



DWA-tematski zvezek

Varnost pregrad in posledice preseganja projektnih predpostavk v skladu z DIN 19700

Februar 2017 · T1/2017

Preview



Deutsches
Talsperren
Komitee e.V.
German COLD



DGGT 
Deutsche Gesellschaft
für Geotechnik e. V.
German Geotechnical Society

DWA – tematski zvezek

Varnost pregrad in posledice preseganja
projektnih predpostavk v skladu z DIN
19700

Februar 2017 T1/2017

Skupna navodila:

Nemškega geotehničnega združenja (DGGT),

Nemškega komiteja za velike pregrade (DTK),

Nemškega združenja za vodo, odpadne vode in odpadke (DWA).

Nemško združenje za vodo, odpadne vode in odpadke (DWA) si intenzivno prizadeva za uveljavitev varnega in trajnostnega ravnanja z vodo in odpadki. Kot politično in gospodarsko neodvisna organizacija se strokovno ukvarja z upravljanjem voda, odpadnimi vodami, odpadki in varovanjem tal.

V Evropi DWA združuje največje število članov z omenjenih področij in ima zaradi svojega strokovnega dela na področju oblikovanja predpisov, izobraževanja ter ozaveščanja strokovnjakov in javnosti, poseben status. Med približno 14.000 člani so strokovnjaki in vodstveni delavci občin in drugih organov, univerz, inženirskih pisarn in podjetij.

Inženirska zbornica Slovenije (IZS) je samostojna poklicna organizacija, ki združuje več kot 5000 pooblaščenih inženirjev in inženirk različnih strok povezani z graditvijo objektov in urejanjem prostora. Osnovno poslanstvo zbornice je dvigovanje gradbene kulture v luči trajnostnega razvoja. Zbornica skrbi za izobraževanje in informiranje inženirjev in drugih strokovnih in tehničnih kadrov, ki se vključujejo v proces načrtovanja, gradnje in upravljanja objektov, pa tudi tistih, ki zagotavljajo nadzor. Skrbi za strokovni razvoj in profesionalno delovanje svojih članov in članic, spremlja in obravnava problematiko njihovega dela in preprečuje konflikt interesov na področju inženirskih storitev.

Slovenski nacionalni komite za velike pregrade (SLOCOLD) je vodilna organizacija, ki v slovenskem prostoru deluje na področju pregradnega inženirstva. Od leta 1993 je član mednarodnega komiteja za velike pregrade ICOLD. Vključuje strokovnjake, univerzitetne profesorje, inženirje in tehnične delavce različnih strok, ki delujejo na področju načrtovanja, gradnje in upravljanja pregradnih in drugih hidrotehničnih objektov. Podobno kot DWA tudi SLOCOLD že vse od ustanovitve opozarja na pomanjkljivo zakonodajo in skrbi za zagotavljanje politike varnosti pregradnih in drugih vodnih objektov skozi njihovo celotno življenjsko obdobje. Prizadeva si za izboljšanje strokovnih in zakonodajnih okvirov, ki zagotavljajo varnosti pregradnih objektov od zasnove do opustitve.

Podatki o založniku:

Izdajatelj in distributer:

DWA Nemško združenje za vodo, odpadne vode in odpadke.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Nemčija

Tel.: +49 2242 872-333
Faks: +49 2242 872-100
E-pošta: info@dwa.de
Spletna stran: www.dwa.de

Stavek:

DWA

ISBN:

978-3-96862-831-8 (tiskano)

tiskano na 100% recikliranem papirju

© DWA Nemško združenje za vodo, odpadne vode in odpadke, Hennef 2017

Prevod tematskega zvezka je omogočila Inženirska zbornica Slovenije. Vse pravice, zlasti pravice do prevajanja v druge jezike, si pridržuje DWA. Uporaba navodil je z dovoljenjem DWA brezplačno dostopna članom Inženirske zbornice Slovenije, ki imajo stalno prebivališče ali sedež v Sloveniji.

Tematskega zvezka v celoti ali njegovih posameznih delov ali sklopov ni dovoljeno razmnoževati, reproducirati, prenašati ali spreminjati v kakršno koli obliko ali na kakršen koli način, elektronsko, mehansko, optično ali kako drugače prenesti v jezik, ki ga lahko uporabljajo stroji, zlasti stroji za obdelavo podatkov. Brez pisne privolitve DWA in IZS je izrecno prepovedano kakršno koli reproduciranje.

Predgovor

Pregrade uvrščamo med kritične infrastrukturne objekte. Zaradi velikega škodnega potenciala morajo izpolnjevati najvišje zahteve glede zanesljivosti, kar v normativnem smislu pomeni zadostiti načelom, kot so: konstrukcijska varnost, uporabnost in trajnost. Eden glavnih razlogov za to je, da pregrade služijo izredno pomembnim nalogam, kot so oskrba s pitno vodo, varstvo pred poplavami ali proizvodnja električne energije, pri čemer nenačrtovani obratovalni izpadi niso dopustni. Po drugi strani v primeru porušitve ali okvare opreme ali pregradi pripadajočih objektov (zapornice, odzemni objekti, dovodni kanali, evakuacijski objekti ipd.) obstaja velika možnost tveganja za upravljavca pregrad in predvsem za prebivalstvo na dolvodno ležečih območjih. Nemški standard za pregrade DIN 19700 (izdaja iz 2004) zato zahteva varno zasnovo vseh sestavnih delov pregrad, zahteva pa tudi, da je treba v analize vključiti tudi primere, ko so projektne predpostavke presežene ali pride do preobremenitve, ter opredeliti in oceniti preostala tveganja, ki iz tega izhajajo. Omenjeni standard v veliki meri prepušča njegovim uporabnikom, da se odločijo, kako in s katerimi metodami bodo izvedli presoje preostalega tveganja (preostalo tveganje).

Ker je "tehnično pravilno" tveganje vedno opredeljeno kot zmnožek verjetnosti nastopa škodnega primera (v tem primeru verjetnost odpovedi) in nastalih posledic, analiza tveganj, povezanih s pregrado, pomeni, da je treba upoštevati tako odpoved ali delno odpoved pregrade in njenih sestavnih delov kot tudi posledice pojava poplavnega vala dolvodno. Na "strani odpovedi" to nujno vključuje tudi upoštevanje postopnega zniževanja upoštevanih »rezerv« pri privzetih obtežbah kot tudi »rezerve« pri računski varnosti, do katerega pride v primeru preobremenitve. Na "strani posledic" navedeno vključuje tudi upoštevanje ukrepov za zmanjšanje tveganja, ki prav tako vključujejo ukrepe, ki niso tehnične narave, kot je načrt ukrepanja v izrednih razmerah ali priprava evakuacijskih načrtov.

Po mnenju avtorjev je namen priprave teh navodil, da uporabnikom nemškega standarda za pregrade ponudi premisleke, informacije in pomoč pri obravnavi zgoraj omenjenega nabora tem. Medtem ko so se v Nemčiji odgovorni do tega sklopa tem doslej obnašali zadržano, je obravnava hipotetičnih odpovedi pregrad in njihovih posledic običajna praksa v sosednjih državah in drugod. Ocena tveganja se vse pogosteje uporablja pri ocenjevanju zanesljivosti pregrad, tako za posamezne objekte kot za skupine pregrad na mednarodni ravni. Zakonodaja o obvladovanju naravnih nesreč v več nemških zveznih deželah določa, da morajo upravljalci objektov z visokim potencialom nevarnosti prepoznati ta tveganja ter posledice v primeru nezgod in odpovedi ustrezno obravnavati in jih na zahtevo predložiti pristojnim organom. Glede na to je treba preučiti tudi, kaj se zgodi, če so presežene računske predpostavke, ki so bile upoštevane pri načrtovanju pregrad.

V skladu z zgoraj opisanimi izhodišči je ta dokument tematsko razdeljen na naslednja glavna poglavja:

- Splošne zahteve za varnost pregrad
- Projektne pristopi v skladu s standardom za pregrade DIN 19700 (izdaja 2004) in njihovo prekoračenje, vplivi, ki prekoračujejo projektne predpostavke
- Aktiviranje in uporaba varnostnih rezerv pri nosilni konstrukciji
- Ukrepi za zmanjšanje tveganja odpovedi pregrade
- Obravnava odpovedi pregrad
- Širjenje in preračun poplavnega vala
- Načrt ukrepanja v izrednih razmerah

Dokument dopolnjujeta kazalo ključnih besed in obsežen seznam virov.

Področje obravnave v teh navodilih obsega predvsem zaježitve v glavni strugi vodotoka, zlasti dolinske pregrade in visokovodne zadrževalnike. Priporočljivo jih je smiselno uporabiti tudi za druge zaježitve kot so: rečne pregrade, črpalne akumulacije in prodni zadrževalniki, pri čemer je treba upoštevati posebnosti posamezne vrste zaježitve.

Za pripravo teh navodil je bil odgovoren Tehnični odbor WW-4 DWA-DTK-DGGT "Dolinske pregrade in rečne pregrade". Zaradi zelo občutljive narave obravnavane teme priprava namenoma ni bila prenesena na zunanjo delovno skupino. V fazi obdelave je bilo pomembno, da se pogosto razhajajoča se mnenja glede številnih kompleksnih tem obravnava, pretehta in končno pripelje do splošno sprejemljivega rezultata. V zvezi s tem je bila sprejeta zavestna odločitev, da navodila ne bodo pripravljena v obliki zavezujočih pravil za uporabo, temveč kot navodila, katerih namen je podati predloge in prikazati možnosti za obravnavo preostalega tveganja za pregrade.

Dr. Hans-Ulrich Sieber

Dresden, september 2016

Predsednik tehničnega odbora DWA
"Dolinske pregrade in rečne pregrade" WW4

Preview

Predgovor k slovenski izdaji tematskega zvezka

Voda je nujno potrebna za življenje. Tudi večine naših civilizacijskih pridobitev si ne moremo predstavljati brez dostopa do te dobrine. Podnebne spremembe, rast prebivalstva in višanje življenjskega standarda so vzrok stalnemu povečevanju potreb po vodi, hrani in energiji. Vendar pa količina razpoložljive vode – če je ne bi zadrževali – niha skozi leto in tudi skozi daljša časovna obdobja. Pregrade in zadrževalniki prinašajo številne pomembne koristi za človeštvo in naravo, ne le zaradi zagotavljanja naraščajočih potreb po vodi, temveč tudi zaradi posledic podnebnih sprememb, ki smo jim priča v zadnjih desetletjih. Omogočajo uravnavanje naravnega režima vodotokov z regulacijo vodnih količin in na ta način blažijo hidrološke ekstreme, zmanjšujejo škodljive vplive, ki jih povzročajo poplave in suše, ter zagotavljajo koristi, ki so neposredno ali posredno povezane z dostopnostjo vode kot naravne dobrine. Skupaj z drugimi strukturnimi in nestrukturnimi ukrepi postaja zadrževanje voda ključen ukrep pri prilagajanju na podnebne spremembe, saj je pomemben gradnik v okviru celovitega upravljanja z vodnimi viri in vzpostavljanja odpornosti narave in družbe na klimatske spremembe. Poleg tega je med vsemi obnovljivimi viri energije prav koriščenje vodnih sil še vedno vir z najmanj škodljivimi vplivi na okolje.

Direktiva o odpornosti kritične infrastrukture pregrade prepoznava kot kritično infrastrukturo, ne le zaradi številnih koristi, ki jih omogočajo (zagotavljanje pitne in tehnološke vode, vode za namakanje, obrambe pred škodljivim delovanjem visokih voda, regulacijo rečnega režima, zagotavljanje hrane itd.), ampak tudi zaradi njihove zasnove in bistva, saj v primeru porušitve ali okvare opreme ali odpovedi pregradi pripadajočih objektov (zapornice, odzemni objekti, dovodni kanali, evakuacijski objekti ipd.) lahko povzročijo veliko škodo na pomembni infrastrukturi in okolju, v skrajnem primeru pa celo človeške žrtve na dolvodno ležečih območjih. Cilj direktive je okrepiti odpornost kritične infrastrukture na različne grožnje, in sicer naravne nesreče, teroristične napade, notranje grožnje ali sabotaže, pa tudi izredne razmere na področju javnega zdravja in za preprečevanje poplav.

Zaradi velikega škodnega potenciala morajo vodne pregrade, glede zanesljivosti izpolnjevati najvišje varnostne zahteve, kar v normativnem smislu pomeni, da morajo zadostiti strožjim pogojem in načelom konstrukcijske varnosti, uporabnosti, funkcionalnosti in trajnosti. Nekontrolirani obratovalni izpadi ali poškodbe pregrad ter pripadajočih objektov, kot so zapornice in odzemni objekti, lahko vodijo do resnih posledic za prebivalstvo in okolje, zlasti na dolvodno ležečih območjih in so z družbenega in okoljskega stališča nesprejemljivi. Čeprav imamo po izgradnji pregrad in nasipov pogosto občutek absolutne varnosti, se moramo zavedati, da ničelnega tveganja pri kritični infrastrukturi – in tako tudi pri pregradah – ni.

V Sloveniji nimamo posebnega zakona, ki bi urejal izključno področje načrtovanja, gradnje, obratovanja in opazovanja pregrad in ki bi upošteval specifiko teh objektov. To predstavlja izziv, saj se pregrade obravnavajo kot običajni inženirski objekti, ne upoštevajoč njihove posebnosti. Določila, ki spodbujajo zagotavljanje večje varnosti teh objektov, so razpršena po številnih zakonih in so mestoma nevarno pomanjkljiva ter ne zagotavljajo preglednosti in trdne politike varnosti skozi celoten proces ali življenjski cikel pregrade, proces, ki se začne z umeščanjem pregrade v prostor in v skrajnem primeru konča z odstranitvijo. Učinkovitost in zanesljivost te infrastrukture sta neposredno odvisni od načrtovanja, gradnje in vzdrževanja pregrad, kar pomeni, da imajo strokovnjaki, vključeni v te procese, globoko etično odgovornost.

Slovenski nacionalni komite za velike pregrade (v nadaljevanju SLOCOLD) že vrsto let opozarja na vrzeli v slovenski zakonodaji. Da bi te vrzeli vsaj delno zapolnili, je Inženirska zbornica Slovenije (IZS) v sodelovanju s SLOCOLD-om pripravil prevod tematskega zvezka priporočil, ki temeljijo na nemškem standardu DIN 19700 in ki predstavlja usmeritve za zagotavljanje večje varnosti jezovnih zgradb. Namen tega tematskega zvezka je izboljšati razumevanje varnosti pregrad in zadrževalnikov v povezavi z obstoječo slovensko regulativo ter dvigniti raven strokovnega znanja in odgovornosti med vsemi

deležniki, ki sodelujejo pri načrtovanju, gradnji in upravljanju teh objektov. Priporočila uporabnikom omogočajo, da sami izberejo metode za oceno preostalega tveganja, pri čemer je tveganje definirano kot produkt verjetnosti nastanka škodnega dogodka in posledic, ki ga ta nosi. Natančna analiza tveganj mora obravnavati mnenje o možnostih odpovedi struktur in potencialne posledice porušitvenega vala.

Dokument je razdeljen na več ključnih področij, ki vplivajo na varnost pregrad in zajema priporočila za izboljšanje varnosti objektov že v fazi projektiranja, ukrepe za zmanjšanje tveganja odpovedi in ne nazadnje načrtovanje ukrepanja v izrednih razmerah. Poudariti velja, da so priporočila zasnovana na podlagi najboljših praks iz tujine in omogočajo učinkovito obvladovanje tveganj in odzivanje na morebitne nezgode.

S priporočili želimo spodbuditi ozaveščenost med lastniki, upravljavci, inženirji in drugimi deležniki o odgovornosti, ki jo imajo do prebivalstva in okolja ter ob enem prispevati k boljšemu razumevanju in sodelovanju, pa tudi zagotoviti jasne smernice za varno in trajnostno upravljanje pregrad ter zadrževalnikov v Sloveniji. Ob enem želimo spodbuditi sodelovanje med inženirji in upravljavci in doseči najvišje standarde varnosti in zanesljivosti.

Upamo, da bo ta prevod postal koristen pripomoček za izboljšanje prakse na tem praznem področju in za vzpostavitev trdnejših temeljev za kakovostno načrtovanje in upravljanje pregrad v Sloveniji.

Zahvaljujemo se vsem sodelujočim strokovnjakom za njihov dragocen prispevek k oblikovanju teh navodil. Verjamemo, da bo ta dokument ključnega pomena za nadaljnji razvoj in nadzor kakovosti infrastrukture, ki ščiti naše skupnosti in okolje pred naravnimi nesrečami.

Nina Humar

Ljubljana, december 2024

Predsednica SLOCOLD

Avtorji

Tematski zvezek DWA je bil pripravljen v skupnem strokovnem odboru DWA, DTK in DGGT "Dolinske pregrade in rečne pregrade" (WW4), ki ga sestavljajo naslednji člani:

Sieber, Hans-Ulrich	Dr.-Ing., Pirna (predsedujoči)
Pohl, Reinhard	Prof. Dr.-Ing. habil., Dresden (namestnik predsedujočega)
Aufleger, Markus	Univ. prof. Dr.-Ing. habil., Innsbruck
Bettzieche, Volker	Prof. Dr.-Ing., Essen
Bieberstein, Andreas	Dr.-Ing., Karlsruhe
Carstensen, Dirk	Prof. Dr.-Ing. habil., Nürnberg
Fries, Jürgen	Dipl.-Ing., Wuppertal
Kast, Karl	Dr.-Ing., Ettlingen
Knallinger, Maximilian	Dipl.-Ing., München
Mehl, Jochen	Dipl.-Ing., Erfurt
Nielinger-Teuber, Antje	Bau-Assin, dipl. ing., Essen
Overhoff, Gregor	MR, dipl. ing., München
Strasser, Karl-Heinz	Dipl.-Ing., Landshut

Tematski zvezek so napisali naslednji avtorji:

Pohl, Reinhard	Prof. Dr.-Ing. habil., Dresden (urednik)
Aufleger, Markus	Univ. prof. dr.-Ing. habil., Innsbruck
Bettzieche, Volker	Prof. Dr.-Ing., Essen
Bieberstein, Andreas	Dr.-Ing., Karlsruhe
Carstensen, Dirk	Prof. Dr.-Ing. habil., Nürnberg
Kanne, Stefan	Dipl.-Ing., München
Kast, Karl	Dr.-Ing., Ettlingen
Knallinger, Maximilian	Dipl.-Ing., München
Overhoff, Gregor	MR, dipl. ing., München
Sieber, Hans-Ulrich	Dr.-Ing., Pirna
Strasser, Karl-Heinz	Dipl.-Ing., Landshut

Občasno sodeloval kot gostujoči avtor:

Banzhaf, Peter	Dipl.-Ing., Schrobenuhausen
----------------	-----------------------------

Vodja projekta v nacionalnem uradu DWA:

Schrenk, Georg	dipl. geogr., Hennef
----------------	----------------------

Slovensko različico so pripravili člani Slovenskega nacionalnega komiteja za velike pregrade SLOCOLD:

Andrej Kryžanowski	dr., univ. dipl. inž. grad., UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Matjaž Mikoš	dr., univ. dipl. inž. grad., Unesco katedra za zmanjševanje tveganj ob vodnih ujmah, UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Nina Humar	univ. dipl. inž. grad., SLOCOLD

Vsebinski pregled so opravili:

Bojan Čas	dr., univ. dipl. inž. grad., UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Matjaž Četina	dr., univ. dipl. inž. grad., UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Janko Logar	dr., univ. dipl. inž. grad., UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Gašper Rak	dr., univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Preview

Vsebina

1	Uvod.....	17
2	Varnostne zahteve za pregrade.....	19
2.1	Nacionalna raven	19
2.1.1	Zakonske in upravne zahteve	19
2.1.2	Zahteve v skladu s pravili stroke.....	20
2.2	Mednarodna raven.....	22
3	Projektiranje v skladu s standardom DIN 19700 ob upoštevanju odločujočih vplivov.....	26
3.1	Načela projektiranja	26
3.2	Preverjanje varnosti	27
3.2.1	Splošno.....	27
3.2.2	Določitev karakterističnih vrednosti.....	28
3.2.3	Koncept globalne varnosti	28
3.2.4	Koncept delne varnosti	29
3.2.5	Verjetnostni koncepti	30
3.2.6	Hidravlične preveritve	30
3.2.7	Preveritve poplavne varnosti in določanje nadvišanja zaježitve.....	31
3.2.8	Računski dokaz varnosti pri prometnih obtežbah	31
4	Možni vplivi, ki presegajo projektne predpostavke	33
4.1	Ekstremne poplavne gladine in pretoki	33
4.1.1	Določitev računskih pretokov v skladu s standardom DIN 19700	33
4.1.2	Nepredvideno prelivanje pregrade.....	34
4.1.3	Kritična preobremenitev obratovalnih objektov	35
4.1.4	Zemeljski plazovi na območju zadrževalnika	35
4.2	Ekstremni potres	36
4.2.1	Specifikacije v skladu s standardom DIN 19700	36
4.2.2	Vpliv potresa na pregrade.....	36
4.2.3	Negotovosti pri določanju vpliva potresa	37
4.2.4	Škoda zaradi vplivov potresa.....	37
4.3	Precejanje z ekstremnimi hidravličnimi gradienti, notranja erozija, živali, ki kopljejo, vegetacija.....	38
4.4	Ekstremne nenačrtovane obtežbe.....	39
4.5	Napačno obratovanje in upravljanje objektov.....	40
4.6	Nasilna dejanja.....	41
4.7	Ekstremni pogoji na strani odpornosti	42
4.7.1	Uvodne opombe	42
4.7.2	Neugodni materialni parametri.....	43
4.7.3	Funkcionalna okvara konstrukcijskih delov in naprav, pomembnih za varnost	43
5	Aktivacija in izčrpavanje varnostnih rezerv v konstrukciji jezovne zgradbe.....	44
5.1	Oblikovanje lastnih rezerv	44
5.2	Rezerve, izhajajoče iz lastnosti materiala	45
5.2.1	Splošno.....	45
5.2.2	Nasute pregrade	45
5.2.3	Masivne pregrade	46
5.2.4	Temeljna tla	46
5.3	Rezerve iz projektne zasnove	47
6	Ukrepi za zmanjšanje tveganja odpovedi objekta in njenih posledic.....	48

6.1	Pregled.....	48
6.2	Nadzor nad pregradami (opazovanje, varnostno poročilo, poglobljeni pregled).....	49
6.3	Preventivni ukrepi v primeru prelivanja	49
6.4	Organizacijski ukrepi	50
6.5	Operativni ukrepi v primeru posebnih okoliščin	50
6.6	Ocena tveganja in razvrstitev pregrad.....	51
6.6.1	Ocena tveganja.....	51
6.6.2	Razvrstitev pregrad.....	53
7	Odpoved pregrad in možne posledice.....	56
7.1	Potencial nevarnosti pri pregradah.....	56
7.1.1	Tveganja.....	56
7.1.2	Delna odpoved in popolna odpoved	57
7.2	Načini odpovedi.....	59
7.3	Obseg odpovedi	63
7.4	Modeli porušitve za nasute pregrade	63
7.5	Scenariji odtoka v primeru odpovedi	64
7.5.1	Splošno.....	64
7.5.2	Obratovalna stanja zadrževalnika, poplavni hidrogrami.....	64
7.5.3	Zadrževalnik, hidrogrami odtoka.....	65
7.5.3.1	Zadrževanje voda	65
7.5.3.2	Določanje odtoka z empiričnimi pristopi.....	65
7.5.3.3	Določanje odtoka z enostavnimi pristopi izračuna v primeru nenadne popolne odpovedi	66
7.5.3.4	Določanje odtoka z računskimi modeli mehanike loma tal	67
7.5.3.5	Določanje odtoka z numeričnimi računskimi modeli.....	67
7.5.3.6	Primerjava rezultatov za različne računske modele	68
7.5.3.7	Fizikalni računski modeli za oblikovanje začetne odprtine in porušitvenega pretoka	69
7.5.3.8	Časovni potek pretoka na mestu porušitve	69
7.5.4	Primerjava z naravnimi poplavami	71
8	Določitev širjenja porušitvenih valov.....	73
8.1	Opis problema.....	73
8.2	Osnove in oblikovanje modela	73
8.2.1	Numerični hidrodinamični računski modeli.....	73
8.2.2	Modeli terena.....	75
8.2.3	Raba tal, vegetacija, hrapavost, mostovi, objekti v strugi, pozidava	75
8.2.4	Robni in začetni pogoji.....	76
8.3	Izvedba izračunov	77
8.3.1	Modeliranje širjenja porušitvenih valov	77
8.3.2	Določitev globine vode, območja poplavljanja in časa prihoda valov	79
8.4	Prikaz rezultatov.....	79
8.4.1	Predstavitve velikosti porušitvenih valov.....	79
8.4.2	Nejasnost in negotovost rezultatov	80
8.4.2.1	Splošne informacije o nejasnosti in negotovosti.....	80
8.4.2.2	Negotovost pri analizi porušitve pregrad	81
8.4.2.3	Negotovosti pri izračunu in kartiranju porušitvenih valov.....	82
8.4.3	Karte posebnih nevarnosti	85
8.4.3.1	Karte poplavne ogroženosti	88
9	Izvajanje, uporaba in prenos rezultatov.....	90
9.1	Načrt ukrepanja v izrednih razmerah, obveščanje, internet	90

9.2	Ukrepi v izrednih razmerah v drugih državah	94
10	Povzetek	101
11	Dodatek.....	102
11.1	Analize porušitev pregrad in porušitvenih valov v izbranih državah	102
11.2	Modeli oblikovanja začetne odprtine in modeli odtoka, empirične formule za izračun dimenzij začetne odprtine in konice odtoka pri porušitvi	108
12	Imenik ključnih besed.....	115
13	Literatura	117

Preview

Kazalo slik:

Slika 1:	Temeljni stebri zagotavljanja varnosti pregrad (<i>Sieber, 2009</i>)	21
Slika 2:	Koncept preverjanja zanesljivosti pregrad v skladu s standardom DIN 19700-11:2004-07 (po <i>Sieber 2009</i>) in navodili DWA-M 542	22
Slika 3:	Primerjava pristopov varnosti pregrad (<i>Sieber, 2009</i>).....	23
Slika 4:	Okvirni program tveganja pri varnosti pregrad v ZDA	25
Slika 5:	Globalni koncept in koncept delnih varnostnih faktorjev (<i>Ziegler 2009</i>)	27
Slika 6:	Shematski prikaz normalne porazdelitve vpliva in odpornosti.....	28
Slika 7:	Povezanost med različnimi delnimi varnostnimi faktorji v skladu s standardom DIN EN 1990:2010-12 (povzeto z dovoljenjem DIN).....	30
Slika 8:	Pregrada Niedow na reki Witka na Poljskem, ki se je porušila 10. avgusta 2010 po dolgotrajnem prelivanju pregrade v času poplave. Pogled z vodne strani med obnovo. Verjeten vzrok porušitve je počasno ali nezadostno odpiranje treh segmentnih zapornic (<i>foto: Pohl</i>).....	34
Slika 9:	Prelivanje masivne pregrade med ekstremno poplavo, ki presega projektne predpostavke 3D hidravlični izračun ($HQ_{maks} > BHQ_2$; <i>Keul, 2011</i>).....	35
Slika 10:	Tehnični in kadrovske ukrepi za zaščito kritične infrastrukture: stražni stolp in videonadzor (pregrada Folsom na Ameriški reki nad Sacramentom, Kalifornija) (<i>Foto: Pohl</i>)	42
Slika 11:	Zaporedje in sklopi postopka ocene tveganja (po <i>Sieber, 2000</i>)	51
Slika 12:	Postopek za izdelavo drevesa napak (<i>Romeike in Hager, 2013</i>).....	53
Slika 13:	Postopki za razvrstitev pregrad (<i>Sieber, 2016</i> , iz osnutka priporočil ICOLD »Regulation of dam safety« – (Urejanje varnosti pregrad).	54
Slika 14:	Stopenjska obravnava odpovedi pregrad. Primeri obremenitev in preobremenitev zaradi poplavne vode (<i>Pohl, 2016</i>).	58
Slika 15:	Vzroki za poškodbe pregrad (<i>ICOLD, 1995</i>).	59
Slika 16:	Modeliranje hipotetične porušitve pregrade in njenih posledic (<i>Pohl, 2008</i>).	59
Slika 17:	Proces porušitve in vzorec porušitve pregrad (<i>Pohl, 2016</i>).....	60
Slika 18:	Primeri vzorcev porušitev masivnih pregrad (<i>Pohl, 2015</i>).....	61
Slika 19:	Izbira scenarijev porušitve na primeru sestavljene nasute in masivne dolinske pregrade v območju visokovodnega preliva (<i>Pohl in Bornschein, 2007a</i>)	62
Slika 20:	Porušitev nasute pregrade (Glashütte 2002). Rekonstrukcija hidrogramov za dotok, odtok, gladino zaježitve, najnižjo točko krone/preliva (<i>Bornschein in Pohl 2003</i>).....	65
Slika 21:	Največji pretok skozi začetno odprtino v primerjavi s faktorjem nastanka začetne odprtine BFF – visokovodni zadrževalnik Glashütte (trikotnik) in podatki iz <i>MacDonald in Langridge-Monopolis</i> (1984) (<i>Bornschein, Pohl, 2007</i>).	66
Slika 22:	Značilne vrednosti odtoka iz zadrževalnika po pravokotnem kanalu po <i>Ritter</i> (1892).....	67
Slika 23:	Rezultati za konice odtoka po različnih modelih za tri vzorčne zadrževalnike (<i>LfW Bavarska, 2003</i>)....	68
Slika 24:	Modelni preskusi oblikovanja začetne odprtine in opredelitev odtoka. Levo: homogena pregrada na levi TH Dresden 1937 (<i>foto: Arhiv IWD</i>), desno: nehomogena pregrada, TU Dresden 2015 (<i>foto: Pohl</i>).....	69
Slika 25:	Krivulje odtoka na treh primerih porušitve pregrad A, B in C (<i>LfW Bavarska, 2003</i>).....	69

Slika 26: Ocenjene verjetnosti na primeru pregrad (sestavljena nasuta pregrada in masivna pregrada z visokovodnim prelivom), s katerimi se lahko dosežejo ali presežejo poenostavljeni (zglajeni) hidrogrami največjega letnega poplavnega dogodka (glej sliko 19 – <i>Pohl in Bornschein, 2007a</i>).	70
Slika 27: Hidrogrami pretoka zaradi porušitve jezovne zgradbe, (prim. slike 19 in 26, <i>Pohl in Bornschein, 2007a</i>).	71
Slika 28: Vpliv porušitve pregrade v stranski dolini na hidrogram poplavnega pretoka - Müglitz, ustje reke Prießnitz v Glashütte 2002 (<i>Bornschein in Pohl, 2003a</i>).....	72
Slika 29: Prikaz naravnih poplavnih dogodkov s koničnim pretokom in povratno dobo v primerjavi s porušitvenimi valovi za primer pregrade v osrednji Nemčiji (s sklicem na sliko 26).	72
Slika 30: Primerjava različnih rezultatov izračunov pri uporabi 1D in 2D hidravličnih programov glede na gladino najvišje zaježitve med naravnimi ekstremnimi poplavnimi razmerami (<i>Pohl in Bornschein, 2007a</i>).	75
Slika 31: Vplivne veličine, značilne vrednosti in enačbe za izračun širjenja porušitvenega vala.	78
Slika 32: Hitrosti širjenja porušitvenega vala pri različnih porušitvah pregrad v primerjavi z naravno ekstremno poplavo na Labi (<i>CADAM, 2000</i>).	78
Slika 33: Intenzivnost poplav vzdolž smeri toka med porušitvijo majhnih pregrad ($H < 4,5$ m, $V < 0,1$ hm ³). Levo največji pretok pri porušitvi po <i>Mcdonald in Langridge-Monopolis</i> (1984), desno standardna začetna odprtina po <i>BEFFA 2001</i> (<i>Pohl in Bornschein, 2011</i>).	79
Slika 34: Globine vodnega toka 1,5 ure, 2,5 ure in 3,3 ure po prihodu poplavnega vala zaradi hipotetične porušitve dolinske pregrade (<i>Pohl in Bornschein, 2007a</i>).	80
Slika 35: Okvir za analizo zanesljivosti, ki odraža negotovost (<i>Sieber, 2016</i>).	81
Slika 36: Diskretizacija za 1D, 2D in 3D hidravlične modele (<i>Pohl, 2012</i>).	84
Slika 37: Poplavni val pri porušitvi pregrade z in brez oviranja pretoka z železniškim nasipom. Zgoraj poplavno območje, spodaj vzdolžni hidravlični prerez (vir: <i>Pohl, 2016</i>).....	85
Slika 38: Primer 1 za karto posebne nevarnosti, ki prikazuje največje globine vodnega toka, vrednosti odtokov v kontrolnih prečnih prerezih ter čase prihoda porušitvenega vala in konice vala od začetka porušitve pregrade. Poleg tega bi bil možen tudi prikaz pretočnih hitrosti ali intenziteta $h \cdot v$ poplavne nevarnosti. 86	
Slika 39: Primer 2 za karto posebne nevarnosti, ki prikazuje največje globine vodnega toka, mejo poplavnega območja HQ ₁₀₀ , vrednosti odtokov v kontrolnih prečnih prerezih ter čase prihoda porušitvenih valov in konice porušitvenih valov od začetka porušitve pregrade. Poleg tega bi bilo mogoče prikazati pretočne hitrosti ali intenzitete poplavne nevarnosti vodnega toka (karta ozadja: <i>Open Street Map</i>).	87
Slika 40: Hidrogrami odtokov na kontrolnih prečnih prerezih.....	88
Slika 41: Prikaz ravni in pogostosti škod na podlagi švicarskega modela.	89
Slika 42: Primer načrta evakuacije v primeru nevarnosti odpovedi pregrade (<i>Harus, Huber, Köngeter, 2004</i>)	93
Slika 43: Stopnje nevarnosti v skladu s švicarskim konceptom varnosti, povzeto po <i>BFE (2015c)</i>	94
Slika 44: Oblike alarmiranja v primeru grozečega nenadzorovanega izpusta velike količine vode (<i>BFE, 2015b</i>). 96	
Slika 45: Organizacija zasnove nujnih ukrepov za pregrade (<i>BFE, 2015b</i>)	97
Slika 46: Stalna obvestilna tabla za načrt ukrepanja v izrednih razmerah na Tirolskem v Avstriji (vir: <i>S. Dornack</i>)	98

Kazalo preglednic:

Preglednica 1:	Obveznost zagotavljanja informacij za upravljavce objektov z visokim tveganjem v zakonodaji nemških zveznih dežel (izvleček z dne 16. marca 2015 - Pohl, Borschein 2007a).....	20
Preglednica 2:	Izbira projektnih poplavnih pretokov v skladu z DIN 19700-11:2004-07.	33
Preglednica 3:	Izbor verjetnosti presejanja potresnih dogodkov za preverjanje varnosti pregrad v skladu s standardom DIN 19700-11:2004-07.	36
Preglednica 4:	Napačno obratovanje in upravljanje zapornic na pregradi (težave, možni vzroki in strategije preprečevanja).	40
Preglednica 5:	Razvrstitev pregrad v skladu z DIN 19700-11:2004-07.	55
Preglednica 6:	Prag sprejemljivost tveganja in posamezna relativna pogostost smrtnih primerov v zvezi z jedrskimi elektrarnami po Otway & Erdman, 1970 (stolpca 1 in 2) ter primeri empiričnih pogostosti smrtnih primerov (glej tudi Proske, 2004; stolpec 3).....	56
Preglednica 7:	Potencial nevarnosti in možna škoda v primeru delne ali popolne odpovedi pregrad (Pohl, 2016).	57
Preglednica 8:	Vzroki za porušitev in vzorci porušitev pri pregradah.	60
Preglednica 9:	Vzroki porušitve in vzorci porušitev pri masivnih pregradah.	61
Preglednica 10:	Empirične značilne vrednosti za različne načine odpovedi in tipe pregrad (Pohl in Borschein, 2007a).	62
Preglednica 11:	Rezultat empiričnega računskega modela za tri vzorčne zadrževalnike (LfW Bavarska, 2003).	68
Preglednica 12:	Primeri običajnih hidravličnih modelov za izračun širjenja porušitvenega vala.	74
Preglednica 13:	Vzroki negotovosti pri izračunu porušitvenega vala in pri kartiranju poplavnih območij (prim. Apel idr., 2004; Domeneghetti idr., 2013).	82
Preglednica 14:	Večstopenjski pristop za izdelavo kart posebnih nevarnosti v ZDA (NDRSB, 2009; FEMA 2013).	100
Preglednica 15:	Večstopenjski pristop za analizo porušitve pregrad v skladu s smernicami zvezne države Kolorado, ZDA, 2010.	100
Preglednica 16:	Analize porušitev pregrad in porušitvenih valov v izbranih državah.	102
Preglednica 17:	Izbrani modeli oblikovanja začetne odprtine in izračun odtoka (po CADAM 2000 in Wu, 2011)	108
Preglednica 18:	Pregled raznih enačb za največji porušitveni pretok (konica pretoka) za hipotetično porušitev zemeljske pregrade (po Wahl, 2001, dopolnjeno po Wu, 2011; DSO, 1998).	111
Preglednica 19:	Pregled različnih enačb za izračun erodirane prostornine in širino začetne odprtine za hipotetično porušitev zemeljske pregrade.	113
Preglednica 20:	Pregled različnih enačb za čas oblikovanja začetne odprtine v primeru hipotetične porušitve zemeljskega pregrade.	114

Pregrade uvrščamo med kritične infrastrukturne objekte. Zaradi velikega škodnega potenciala morajo izpolnjevati najvišje zahteve glede zanesljivosti, kar v normativnem smislu pomeni zadostiti načelom, kot so: konstrukcijska varnost, uporabnost in trajnost. Eden glavnih razlogov za to je, da pregrade služijo izredno pomembnim nalogam, kot so oskrba s pitno vodo, varstvo pred poplavami ali proizvodnja električne energije, pri čemer nenačrtovani obratovalni izpadi niso dopustni. Po drugi strani v primeru porušitve ali okvare opreme ali pregradi pripadajočih objektov (zapornice, odzemni objekti, dovodni kanali, evakuacijski objekti ipd.) obstaja velika možnost tveganja za upravljavca pregrad in predvsem za prebivalstvo na dolvodno ležečih območjih. Nemški standard za pregrade DIN 19700 (izdaja iz 2004) zato zahteva varno zasnovo vseh sestavnih delov pregrad, zahteva pa tudi, da je treba v analize vključiti tudi primere, ko so projektne predpostavke presežene ali pride do preobremenitve, ter opredeliti in oceniti preostala tveganja, ki iz tega izhajajo. Omenjeni standard v veliki meri prepušča njegovim uporabnikom, da se odločijo, kako in s katerimi metodami bodo izvedli presoje preostalega tveganja (preostalo tveganje).

Po mnenju avtorjev je namen priprave teh navodil, da uporabnikom nemškega standarda za pregrade ponudi premisleke, informacije in pomoč pri obravnavi zgoraj omenjenega nabora tem. Medtem ko so se v Nemčiji odgovorni do tega sklopa tem doslej obnašali zadržano, je obravnava hipotetičnih odpovedi pregrad in njihovih posledic običajna praksa v sosednjih državah in drugod. Ocena tveganja se vse pogosteje uporablja pri ocenjevanju zanesljivosti pregrad, tako za posamezne objekte kot za skupine pregrad na mednarodni ravni. Zakonodaja o obvladovanju naravnih nesreč v več nemških zveznih deželah določa, da morajo upravljavci objektov z visokim potencialom nevarnosti prepoznati ta tveganja ter posledice v primeru nezgod in odpovedi ustrezno obravnavati in jih na zahtevo predložiti pristojnim organom. Glede na to je treba preučiti tudi, kaj se zgodi, če so presežene računske predpostavke, ki so bile upoštevane pri načrtovanju pregrad.

Področje obravnave v teh navodilih obsega predvsem zaježitve v glavni strugi vodotoka, zlasti dolinske pregrade in visokovodne zadrževalnike. Priporočljivo jih je smiselno uporabiti tudi za druge zaježitve kot so: rečne pregrade, črpalne akumulacije in prodni zadrževalniki, pri čemer je treba upoštevati posebnosti posamezne vrste zaježitve.

ISBN: 978-3-96862-831-8

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef
Telefon: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100
info@dwa.de · www.dwa.de