela preko 2000 m. Pod vplivom vlažne tropske klime so apnenci v kvartarju

intenzivno zakraseli. Značilnosti kraške pokrajine vzdolž reke Lancang se kažejo v številnih depresijah in slepih dolinah, kjer so dokaj pogosti tudi t.i. "kamniti zobje" pa tudi posamezni kamniti stebri.

Kras tektonskih udorin (grabnov)

Kras v tektonskih udorinah (Song & Liu 1992) je močno razširjen pojav v pokrajini Yunnan, kjer je vsaj 28 ločenih predelov od katerih ni nobeden manjši od 100 km². Največji je t.i. kunminški bazen (po glavnem mestu pokrajine Yunnan, Kunming), ki presega površino 1100 km² in ima preko 3000 km² vodozbirnega zaledja. Nevezan kamninski pokrov v kunminškem bazenu znaša okrog 1000 m.

Kras visokih planot s "kamnitimi gozdovi"

"Kamniti gozdovi" kažejo poseben tip kraške pokrajine, za katero so značilni skupine stoječih apnenčastih stebrov, ponekod visokih preko 30 m. Apnenčasti stebri stojijo navadno na rahlo valoviti podlagi.

Kamnite gozdove delijo glede na njihovo pokritost z nevezanim sedimentom na gole, pokrite in skrite. Glede na geomorfološko pojavljanje pa na kamnite gozdove na dvignjenih področjih, kamnite gozdove v depresijah in kamnite gozdove na pobočjih.

Splošne značilnosti karbonatnih kamnin

Glavne značilnosti karbonatne kamnine so velika koncentracija le-teh, velika debelina in precejšnja starost kamnine, ki gradijo obsežnejše karbonatne komplekse. So večinoma platformnega tipa in se odlikujejo po precejšnji čistosti, enakomernosti v razporeditvi različnih karbonatnih tipov in enakomerni debelini. Nadalje je za te kamnine značilno, da so bile, tudi zaradi svoje starosti, podvržene močnemu vplivu diagenetskih procesov. Te značilnosti pa se neposredno odražajo tako na hidrološkem odzivu matične kamnine (Kogovšek, Liu & Petrič 1997) kot na razvoju krasa v splošnem.

Lunanski kamniti gozd

Najbolj značilen kitajski kamniti gozd je nedvomno kamniti gozd v neposredni bližini mesta Lunan (Lunan Shilin). Tam so kamniti stebri z izrazitimi ostrimi vrhovi, ki so pogosto tik pod vrhom ločeni od spodnje, bolj ali manj enakomerno debele baze, z leziko. V splošnem so stebri visoki praviloma več kot 10 m. Sicer pa kamnite gozdove najdemo tudi v provincah Guizhou, Guangxi in Fujian (Habič 1980; Waltham 1984; Song 1986). V Provincii Yunnan je preko 400 km² površine pokrite s kamnitimi gozdovi.

Lunanski kamniti gozd leži na valoviti kraški planoti na nadmorskih višinah od 1720 do 2000 m (Sweeting 1995). V omenjenem gozdu zasledimo pestro paleto kraških oblik, med katerimi so nedvomno najpomembnejši karbonatni stebri, visoki od 10 do 30 m. Manjši, do 10 m visoki stebri stojijo na višji nadmorski višini, medtem ko najvišji stebre najdemo v depresijah (Sweeting 1995). Pod kamnitimi gozdovi so pogosto tudi jame in podzemni vodni tokovi.

Vzrok tako izrazito razvitemu globokemu krasu v okolici Lunana je posebna kombinacija klimatskih, litoloških, strukturno geoloških in geomorfoloških pogojev (Yuan 1991).

Bistvene značilnosti karbonatnih kamnin na področju Lunana se kažejo v več nivojih. Ena pomembnejših lastnosti je nedvomno njihova spodnjepermijska starost. V splošnem gradijo tipične kamnite gozdove grebenski biomikriti in biospariti, ki so se odložili na blagih plitvomorskih brežinah. Takšne karbonatne kamnine, ki jih dodatno odlikujejo debele plasti in enakomerna kemična sestava, naj bi bile najbolj primerne za oblikovanje visokih kamnitih stebrov. Dodatno pa naj bi stratigrafske in litološke posebnosti, ki smo jih ugotovili v geoloških profilih, doprinesle k tvorbi izjemnih oblik. Letos opravljene uvodne analize so nekatere domneve pomagale ustrezno razrešiti.

Druga pomembna lastnost, ki omogoča razvoj kamnitih gozdov je blag naklon plasti. V lunanskem kamnitem gozdu je vpad plasti večinoma manjši od 5°. Različni tektonski pritiski so povzročili tvorbo številnih, v gosto mrežo razporejenih, razpok (cf. Šebela 1996). Zaradi svoje usmerjenosti so dovoljevale vertikalno migracijo vadozne vode in s tem intenzivno raztapljanje.

Različna višina kamnitih gozdov na različnih področjih se kaže kot tretja pomembna lastnost. Najvišji stebri (20-40 m) so se oblikovali v velikih skledastih udorinah z velikim vodnim zaledjem. V skledastih udorinah z zelo majhnim naklonom pobočji "zrastejo" stebri tudi nad 10 m. Kjer pa je matična kamnina še vedno pokrita s prstjo, najdemo le t.i. "kamnite zobe", stebre visoke do nekaj metrov (Yuan 1991; Song 1986).

Poleg navedenih značilnosti pa je oblikovanje stebrov tesno povezano z podpovršinskim raztapljanjem matične kamnine, kjer je glavni agens s CO₂ bogata vadozna voda. Ostri vrhovi kamnitih stebrov naj bi nastali z raztapljanjem kamnine s pomočjo površinske vode v brezračnem horizontu površinskega nevezanega in z organskim materialom bogatega sedimenta (Chen, Song & Sweeting 1985).

Litološke in stratigrafske značilnosti karbonatov lunanskega kamnitega gozda

Kamniti gozdovi, tako v splošnem kot tudi na področju Lunana, nastajajo primarno v zelo debeloplastnatem in kemično čistem apnencu. Po nekaterih podatkih naj bi se lunanski kamniti gozd razvil v karbonatnih plasteh, ki so debele tudi preko 30 m (Song 1986). Debelina plasti v drugih kamnitih gozdovih južne Kitajske je znatno nižja, saj znaša le okrog 2 m.

Lunanski kamniti gozd je nastal v spodnjepermijskih apnencih. Ti so bili tektonsko sicer močno porušeni, nagnjenost plasti pa kljub temu v povprečju ni večja od 10^0 . V nekaterih sosednjih kamnitih gozdovih je povprečna nagnjenost skladov izjemoma tudi prek 20^0 . Ugotovljeno je, da pri nagnjenosti plasti, ki presega 15^0 , ne more priti do večjih kamnitih stebrov (Song 1986).

Pri svojem delu nisem temeljil zgolj na vzorčevanju kamnine iz posameznih kamnitih stebrov, pač pa sem največ pozornosti posvetil stikom različnih kamnin v geološkem stolpcu. V nekaj primerih je tak stik razkrila močnejša korozija določenega dela profila, ki se je morfološko jasno odražala v kamnini. Večkrat pa je za ugotovitev stika litološko različnih kamnin botrovalo le zvezno vzorčevanje.

V lunanskih kamnitih gozdovih je bilo že na terenu ugotovljeno, da ima poseben pomen pri selektivni koroziji tudi različna stopnja poroznosti karbonata. Že makroskopsko je bilo ponekod opaziti, da so posamezni predeli geološkega profila oz. kamnitih stebrov bistveno bolj podvrženi vplivu korozije in erozije (sl.1, 2). Tudi raziskave na mikroskopskem nivoju, ki še niso zaključene, to dejstvo potrjujejo.

Karbonatna kamnina (stopnja Maokou) v Shilin kamnitem gozdu, le-ta meri 11 km^2 (Salomon 1997), se, z izjemo nekaterih krajših odsekov, iz strukturnega in teksturnega vidika skozi geološki profil praktično ne spreminja. Vsi vzorci, raziskani z mikroskopom kažejo, da je bila 350 milijonov let stara kamnina močno diagenetsko spremenjena. Fosilni ostanki so večinoma nerazpoznavni, čeprav tektonsko niso poškodovani. Tudi vpad plasti, ki je večinoma okrog 5^0 , in le redko večji od 10^0 , kaže na majhne regionalne premike. Hkrati pa rezultati mikroskopskih opazovanj kažejo na to, da danes opazovani vpad plasti najverjetneje odraža le relativno kratko fazo nagibanja terena v nevertikalni smeri, oziroma, da so bloki med sicer ne prav gostimi razpokami ostali malo poškodovani. Ne glede na to pa v kamnini zasledimo številne, s kalcitom zapolnjene drobne razpoke, ob katerih ni prišlo do opaznih zmikov. Zaradi čistosti in prekristaljenosti karbonata matične kamnine je kalcitne žilice marsikdaj že makroskopsko težko ugotoviti. Regionalno obsežno blago antiklinalno dviganje kamnine se je vršilo v več različnih fazah in obdobjih. Na ne le eno deformiranje permijske kamnine opozarja tudi drugi raziskovalci (cf. Yuan 1991).

Kamniti gozd Naigu ima površino 8 km^2 (Salomon 1997). Gradijo ga kamnine iz Qixia formacije, ki se skozi geološki profil nekajkrat spremenijo. Večkrat zasledimo spremembo v barvi, plastnatosti, poroznosti, spremembi vključkov in drugo. Baza najnižjega razkritega dela Naigu kamnitega gozda je sestavljena iz svetlorjavega do oranžnega masivnega in homogenega karbonata. V profilu sledijo kamnine, ki so slabše odporne na korozijo in erozijo. Tvorijo nekakšen ožji del stebra pod sicer širšim in s tem odpornejšim zgornjim delom.

Laoheigin kamniti gozd leži okrog 20 km severno od Shilina. Posamezni kamniti stebri in večji korozijsko in erozijsko preoblikovani bloki kamnine

zavzemajo le okrog 2 km². Morfološko so kamniti stebri zelo podobni tistim iz Naigu kamnitega gozda.

Zanimiva so mnenja o vplivu litologije na morfologijo krasa, posameznih kamnitih stebrov in kamninskih blokov. Nekateri krasoslovci trdijo (Zhang 1997), da ni nobenega vpliva karbonatne sestave in strukture kamnine na razvoj in obliko krasa ter kraških oblik. Omenjeni avtor nadaljuje, da se kamniti gozdovi lahko razvijajo tako na dolomitu kot na apnencu, z vključki roženca ali brez, ter da se razvijajo lahko na karbonatnih kamninah različnih strukturnih in genetskih tipov. Drugi pa so mnenja (Salomon 1997), da so litološke posebnosti kamnine bistveni faktor pri razvoju, oblikovanju in današnjem morfološkem izgledu kraških oblik skozi ves razvoj; od kamnitih zob do kamnitih stebrov.

Literature o podrobnih mikroskopskih raziskavah vzorcev iz geoloških profilov raziskovanih kamnitih gozdov nisem našel. Kljub temu pa je v eni od objav omenjeno, da je bilo iz vzorcev kamnine iz kamnitega gozda Shilin izdelanih nekaj mikroskopskih preparatov. Kje so morebitni rezultati mikroskopskih analiz, nisem uspel ugotoviti. V delu geološkega profila, ki ga je mogoče zajeti v neposredni bližini Shilina sem ugotovil, da mikroskopske analize večjih biostratigrafskih sprememb v kamnini ne pokažejo. Pač pa so v vseh treh raziskovanih gozdovih pomembnejše litološke anomalije.

Kljub temu, da se pogosto med rezultati različnih raziskav pojavljajo tudi rezultati kalcimetričnih analiz, pa ni opaziti, da bi kdo podrobneje raziskoval tudi stik litološko različnih kamnin, kjer je selektivna korozija pogosto jasno izražena in tam izvedel mikroskopske in kalcimetrične analize. Kot primer navajam rezultate kalcimetrične analize dveh karbonatov. Da sta vzorca A in B (razdalja med njima je v vertikalni smeri le 0,5 cm) pravzaprav dve povsem različni kamnini je bilo v profilu opaziti le po rahli spremembi barve.

VZOREC	CaO*	Mgo	kalcit	dolomit	skupni karbonat	CaCO ₃	MgCO ₃	CaO/MgO
A	51,76	3,23	84,38	14,75	99,13	92,38	6,75	16,02
B	32,41	20,16	7,82	92,21	100,00	57,87	42,13	1,61

Tabela 1. Primer dveh karbonatov, na stiku katerih je prišlo do intenzivne korozije.

* Vse vrednosti, razen v zadnjem stolpcu, so v %.

ZAKLJUČEK

Glede na prve makroskopske in mikroskopske raziskave kamnine iz treh kamnitih gozdov iz bližine Lunana je bilo ugotovljeno, da se tip kamnine jasno odraža na selektivni koroziji in eroziji karbonatov in s tem na oblikovanosti in morfološkem izgledu posameznih kamnitih stebrov in večjih kamninskih blokov.

Kalcimetrično analizo (Tabela 1) je na Inštitutu za raziskovanje krasa naredila Mateja Zadel.

LITERATURA

- Chen, Z. P., Song, L. H. & Sweeting, M. M., 1985: The pinnacle karst of the Stone Forest, Lunnan, Yunnan, China: an example of a sub-jacent karst. In: *New Directions in Karst*, 597-607, Norwich.
- Habič, P., 1980: S poti po kitajskem krasu.- *Geografski vestnik*, 107-122, Ljubljana.
- Kogovšek, J., Liu, H., Petrič, M., 1997: Properties of underground water flow in karst area near Lunan in Yunnan Province, China.- *Tracer Hydrology* 97, 255-261, Rotterdam.
- Salomon, J.-N., 1997: Comparaison entre les "Stone forests" du Lunan (Yunnan-Chine) et les Karsts a "Tsingy" de Madagascar.- *Stone Forest, a treasure of natural Heritage* (Song, L., Waltham, T., Cao, N., Wang, F., Eds.), 124-136, Beijing.
- Song, L. H., 1986: Origination of Stone Forests in China.- *International Journal of Speleology*, 15, 3-13, Trieste.
- Song, L. H. & Liu, H., 1992: Control of geological structures over development of cockpit karst in south Yunnan, China.- *Tübinger Geographischer Studien*, 109, 57-70, Tübingen.
- Sweeting, M. M., 1995: *Karst in China. Its Geomorphology and Environment.* -Springer- Verlag, XI+265 str., Berlin.
- Šebela, S., 1996: Results of Tectonic Measurements in the Stone Forest, Lunan, China.- *Acta carsologica*, 25, 437-450, Ljubljana.
- Zhang, S., 1997: Stone Forest in China and Pinnacle Karst in Madagascar.- *Stone Forest, a treasure of natural Heritage* (Song, L., Waltham, T., Cao, N., Wang, F., Eds.), 78-80, Beijing.
- Yuan, D., 1991: *Karst of China.*- Geological Publishing House, V+224str., 48 sl., Beijing.
- Waltham, A. C., 1984: Some features of karst geomorphology in South China.- *Cave Science, The transactions of the British Cave Research Association*, 11, 4, 185-198, Somerset.



*Sl. 1: Vrh ene od skupin kamnitih stebrov v Naigu kamnitem gozdu (Foto: M. Knez).
Fig. 1: Top of one group of the stone pillars in Naigu Stone Forest (Photo by M. Knez).*



*Sl. 2: Značilna oblika kamnitih stebrov v Laoheigin kamnitem gozdu (Foto: M. Knez).
Fig. 2: Typical shape of the stone pillars in Laoheigin Stone Forest (Photo by M. Knez).*