

PROJEKT BORIS: IZHODIŠČA ZA RAZVOJ OCENE POPLAVNEGA IN POTRESNEGA TVEGANJA NA ČEZMEJNIH OBMOČJIH

Anže Babič¹, Klaudija Lebar², Matjaž Mikoš³, Simon Rusjan⁴, Nuša Lazar Sinkovič⁵, Andrej Vidmar⁶, Jure Žizmond⁷, Matjaž Dolšek⁸

Povzetek

V prispevku so predstavljeni dejavnosti leta 2021 in glavni cilji mednarodnega projekta BORIS. Projekt financira mehanizem Unije na področju civilne zaščite, usklajujejo pa ga partnerji iz Italije. Poleg slovenskih predstavnikov z Univerze v Ljubljani s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (UL FGG) so v projekt vključeni partnerji iz Italije, Avstrije, Turčije in Črne gore. Glavni del prispevka obsega pregled nacionalnih pristopov za oceno potresnega in poplavnega tveganja v državah sodelujočih partnerjev. Predstavljeni in analizirani so razpoložljivi podatki in s tem povezane omejitve ter rešitve za razvoj usklajene metodologije za oceno tveganj takih naravnih nevarnosti na čezmejnih območjih. Na podlagi primerjalne analize sledi, da usklajevanje različnih interesov in razpoložljivih podatkov ter iskanje najmanjšega skupnega imenovalca spadata med pomembnejše izzive pri razvoju metodologije za oceno tveganj obravnavanih naravnih nevarnosti na čezmejnih območjih.

THE BORIS PROJECT: BASELINES FOR THE DEVELOPMENT OF FLOOD AND EARTHQUAKE RISK ASSESSMENT IN CROSS-BORDER AREAS

Abstract

The paper presents activities implemented in 2021 and the scope of the international project BORIS. The project is funded by Directorate-General for European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (DG ECHO) and coordinated by partners from Italy. In addition to Slovenian representatives (UL FGG), the project includes partners from Italy, Austria, Turkey, and Montenegro. The main part of the paper comprises a review of national approaches for seismic and flood risk assessment in countries that participate in the project. Available data, related limitations and solutions for developing a harmonised methodology for risk assessments of such natural hazards in cross-border areas are presented and analysed. Based on the comparative analysis, it follows that reconciling different interests and available data, and finding the lowest common denominator, is one of the most important challenges in developing a methodology for a cross-border multi-risk assessment.

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, anze.babic@fgg.uni-lj.si

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, klaudija.lebar@fgg.uni-lj.si

³ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si

⁴ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, simon.rusjan@fgg.uni-lj.si

⁵ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, nusa.lazar@gmail.com

⁶ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, andrej.vidmar@fgg.uni-lj.si

⁷ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, jure.zizmond@fgg.uni-lj.si

⁸ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, matjaz.dolsek@fgg.uni-lj.si

UVOD

Poplave in potresi glede na število smrtnih žrtev ter povzročeno škodo spadajo med hujše naravne nesreče v Evropi (EEA, 2010). Za zmanjševanje negativnih učinkov naravnih nesreč v prihodnosti oziroma za zmanjševanje ogroženosti imajo države članice EU pripravljene nacionalne ocene tveganj za posamezne naravne in druge nesreče na podlagi

smernic Evropske komisije (2010). O dejavnostih za obvladovanje tveganj morajo skladno s Sklepom (EU) 1313/2013 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 17. decembra 2013 o mehanizmu Unije na področju civilne zaščite poročati Evropski komisiji. Prostorski obseg vplivov naravnih nesreč pogosto seže v več držav, zaradi česar je pomembno čezmejno sodelovanje. To se ne nanaša le na reševanje ob nesrečah, temveč tudi na dejavnosti, kot je na

primer priprava ocen tveganja za nesreče na čezmejnih območjih.

Projekt BORIS, s polnim poimenovanjem Ocena čezmejnega tveganja za izboljšano preventivo in pripravljenost v Evropi (angl. **Cross Border Risk assessment for increased prevention and preparedness in Europe**), obravnava izboljšanje pripravljenosti in preprečevanje nesreč na čezmejnih območjih. Glavna cilja projekta BORIS, ki se je začel januarja 2021 in bo trajal dve leti, sta razviti usklajeno metodologijo ter orodja za oceno potresne in poplavne ogroženosti ter prikazati njihovo uporabo na izbranih čezmejnih območjih. Razvoj metodologije je razdeljen v štiri delovne sklope (slika 1), ki obsegajo:

- analizo nacionalnih metodologij in razpoložljivih oziroma potrebnih podatkov ter oceno posebnih zahtev in/ali pomanjkljivosti pri prenosu metodologij ocene tveganj za poplave in potrese na čezmejna območja;
- razvoj spletne platforme za podporo ocenam poplavnega in potresnega tveganja;
- vzpostavitev skupne metodologije za oceno poplavnega in potresnega tveganja na čezmejnih območjih;
- preizkušanje in uporabo razvite metodologije ter platforme na čezmejnih pilotnih območjih. Poleg omenjenih delovnih sklopov projekt obsega še običajna delovna sklopa, ki se nanašata na vodenje projekta in razširjanje ter promocijo rezultatov projekta.

Projektne partnerji so leta 2021 dejavno sodelovali predvsem pri drugem delovnem sklopu o analizah nacionalnih metodologij in podatkov, zato so v tem prispevku predstavljene ter strjene glavne ugotovitve petih projektne partnerjev, ki so natančneje obravnavane v projektne poročilih Kerna in sodelavcev (2021) ter Wernhart in sodelavcev (2021) v angleškem jeziku. Projektne poročili sta bili pripravljena pod vodstvom predstavnikov iz Univerze v Ljubljani s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, ki tudi vodijo drugi delovni sklop projekta. Natančen pregled nacionalnih metodologij in razpoložljivih ter potrebnih podatkov je bil temelj razvoja metodologije in platforme za oceno tveganj za potrese ter poplave na čezmejnih območjih, ki sta glavni dejavnosti v drugem delu projekta. Opis metodologije za oceno poplavnega in potresnega tveganja na čezmejnih območjih presega okvir tega članka. Usklajeno metodologijo s primeri uporabe bomo predstavili po koncu projekta leta 2022.

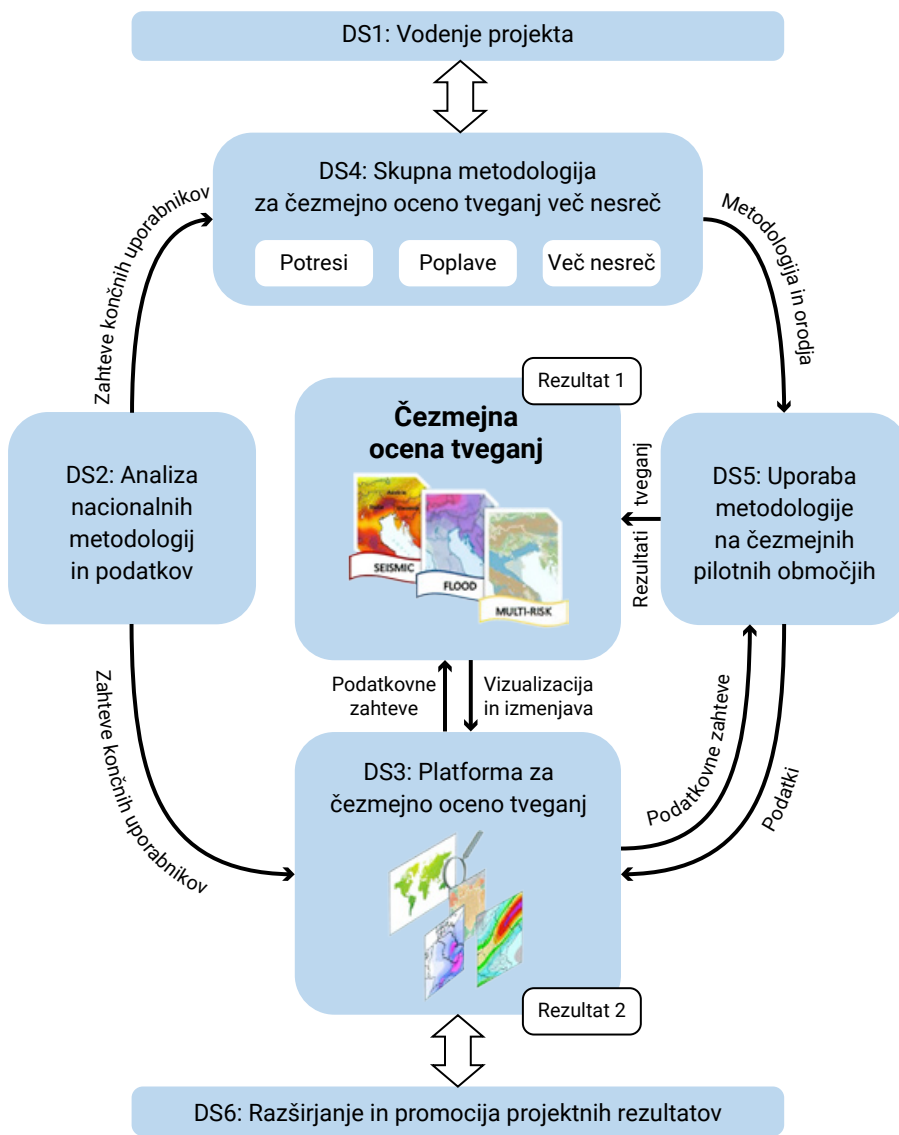
PRIMERJAVA PRISTOPOV OCENE TVEGANJ MED PARTNERSKIMI DRŽAVAMI

Za primerjavo pristopov ocene poplavnega in potresnega tveganja med partnerskimi državami so predstavniki partnerjev iz petih držav zbrali podatke, ki so omogočali neposredno primerjavo. Zaradi epidemioloških razmer je delo potekalo po spletu. V nadaljevanju so ločeno za potrese in poplave zbrani glavni povzetki primerjave izbranih nacionalnih metod ocene tveganja.

Ocena tveganja za potrese

V sodelujočih državah projekta BORIS se za oceno potresnega tveganja pretežno uporabljajo deterministične metode, v okviru katerih se tveganje določi za izbrane potresne scenarije, tj. potrese z izbrano lokacijo in intenziteto. Taka je trenutno praksa za civilno zaščito v Sloveniji, Avstriji, Turčiji in predvidoma v Črni gori, kjer ocena tveganja za nesreče še poteka. Po drugi strani so za zadnjo nacionalno oceno potresnega tveganja v Italiji leta 2018 že uporabili sodobne verjetnostne metode, ki upoštevajo vse mogoče potrese na izbrani lokaciji. Verjetnostni pristop k oceni potresnega tveganja je bil nedavno uporabljen tudi v Sloveniji v okviru seizmičnega stresnega testa stavbnega fonda Republike Slovenije (Dolšek in sod., 2020), ki je bil leta 2020 opravljen za Ministrstvo za okolje in prostor, neodvisno od državne ocene tveganj za nesreče (VRS, 2018), ki vključuje tudi oceno tveganja za potres. Z uporabo dveh metod za oceno potresnega tveganja je bilo s stresnim testom dokazano, da bi lahko pristop ocenjevanja, ki temelji na determinističnem scenariju, dal pristranske ugotovitve o potresnem tveganju, zlasti v primerjavi z drugimi vrstami tveganja. V nadaljevanju zato za Slovenijo večinoma prikazujemo le verjetnostni pristop ocene tveganja, kot je nekoliko bolj natančno pojasnjeno drugje (Dolšek in sod., 2020; Babič in sod., 2021). V Avstriji podrobne ocene potresnega tveganja še ni na voljo, so bile pa leta 2020 na podlagi verjetnostne analize potresne nevarnosti popravljene karte potresne nevarnosti na državni ravni, kar omogoča izhodišče za nadaljnje raziskave.

V skladu s pristopom ocene tveganja se po državah razlikuje tudi način komunikacije potresnega tveganja. V državah, ki uporabljajo deterministični pristop, je tveganje izraženo s stopnjo tveganja na matriki tveganj, ki združuje pet ravni vplivov dogodka



Slika 1: Shematski prikaz delovnih sklopov projekta BORIS (prirejeno po: Projekt BORIS, 2021)

Figure 1: Schematic representation of BORIS project work packages (adapted from Projekt BORIS, 2021)

(na primer vplivi na ljudi in gospodarski ter družbeni vplivi) in pet ravni verjetnosti dogodka, ki se določijo na podlagi potresne nevarnosti. Pri ocenjevanju tveganj nesreč na državni ravni in tudi pri ocenjevanju tveganja potresa se v Sloveniji (VRS, 2018) ter Črni gori skladno s smernicami Evropske komisije (2010), ki urejajo ocenjevanje tveganj nesreč, upoštevajo štiri stopnje tveganja, in sicer majhna, srednja, velika ter zelo velika, v Avstriji in Turčiji pa pet stopenj. V Italiji in seizmičnem stresnem testu Slovenije, v katerem se za oceno potresnega tveganja uporabljajo verjetnostne metode, je tveganje izraženo s posledicami v izbranem obdobju za različne kategorije tveganja. Za vsako kategorijo tveganja so posledice ocenjene količinsko z upoštevanjem intervala zaupanja, in sicer za število stavb v posameznem stanju poškodovanosti, neposredne ekonomske posledice ter posledice na ljudi. Poleg časovno opredeljene verjetnostne analize potresnega tveganja so bile v okviru seizmičnega stresnega testa stavbnega

fonda v Sloveniji informativno z verjetnostnim pristopom ovrednotene tudi posledice kritičnega potresnega dogodka.

Za oceno potresnega tveganja stavbnega fonda moramo v splošnem poznati potresno nevarnost na obravnavanem območju, oceniti odziv stavb na izbrani potresni vpliv in poznati elemente izpostavljenosti, pri čemer izhajamo iz podatkov o stavbah ter razporeditvi populacije. Sodelujoče države v projektu BORIS za oceno tveganja uporabljajo svoje uradne modele potresne nevarnosti. Izjema je seizmični stresni test, v katerem so poleg uradnega modela uporabili tudi evropski model potresne nevarnosti ESHM13 (Giardini in sod., 2014; Woessner in sod., 2015), ki pokriva celotno Evropo in je prosto dostopen na spletu. Modeli potresne nevarnosti se po državah razlikujejo glede na tip analize (verjetnostna ali deterministična), upoštevano mero za intenziteto gibanja tal, pri čemer je vsem skupen maksimalni

pospešek tal (PGA), upoštevane povratne dobe in glede na to, ali se v modelu upošteva vpliv tipa tal na posamezni lokaciji (glej preglednico 1).

Na podlagi potresne nevarnosti se določi potresni vpliv, ki je v večini sodelujočih držav opredeljen s potresnimi scenariji, v Italiji in seizmičnem stresnem testu v Sloveniji pa se pri analizi odziva stavbnega fonda prek uporabe krivulje potresne nevarnosti upoštevajo vplivi vseh mogočih potresov na širši lokaciji obravnavnega stavbnega fonda. Na podlagi potresnega vpliva in podatkov o lastnostih stavb obravnavanega stavbnega fonda se nato določi odziv stavbnega fonda za izbrane potresne scenarije ali izbrano obdobje. V zadnjem primeru govorimo o časovno opredeljeni analizi potresnega tveganja, ki je bila opravljena v Italiji in Sloveniji v okviru seizmičnega stresnega testa.

V okviru odziva stavbnega fonda pri dani intenziteti gibanja tal se oceni poškodovanost razreda stavb oziroma stavbe, pri čemer se upoštevajo krivulje potresne ranljivosti. Pri večini sodelujočih držav so krivulje za določitev pričakovanega odziva stavb vnaprej pripravljene na podlagi predhodnih študij za različne tipe oziroma razrede stavb. Pri tem uvrstitev

stavb v razrede poteka na podlagi lastnosti, kot so material nosilne konstrukcije, število etaž in obdobje gradnje oziroma projektiranja. Število tipov oziroma razredov stavb in njihova definicija se razlikujeta od države do države (glej preglednico 2). V Avstriji razredi in krivulje ranljivosti za potrese niso definirani, koncept ranljivosti pa se upošteva le prek evropske lestvice stopenj poškodovanosti EMS-98. Tudi definicija stopenj poškodovanosti stavbe se po državah nekoliko razlikuje, večinoma pa se uporablja lestvica EMS-98, ki obsega pet razredov, in sicer zanemarljive do rahle poškodbe, zmerne poškodbe, precejšnje do težke poškodbe, zelo težke poškodbe in porušitev. Na podlagi poškodovanosti stavb se nato določijo posledice potresa, tj. število stavb v posameznem stanju poškodovanosti (število porušenih stavb, število neuporabnih stavb in podobno), število in stopnja poškodovanih ljudi ter gospodarske posledice potresa. Pri tem je treba poznati vrednost stavb oziroma stroške popravila ali nadomestne gradnje, ki se lahko ocenijo na podlagi števila etaž in netotlorisne površine etaže.

Pri determinističnih metodah lahko posledice potresa v skladu z nacionalnimi smernicami spremenimo v raven vpliva dogodka, na primer v Turčiji in Črni gori.

	Slovenija	Italija	Avstrija	Turčija	Črna gora
Seizmotektonski model	Uradni in ESHM13	Uradni (MPS04)	Uradni	Uradni	Uradni
Tip analize potresne nevarnosti	Verjetnostna	Verjetnostna	Verjetnostna	Verjetnostna in deterministična	Verjetnostna
Mera za intenziteto*	PGA	PGA	PGA	PGA, PGV, SS, S1	PGA, EMS-98
Upoštevane povratne dobe (leta)	Vse	2500, 1000, 475, 200, 140, 100, 72, 50, 30	475	2475, 475, 72, 43	475, 95
Vpliv tipa tal**	Faktorji tal po Evrokodu 8, ocenjeni na ravni lokacije stavbe***	Upoštevani z bazo podatkov Vs30	Niso upoštevani.	Upoštevani z bazo podatkov Vs30	Upoštevani s faktorji tal, ki so znani za nekatere lokacije
Vir podatkov	Agencija RS za okolje (ARSO), Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo (IKPIR)	Nacionalni inštitut za geofiziko in vulkanologijo (INGV)	Centralni inštitut za meteorologijo in geodinamiko Avstrije (ZAMG)	Predsedstvo za obvladovanje nesreč in izrednih razmer (AFAD)	Hidrološki in potresni inštitut Črne gore (ZHMS)

* PGA = maksimalni pospešek tal, PGV = maksimalna hitrost tal, SS in S1 = spektralni pospešek pri kratkih nihajnih časih in nihajnem času 1 s

** Vs30 = hitrosti strižnega valovanja v zgornjih 30 metrih tal in se spreminjajo glede na tip tal

*** Na podlagi POTROG-5 (2013), ki za izbrane lokacije temelji na geoloških kartah, mikrorajonizaciji in geofizikalnih meritvah, in na podlagi natančnih geoloških kart

Preglednica 1: Glavne lastnosti analize potresne nevarnosti za pet obravnavanih držav

Table 1: Main characteristics of seismic hazard analysis, as implemented in the five countries

	Slovenija	Italija	Avstrija	Turčija	Črna gora
Razredi ranljivosti	Stohastične krivulje ranljivost za 20 tipov stavb	Krivulje ranljivosti za pet razredov, ki obsegajo vse tipe stavb	Brez	Krivulje ranljivosti za štiri razrede poškodovanosti	Šest razredov ranljivosti (EMS-98)
Mejna stanja poškodovanosti stavb	Štirje razredi (HAZUS)	Pet razredov (EMS-98)	Pet razredov (EMS-98)	Štirje razredi	Pet razredov (EMS-98)
Mera za intenziteto	PGA	PGA	PGA	Spektralni pomik	EMS-98
Razpoložljivi podatki o izpostavljenosti	Podatki o stavbah in stanovanjih, populaciji	Podatki o stavbah in stanovanjih, populaciji	Podatki o stavbah in stanovanjih, populaciji	Podatki o stavbah in populaciji	Podatki o stavbah in stanovanjih, populaciji
Podatki o stavbah	Število etaž, material nosilne konstrukcije, leto izgradnje, neto površina ipd.	Število etaž, material nosilne konstrukcije, leto izgradnje, uporabna površina	Število etaž, prevladujoči material, obdobje, metoda izgradnje	Število stavb	Podatki le za stanovanja; leto izgradnje, uporabna površina
Vir podatkov	Register nepremičnin (javno dostopen), Centralni register prebivalstva (omejen dostop)	Italijanski nacionalni statistični inštitut (podatki popisa niso javno dostopni)	Avstrijski statistični inštitut	Turški statistični inštitut	Črnogorski nacionalni statistični inštitut (podatki popisa so javno dostopni)

Preglednica 2: Osnovne lastnosti potresne ranljivosti stavb in elementi izpostavljenosti pri oceni tveganja za potrese za pet obravnavanih držav

Table 2: Basic characteristics of seismic vulnerability and exposure elements in seismic risk assessment for the five countries

Skupaj z ravno verjetnosti dogodka, ki jo določimo iz potresne nevarnosti, lahko na matriki tveganj ocenimo stopnjo potresnega tveganja. Pri verjetnostnih metodah, na primer v Italiji in Sloveniji, kjer se upoštevajo vsi mogoči potresi in ne le en izbrani potres, se namesto stopnje poškodovanosti stavbe oceni verjetnost prekoračitve posameznega mejnega stanja poškodovanosti v izbranem obdobju. Tako v Italiji kot Sloveniji se upoštevata obdobja enega leta in 50 let. Verjetnost prekoračitve mejnega stanja poškodovanosti stavbe oziroma stavbnega fonda se lahko kombinira z drugimi kazalniki potresnega tveganja (na primer povprečne letne ekonomske izgube, število smrtnih žrtev v določenem obdobju) in se nato uporabi za oceno potresnega tveganja stavbnega fonda oziroma posamezne stavbe. S pomočjo metodologije, ki je bila predstavljena v seizmičnem stresnem testu stavbnega fonda v Sloveniji, se verjetnost prekoračitve mejnega stanja uporabi za klasifikacijo stavb v enega izmed razredov tveganja od A do G, ki so določeni s sprejemljivimi mejami tveganja. Tako se lahko časovno opredeljeno potresno tveganje komunicira s številom stavb, ki se uvrstijo v različne razrede tveganja od A do G, kar omogoča lažje odločanje o ustreznih ukrepih za izboljšanje potresne varnosti stavbnega fonda.

Ocena tveganja za poplave

Temeljni dokument v vseh sodelujočih državah partnerjev projekta, tudi nečlanicah EU Turčiji in Črni gori, za oceno poplavnega tveganja je leta 2007 sprejeta Poplavna direktiva (Direktiva 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti). Po definiciji, ki jo je dal Kron (2005), je pri oceni poplavnega tveganja treba upoštevati njene glavne sestavine, in sicer nevarnost, ranljivost oziroma izpostavljenost ter ogroženost. Skladno s tem so v nadaljevanju povzete najpomembnejše ugotovitve glede metodologij določanja poplavne nevarnosti v posameznih državah (strnjeno v preglednici 3) in v drugem delu glede ranljivosti in izpostavljenosti (strnjeno v preglednici 4).

Prevladujoči pristop za oceno poplavnega tveganja v sodelujočih partnerskih državah temelji na upoštevanju različnih scenarijev. Pregled nacionalnih metodologij je pokazal, da med državami obstajajo precejšnje razlike pri upoštevanju povratnih dob poplav, torej verjetnosti nastopa poplav, za katere se pripravljajo karte poplavne nevarnosti. Pristop v Italiji in Avstriji je enak (Q30, Q100, Q300), preostale tri

sodelujoče države pa imajo z omenjenima državama in tudi med seboj skupno le eno verjetnost nastopa poplav (Q100). V Sloveniji in Črni gori se tako pripravljajo še karte poplavne nevarnosti z verjetnostjo nastopa 10 odstotkov in 0,2 odstotka (Q10 in Q500), v Turčiji pa za povratne dobe 5, 10, 50 in 500 let (preglednica 3). Prav tako so med petimi državami razlike v številu razredov poplavne nevarnosti in upoštevanju parametrov jakosti (hitrost vode, globina vode, produkt globine in hitrosti ter drugo). Eden prvih korakov pri pripravi metodologije za oceno poplavnega tveganja na izbranih čezmejnih območjih bo tako predvsem preučevanje možnosti upoštevanja poplavne nevarnosti v skupni metodologiji.

Za primerjavo metod določitve ranljivosti oziroma izpostavljenosti posameznih elementov v prostoru smo zbrali podatke o kazalnikih vpliva, ki jih v slovenščini imenujemo tudi vrste ogrožencev (na primer IzVRS, 2014; UL FGG, 2019), in nato natančneje o elementih izpostavljenosti za vsako izmed petih držav (preglednica 4). Število kazalnikov oziroma ogrožencev se spreminja od države do države, ne glede na to pa so elementi izpostavljenosti med seboj podobni. Razlog je v tem, da imajo nekatere države vrste ogrožencev natančno opredeljene (na primer

Črna gora z osmimi vrstami ogrožencev), nekatere pa bolj splošno (na primer Italija in Avstrija s štirimi vrstami ogrožencev). Tudi v tem primeru bo tako kot pri določitvi poplavne nevarnosti na izbranih čezmejnih območjih treba izbrati vrste ogrožencev oziroma elemente izpostavljenosti, za katere se bosta v okviru razvite skupne metodologije za oceno tveganja lahko določili njihova ranljivost in izpostavljenost.

Pregled potrebnih in razpoložljivih podatkov

Potresi

Za oceno potresnega tveganja v sodelujočih državah se uporabljajo večinoma uradni nacionalni modeli potresne nevarnosti. Ti modeli so javno dostopni pri virih, navedenih v preglednici 1. Za oceno tveganja na čezmejnih območjih in za primerljivost rezultatov je smiselno uporabiti enoten model potresne nevarnosti, saj vsak nacionalni model uporablja drugačne metode in temelji na drugih domnevah. V ta namen se nam ponuja model ESHM13 (Giardini in sod., 2014; Woessner in sod., 2015) oziroma posodobljena različica ESHM20. Model pokriva celotno Evropo, vključno s Turčijo, in je javno dostopen na

	Slovenija	Italija	Avstrija	Turčija	Črna gora
Parametri jakosti*	Q, h, v, zmožek $v \cdot h$ ($v > 1$ m/s pri Q100)	h, v	h, v, doseg poplave, zmožek $v \cdot h$	Q, h, v, zmožek $v \cdot h$	Q, h, v
Povratna doba (leta)	10, 100, 500	30, 100, 300	30, 100, 300	5, 10, 50, 100, 500	10, 100, 500
Razredi nevarnosti	Štirje razredi: majhna, srednja, velika, preostala	Trije razredi: majhna, srednja, velika	Trije razredi: majhna, srednja, velika	Štirje razredi: majhna, srednja, velika, zelo velika	Trije razredi: majhna, srednja, velika
Merilo	1 : 1.000 ali 1 : 5.000	1 : 25.000	1 : 25.000, v nekaterih primerih 1 : 5.000 ali natančneje	1 : 1.000 ali 1 : 5.000	1 : 5.000 ali večje
Format podatkov	vektor, SHP	vektor, SHP	vektor, SHP	vektor, raster	digitalna in analogna oblika
Projekcija	EPSG: 3794 ali 3912	EPSG: 3035	EPSG: 3035	ITRF96 TM 3	EPSG: 3857
Vir podatkov	Ministrstvo za okolje in prostor	Ministrstvo za okolje Oddelek za hidrologijo (UoM)	Ministrstvo za kmetijstvo, regije in turizem (BMLRT)	Ministrstvo za okolje in mesto, Generalni direktorat za meteorologijo, Direktorat za vode	Uprava za vode, Inštitut za hidrometeorologijo in seizmologijo, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in vodno gospodarstvo, Ministrstvo za notranje zadeve

* Q = pretok, h = globina, v = hitrost vode

Preglednica 3: Glavne lastnosti metodologij določanja poplavne nevarnosti za pet obravnavanih držav

Table 3: Main characteristics of the methodologies for flood hazard calculation in the five countries

spletni platformi hazard.EFEHR.org, na kateri lahko pridobimo spektre, karte in krivulje potresne nevarnosti. Model omogoča izračun potresne nevarnosti za katerokoli povratno dobo, več tipov intenzitet (maksimalni pospešek tal ali spektralni pospešek pri nihajnih časih do 4 s) ter za katerokoli koordinato znotraj obravnavanega območja. Z uporabo modela ESHM13 ali ESHM20 bi torej lahko premostili razlike uradnih modelov posameznih držav.

Od države do države se razlikuje tudi način upoštevanja vpliva tipa tal. V Italiji je vpliv tal upoštevan s karto faktorjev tal, ki temelji na modelu hitrosti strižnega valovanja v vrhnjih 30 metrih (V_s30) in omogoča oceno učinkov tal v vsaki opazovani točki. Podobna baza podatkov V_s30 je na voljo tudi v Turčiji. V Sloveniji je bil tip tal za izbrane lokacije ovrednoten v okviru projekta DS-5 POTROG (2013), ki temelji na geoloških kartah, mikrorajonizaciji in geofizikalnih meritvah. V okviru seizmičnega stresnega testa je bila z uporabo podatkov iz POTROG in z geoloških kart pripravljena karta tipa tal za Slovenijo. Podobno so bili določeni le tipi tal za nekatere lokacije v Črni gori, tip tal posameznih lokacij v Avstriji pa ni bil ocenjen. Natančno poznavanje V_s30 v okviru metodologije projekta BORIS ne more bistveno izboljšati ocene potresnega tveganja, saj pri njej niso upoštevane točne lokacije objektov. Zaradi tega se bo pri mednarodnem projektu BORIS vpliv tipa tal upošteval približno, vendar še vedno bolj natančno kot na primer vpliv potresne ranljivosti objektov, ki jih zaradi omejene količine podatkov opišemo le z osnovnimi parametri, kot je to razloženo v naslednjem odstavku. Poleg tega se je treba zavedati, da zelo natančno poznavanje V_s30 ne more bistveno izboljšati rezultatov analize potresnega tveganja, saj intenziteta gibanja tal na lokaciji objekta ni odvisna le od poznavanja hitrosti strižnega valovanja tal v zgornjih 30 metrih zemljine. Bistveno večji vpliv pri napovedovanju intenzitete gibanja tal na lokaciji objekta predstavljajo drugi potresni parametri, ki jih ni mogoče zelo natančno določiti, kot je na primer pojevanje gibanja tal med žariščem potresa in kontrolno točko na skali ali gibanje tal glede na vrsto preloma.

Potrebe pri poenotenju modelov so še bolj izrazite pri potresni ranljivosti, pri kateri so pristopi v sodelujočih državah precej različni (preglednica 2), saj ne obstaja standardizirana metodologija za izračun potresne ranljivosti razredov stavb kot pri verjetnostni analizi potresne nevarnosti. Glede na trenutno prakso pri oceni potresnega tveganja v znanstvenih krogih je bila sprejeta odločitev, da se uvede

verjetnostni model potresne ranljivosti, ki temelji na krivuljah ranljivosti, definiranih na ravni razredov stavb. Pomemben korak pri tem pristopu je razvrstitev stavb v posamezne razrede, kar mora temeljiti na vsaj osnovnih podatkih o izpostavljenih stavbah, in sicer številu etaž, materialu nosilne konstrukcije ter letu oziroma obdobju izgradnje, ki nakazuje na kakovost gradnje. Ti podatki so v splošnem na voljo v vseh sodelujočih državah in so pridobljeni na podlagi popisa nepremičnin ter prebivalstva (preglednica 2). Izjema je Turčija, kjer statistični urad beleži le število stavb, podrobnejših podatkov o stavbah pa ni na voljo. Posledično so v Turčiji krivulje ranljivosti le za štiri stopnje poškodovanosti in ne za več tipov stavb kot v drugih državah.

Število razredov oziroma tipov stavb s prirejenimi krivuljami ranljivosti se po državah razlikuje. Na primer v Sloveniji so krivulje ranljivosti za dvajset tipov stavb, v Črni gori za šest in v Italiji za pet razredov stavb, v Avstriji pa krivulje ranljivosti sploh niso definirane. Prav tako se razlikuje tudi mera za intenziteto gibanja tal, za katero so definirane krivulje ranljivosti. V Italiji, Sloveniji in Avstriji se uporablja maksimalni pospešek tal (PGA), v Avstriji se poleg intenzitete uporablja tudi spektralni pomik, v Črni gori pa intenziteta EMS-98. Te razlike predstavljajo velik izziv pri poenotenju čezmejne analize potresnega tveganja. Enotne krivulje ranljivosti bi bilo zaradi razlik pri načinu gradnje, veljavnih protipotresnih standardih in razpoložljivih podatkih težko definirati, zato je smiselno krivulje do neke mere uskladiti, ne pa popolnoma poenotiti. Tako bi na primer krivulje ranljivosti lahko definirali na enaki ravni (na ravni tipa ali razreda stavb) in za enako mero za intenziteto gibanja tal, pri čemer pa bi bilo smiselno upoštevati razlike v krivuljah stavb z enakimi osnovnimi lastnostmi, in sicer materialom nosilne konstrukcije, letom izgradnje ter številom etaž. Tak način določevanja krivulj ranljivosti temelji na kompromisu, ki je bil dosežen v okviru projekta BORIS. Da bi težavo rešili bolj splošno, je treba najprej standardizirati metodologijo za izračun krivulj ranljivosti razredov stavb na ravni EU. Posebno pozornost bo treba nameniti tudi poenotenju definicij stopenj poškodovanosti, saj se v Italiji, Avstriji in Črni gori uporablja petstopenjska lestvica EMS-98, v Sloveniji in Turčiji pa štiristopenjska lestvica poškodovanosti HAZUS.

Pri oceni posledic potresov na podlagi poškodovanosti stavb so bistvenega pomena podatki o izpostavljenosti, ki smo jih deloma že omenili, saj so ti podatki uporabljeni tudi v postopku razvrstitve stavb

Država	Kazalniki vplivov	Elementi izpostavljenosti
Slovenija	Zdravje ljudi	Lokacija in število izpostavljenih ljudi
	Socialna infrastruktura	Bolnišnice, šole, gasilski domovi, infrastruktura civilne zaščite idr.
	Kulturna dediščina	Muzeji, arhivi, knjižnice idr.
	Okolje	Zavezanci IED, SEVESO in IPPC, območja deponij, čistilne naprave, Natura 2000, vodovarstvena območja idr.
	Gospodarske dejavnosti	Vrsta in število zaposlenih, lastnost gospodarske dejavnosti idr.
Italija	Infrastruktura	Ceste, železnice, vodovod, kanalizacija, plinovodi, električni vodi idr.
	Ljudje	Število ljudi, ki živijo na poplavnem območju kot delež celotnega prebivalstva popisane območja
	Gospodarske dejavnosti	Stavbe, kmetijstvo, naravna in polnaravna okolja, strateške stavbe idr.
	Okolje	Naravna dediščina
Avstrija	Kulturna dediščina	Kulturno-arheološka dediščina
	Zdravje ljudi	Število prizadetih oseb/rastrsko celico (> 100, 76–100, 51–75, 26–50, 1–25, 0)
	Okolje	Raba tal (naselja, kmetijstvo, gozd, travniki, voda, prometna infrastruktura)
	Kulturna dediščina	Zaščitena območja (na primer dediščina Unesca, Natura 2000, nacionalni parki idr.)
Turčija	Gospodarske dejavnosti	Infrastruktura (industrija, kopališča, železniške postaje, bolnišnice, šole, domovi za starejše idr.)
	Zdravje ljudi	Lokacija in število izpostavljenih ljudi v okrožju
	Socialna infrastruktura	Bolnišnice, šole, gasilski domovi, infrastruktura civilne zaščite idr.
	Kulturna dediščina	Muzeji, starodavna mesta, knjižnice idr.
	Okolje	Objekti onesnaževalcev večjega obsega, industrijska območja, čistilne naprave, parki, vodovarstvena območja idr.
Črna gora	Gospodarske dejavnosti	Število in lastnosti gospodarskih ter negospodarskih dejavnosti, kot so industrija, komunalni objekti, transformatorji, bencinske črpalke, avtoceste, mostovi, železnice idr.
	Žrtve	Število smrtnih žrtev
	Težje poškodovani oz. ranjeni, hospitalizirani	Število poškodovanih, ranjenih oziroma hospitaliziranih zaradi poslabšanja sanitarnih razmer, onesnaženosti vode idr.
	Osnovne potrebe	Število ljudi, ki ne morejo v službo, šolo, vrtec, do zdravstvene oskrbe in drugam
	Evakuacija	Število ljudi, ki jih je treba evakuirati
	Vpliv na gospodarstvo	Škoda v kmetijstvu, škoda na objektih idr.
	Vpliv na okolje	Dvig vodostaja rek in podzemne vode, in sicer razlitje odpadne vode, poškodbe na kmetijskih zemljiščih idr.
	Motenost vsakdanjega življenja	Prekinitev oskrbe z vodo, motnje v prometu (na primer poplavljeni odseki) idr.
Kulturna dediščina	Kulturna dediščina	

Preglednica 4: Osnovne lastnosti ranljivosti in elementi izpostavljenosti pri oceni tveganja za poplave za pet obravnavanih držav
Table 4: Basic characteristics about vulnerability and a list of exposure elements in flood risk assessment for five countries

v razrede ranljivosti. Natančnost podatkov o izpostavljenosti je od države do države različna. V Italiji, Sloveniji in Avstriji so za stavbe na voljo razmeroma natančne informacije, na primer lokacija, število

nadstropij, leto gradnje, prevladujoči material nosilne konstrukcije in nekatere druge lastnosti stavb. Podobne informacije so na voljo za stanovanja v Črni gori, v Turčiji pa je na voljo le število stavb in

prebivalcev v vsaki soseski oziroma naselju. V večini sodelujočih držav so podatki na voljo na ravni občin. Izjema je Slovenija, kjer se podatki nanašajo na posamezne stavbe, s čimer je v Sloveniji poznavanje stavbnega fonda boljše kot v drugih partnerskih državah, kar je priložnost za natančnejše analize potresnega tveganja v primerjavi s sosednjimi državami in tudi priložnost za ovrednotenje natančnosti metodologije za ocene potresnega tveganja čezmejnih območij.

Glede na različno raven dostopnih podatkov v državah bi bilo pri čezmejni analizi tveganja smiselno slediti načelu najmanjšega skupnega večkratnika in uporabiti podatke na ravni občin. Druga skupina podatkov, ki so pomembni v analizi potresnega tveganja, torej podatki o prebivalstvu, so v sodelujočih državah na splošno javno nedostopni ali imajo omejen dostop in/ali uporabo, izjema je le Črna gora. Tudi v tem primeru bi bilo smiselno določiti podatke na ravni občin, saj bi bili tako skladni z ravno drugih razpoložljivih podatkov iz modela izpostavljenosti, hkrati pa bi bili z vidika varstva osebnih podatkov manj sporni.

Poplave

Za podatke, potrebne za oceno poplavnega tveganja, so pristojne različne organizacije, in sicer ministrstva, občine ter agencije, za veliko vrst podatkov pa velja, da je dostop do njih omejen in/ali pa je njihova uporaba omejena z zakonodajnimi akti. Če pogledamo le Slovenijo, ugotovimo, da je na primer za podatke o prebivalstvu pristojno Ministrstvo za notranje zadeve, podatke o socialni infrastrukturi lahko pridobimo iz Poslovnega registra Slovenije (AJPES), podatke o kulturni dediščini pa deloma vodi Ministrstvo za kulturo v registru kulturne dediščine, podatke o knjižnicah, arhivih in muzejih pa pridobimo iz drugega prostorskega sloja. Za oceno poplavnega tveganja lahko potrebne podatke v osnovi razdelimo v dve kategoriji. Prva obsega podatke, potrebne za oceno poplavne nevarnosti, k njim pa spadajo podatki o topografiji območij, izpostavljenih poplavam, hidroloških in hidravličnih razmerah, preteklih poplavnih dogodkih in podobno. V drugo kategorijo lahko uvrstimo podatke, potrebne za oceno ranljivosti oziroma izpostavljenosti. Taki podatki so na primer število prebivalcev na nekem območju, prisotnost infrastrukture, stavb, kulturne dediščine in drugo.

Karte o poplavni nevarnosti v Sloveniji, Avstriji in Italiji so javno objavljene ter dostopne na spletnih straneh pristojnih organizacij. Turčija in Črna gora prav tako

sledita zahtevam poplavne direktive kot omenjene države, vendar sta v primerjavi z njimi v zgodnejših fazah. Tako so v Črni gori leta 2021 pripravljali preliminarno oceno tveganja za poplave in določali območja pomembnega vpliva poplav, v Turčiji pa končujejo 23 od 25 načrtov zmanjševanja poplavne ogroženosti. Za prostorsko opredelitev poplavnih območij se v vseh sodelujočih državah uporablja pristop hidravličnega modeliranja, ki sledi splošnemu verjetnostnemu pristopu. Oblika in tip topografskih ter hidroloških podatkov sta med državami zelo podobna. Za hidrološke podatke so v večini držav pristojne okoljske agencije ali hidrometeorološki zavodi. Med topografskimi podatki se za pripravo digitalnega modela višin v hidravličnih modelih navadno uporabljajo podatki snemanja LiDAR. Kot je bilo omenjeno v prejšnjem poglavju, sodelujoče države za opredelitev razredov poplavne nevarnosti uporabljajo različne verjetnosti oziroma povratne dobe dogodkov z izjemo povratne dobe 100 let. Posledično je glede povezovanja in usklajevanja podatkov za razvoj metodologije ocene tveganja na čezmejnih območjih smiselno poplave s 100-letno povratno dobo upoštevati v metodi.

Podatki za oceno izpostavljenosti oziroma ranljivosti pri poplavah, ki jih uporabljajo v posameznih sodelujočih državah, so si v osnovi med seboj podobni, razlikujejo pa se v natančnejšem pogledu upoštevanja posameznega elementa. Tako na primer v Sloveniji upoštevamo podatek o številu ljudi, ki živijo na nekem območju, v Italiji delež ljudi, ki živijo na poplavnem območju v primerjavi s celotnim popisnim območjem, v Avstriji pa razred velikosti števila ljudi na vplivnem območju obravnavajo na izbrani velikosti rastrske celice. Med nacionalnimi metodami ocene tveganja smo ugotovili razlike tudi v prostorski ločljivosti. V Sloveniji je v uporabi mreža rastrskih celic 75 m x 75 m, v Avstriji pa velikosti 125 m x 125 m. Na drugi strani so podatki v Turčiji in Italiji dostopni v vektorski obliki, v Črni gori pa za identifikacijo stopnje tveganja uporabljajo prekrivajoče se matrike tveganja za štiri različne scenarije. Razlike med podatki so tudi v posamezni državi, saj se posamezne vrste podatkov zbirajo z različno prostorsko natančnostjo.

Pri obravnavi tematike razpoložljivosti in uporabnosti podatkov za oceno izpostavljenosti ter ranljivosti velja omeniti še ugotovitev, da imajo v večini partnerskih držav različne vrste podatkov različne stopnje omejitve dostopa in uporabe, ki so povezane predvsem s splošnimi predpisi Evropske unije o varstvu podatkov (na primer GDPR) in s posameznimi nacionalnimi predpisi. Kot smo omenili že v začetku

tega poglavja, eno izmed omejitev za učinkovitejšo uporabo in hitrejšo pridobivanje podatkovnih slojev predstavlja dejstvo, da so različne vrste podatkov v pristojnosti različnih ministrstev ter drugih vladnih služb. Glede na omenjene omejitve in izzive, ki jih te omejitve predstavljajo v okviru razvoja skupne metodologije na čezmejnih območjih, se partnerji projekta BORIS strinjajo, da bi bilo pri razvoju metodologije smiselno kot osnovno prostorsko enoto upoštevati raven občine. Tako bo glavni rezultat projekta, to je skupna metodologija, najbolj uporabna tudi z vidika izvajanja mehanizma civilne zaščite Evropske unije.

SKLEPNE MISLI

V prispevku je na kratko povzeto dosedanje delo pri obsežnem pregledu nacionalnih metodologij za ocene potresnega in poplavnega tveganja ter s tem povezanih podatkov. Čeprav so si metodologije med državami v osnovi podobne, pa njihov natančen pregled pokaže, da se v določenih delih pomembno razlikujejo. V vsaj dveh državah je bila opravljena časovno opredeljena analiza potresnega tveganja, analiza poplavnega tveganja pa temelji izključno na izbranih poplavnih scenarijih. Prednost časovno opredeljene analize tveganja je v tem, da omogoča korektno primerjavo tveganja za različne vrste nevarnosti, saj so upoštevani vplivi vseh mogočih scenarijev. Po drugi strani je postopek analize poplavnega tveganja na ravni EU bolje reguliran kot analiza potresnega tveganja.

Poseben izziv pri izvedbi ocene tveganj za čezmejna območja je harmonizacija vhodnih podatkov. Določeni podatki v posameznih državah, vključenih

v projektno skupino, so na voljo za konkretno uporabo le v omejenem obsegu. Usklajevanje različnih interesov in razpoložljivih podatkov ter iskanje najmanjšega skupnega imenovalca zato predstavljata enega izmed izzivov pri razvoju metodologije za oceno tveganj na izbranih čezmejnih območjih v okviru dela pri projektu v njegovem drugem letu izvajanja. Posledično analize tveganj na čezmejnih območjih ne dosegajo najvišje mogoče natančnosti.

O usklajeni metodologiji in spletni platformi ter rezultatih ocene tveganj na čezmejnih območjih bomo poročali v prihodnji številki revije Ujma. Razvoj metodologije bo moral nujno iti v smeri njene uporabne vrednosti na čezmejnih območjih drugje v Evropi na eni strani in na drugi strani v odprto dostopno rešitev (na primer spletna platforma), ki bo lahko razširjena na vključevanje tudi drugih tveganj, ne le potresnega in poplavnega tveganja.

ZAHVALA

Projekt BORIS financira Generalni direktorat Evropske komisije za evropsko civilno zaščito in evropske operacije humanitarne pomoči (GA 101004882). Dejavnosti delno sofinancirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS v okviru raziskovalnega programa P2-0180 in raziskovalnega programa Potresno inženirstvo (P2-0185) ter Urad za UNESCO na Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport v okviru sofinanciranja letnega programa dela slovenskega Nacionalnega odbora za Medvladni hidrološki program IHP UNESCO (www.ncihp.si). Prispevek povzema rezultate dela vseh projektnih partnerjev.

Viri in literatura

- Dolšek, M., Žižmond, J., Babič, A., Lazar Sinković, N., Jamšek, A., Gams, M., Isaković, T., 2020. Seizmični stresni test stavbnega fonda Republike Slovenije (2020–2050). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo: Ljubljana, Slovenija.
- Babič, A., Dolšek, M., Žižmond, J. Simulating Historical Earthquakes in Existing Cities for Fostering Design of Resilient and Sustainable Communities: The Ljubljana Case. *Sustainability* 2021, 13(14), 7624. <https://doi.org/10.3390/su13147624>.
- EEA, 2010. Mapping the Impacts of Natural Hazards and Technological Accidents in Europe. An Overview of the Last Decade, Technical Report No 132010, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2800/62638>.
- Evropska komisija, 2010. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster. Management. Commission Staff Working Paper.
- Giardini, D., Wössner, J., Danciu, L., 2014. Mapping Europe's Seismic Hazard. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 95(29), 261–268.
- IzVRS, 2014. Priprava ekonomskih vsebin načrtov zmanjševanja poplavne ogroženosti. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije, 146 str.
- Kern, H., Resch, C., Wernhart, S., Pignone, F., Rebora, N., Polese, M., Borzi, B., in drugi, 2021. Comparison of National Risk Assessments. Deliverable 2.1. http://www.borisproject.eu/wp-content/uploads/2021/11/BORIS-Deliverable-D2.1-Comparison-of-NRA-All_partners_submit-compressed.pdf.
- Kron, W., 2005. Flood risk = Hazard • Values • Vulnerability, *Water International*, Vol. 30 No. 1, 58–68.
- POTROG-5, 2013. Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite, Delovno področje 5: Izdelava strokovnih podlag za določitev potresne obtežbe na obravnavanih območjih, zaključno poročilo, P 904/11-610-2, ARSO, Ljubljana.
- Projekt BORIS, 2021. Uradna spletna stran projekta BORIS. <https://www.borisproject.eu/>.

11. UL FGG, 2019. Razvoj enotne metode za oceno koristi gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti: končno poročilo ciljnega raziskovalnega projekta V2-1733. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 214 str.
12. VRS, 2018. Državna ocena tveganj za nesreče, verzija 2.0, 8400-3/2018/3, 6. 12. 2018, Vlada Republike Slovenije, Slovenija.
13. Wernhart, S., Lenhardt, W., Weginger, S., Pignone, F., Rebora, N., Polese, M., Borzi, B., in drugi, 2021. Data Availability and Needs for Large Scale and Cross-Border Risk Assessment, Obstacles, and Solutions. Deliverable 2.2. http://www.borisproject.eu/wp-content/uploads/2022/01/BORIS-Deliverable_D2.2_Data_availability_and_needs-compressed.pdf.
14. Worden, C. B., Heath, D. C., 2019. Global Vs30 model based on topographic slope, with custom embedded maps. United States Geological Survey.
15. Woessner, J., Laurentiu, D., Giardini, D., Crowley, H., Cotton, F., Grünthal, G., Valensise, G., Arvidsson, R., Basili, R., Demircioglu, M. B., Hiemer, S., Meletti, C., Musson, R. W., Rovida, A. N., Sesetyan, K., Stucchi, M., the SHARE Consortium, 2015. The 2013 European seismic hazard model: key components and results. Bulletin of Earthquake Engineering, 13(12), 3553–3596.