

UDK/UDC: 502.131.1:556.06

Prejeto/Received: 13.09.2022

Kratki znanstveni članek – *Short scientific paper*

Sprejeto/Accepted: 11.10.2022

DOI: [10.15292/acta.hydro.2022.03](https://doi.org/10.15292/acta.hydro.2022.03)

Objavljeno na spletu/Published online: 02.11.2022

HIDROLOŠKI MODELI HYDROLOGICAL MODELS

Ognjen Bonacci¹

¹ Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 21000 Split, Matice hrvatske 15,
Hrvaška

Izvleček

Prispevek obravnava zelo aktualno problematiko oblikovanja in uporabe hidroloških modelov. Izpostavljen je njihov pomen pri upravljanju vodnih virov in doseganju ciljev trajnostnega razvoja, še posebej v luči podnebnih sprememb. Izpostavljene so tudi nekatere pomanjkljivosti v procesu modeliranja hidroloških procesov, ki lahko pomembno vplivajo na verjetnost doseganja zanesljivih rezultatov. Glede na pomembno vlogo vode je pomembno, da razumemo tudi kompleksno problematiko oblikovanja hidroloških modelov. Ti sicer imajo pomembno vlogo, a morajo pri tem izpolnjevati več pomembnejših predpostavk. Predvsem morajo dosledno slediti osnovnim načelom hidrologije. Ugotavljamo, da je sodobna tehnologija modeliranja (uporaba računalnikov, hitro razvijajočih se numeričnih metod kot tudi uporaba sodobnih tehnologij monitoringa) močno presešla raven našega poznavanja hidroloških fizikalnih procesov in njihove interakcije z živim in neživim okoljem, ki jih želimo modelirati. Izpostavljena je kompleksnost postopkov in problematika prenosa informacij iz ene razsežnosti v drugo v prostoru in/ali času. Poudarjena je potreba po nadaljnjem razvoju hidroloških modelov s strogim preverjanjem rezultatov, ki jih modeli dajejo.

Ključne besede: hidrološki modeli, skaliranje, Klemešev zakon, konceptualizacija.

Abstract

This paper discusses the highly topical issue of forming and using hydrological models. Their significance in water resource management and achieving sustainable development goals is underlined, particularly in the context of climate change. Some shortcomings in hydrological process modelling are pointed out, ones that can significantly affect the probability of achieving reliable results. Given the important role water plays, it is necessary to understand the complexity of producing hydrological models. Indeed, hydrological models themselves play an important role, and they must as such meet several important assumptions. Above all, they must consistently follow the basic principles of hydrology. We find that contemporary modelling technology (computer use, rapid development of numerical methods, use of state-of-the-art monitoring techniques) has strongly surpassed the level of our knowledge regarding physical hydrological processes and their interactions with the living and non-living environments that we aim to model. The complexity of the procedures and the problem of transferring information from one dimension to another in space and/or time have been highlighted.

¹ Stik / Correspondence: obonacci@gradst.hr

© Bonacci O.; Vsebina tega članka se sme uporabljati v skladu s pogoji [licence Creative Commons Priznanje avtorstva – Nekomercialno – Deljenje pod enakimi pogoji 4.0](#).

© Bonacci O.; This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution – NonCommercial – ShareAlike 4.0 Licence](#).

The need for further development of hydrological models, involving strict verification of the results provided by these models, has been underlined.

Keywords: hydrological model, scaling, Klemeš's law, conceptualisation.

1. Uvod

Na Zemlji je voda bistvenega pomena. Nujna je za življenje v vseh merilih, od celice do planeta. Voda se nenehno giblje po površju, pod površjem in v ozračju ter zagotavlja podporo vsem oblikam življenja. Spremenljivost tega gibanja v prostoru in času je stalna, dobesedno ogromna ter premalo raziskana in razumljena. Hidrologija je znanost, ki poskuša to spremenljivost razumeti in pojasniti. V ta namen se v zadnjih desetletjih vse pogosteje uporabljajo postopki modeliranja hidroloških procesov z namenom doseganja ciljev trajnostnega razvoja.

Ločila v naslovu tega prispevka nakazujejo razloge in potrebo po razmisleku o aktualni problematiki modeliranja hidroloških procesov. S klicajem želimo poudariti pomembno in neizogibno vlogo vseh vidikov hidrološkega modeliranja v sodobni geofiziki, ekologiji in inženirstvu. Vprašaj pomeni, da je treba zelo previdno pristopiti k rezultatom, pridobljenim s hidrološkim modeliranjem, predvsem v inženirski praksi in ekološki uporabi. Zavedati se je treba, da ne glede na kompleksnost in tehnološko moč orodij za modeliranje hidroloških procesov, ti še vedno ne ponujajo povsem zanesljivih odgovorov in rešitev za vse bolj kompleksne probleme, ki se pojavljajo v teoriji, še bolj pa v praksi inženirske hidrologije in ekohidrologije.

Močan razvoj numeričnih in statističnih metod, ob podpori vse zmogljivejših računalnikov in tudi drugih tehnoloških pripomočkov (npr. lidarja, brezpilotnih letal, laserske tehnologije, skeniranja), je omogočil nepričakovan in hiter razvoj hidrološkega modeliranja. Število objavljenih člankov v vodilnih znanstvenih revijah, ki obravnavajo uporabo obstoječih ali razvoj novih hidroloških modelov, v zadnjih desetletjih eksponentno narašča. Poleg tega se danes rezultati hidroloških modelov vse pogosteje uporabljajo za odločanje o izvajanju obsežnih inženirskih posegov. Skorajda ni študije vplivov na okolje, ki ne bi

uporabljala katerega od številnih hidroloških modelov. Do neke mere se tudi zato ustvarja vtis, da so vse bolj aktualni hidrološki problemi zadovoljivo rešeni ali da je civilizacija vsaj na pragu zanesljivih rešitev za probleme, povezane z vodo (suše, poplave, onesnaženje itd.). Žal so takšne optimistične predpostavke daleč od krute resničnosti.

Hidrološki procesi so predvsem posledica spreminjanja podnebnih parametrov, predvsem količine in porazdelitve padavin na različnih območjih (površinskih in morfoloških) in v različnih časovnih merilih (od minute do nekaj let). Zanesljivo napovedovanje padavin v prostoru in času, predvsem ekstremno intenzivnih padavin, in podajanje napovedi, ki presegajo dan ali dva, je še vedno nemogoč podvig. Ali bo to kdaj mogoče, je vprašanje, na katerega znanost zaenkrat ne more zanesljivo odgovoriti. Tudi napovedovanje procesov nihanja temperature zraka v različnih časovnih merilih in na različnih lokacijah je prav tako nezanesljivo. Dejstvo je, da tudi drugi podnebni dejavniki, kot so vetrovi, vlažnost zraka in tal, gladina podzemne vode, lahko močno vplivajo na hidrološke procese, napovedovanje njihovega razvoj v prostoru in času pa je nezanesljivo. Če k temu dodamo še nenehne, nenadzorovane, nepredvidljive, nenadne in intenzivne spremembe, ki jih povzročajo naravni pojavi, kot so potresi in vulkani, pa tudi vse številčnejši in vse bolj agresivni antropogeni posegi (npr. jezovi, akumulacije, krčenje gozdov, urbanizacija, spreminjanje rabe tal), je jasno, da bodo rezultati hidrološkega modeliranja časovno in prostorsko omejeni.

2. Nekateri vidiki konceptualizacije hidroloških modelov

Koncept je oblikovanje ideje ali slike s pomočjo besed. Konceptualizacijo razumemo kot predstavitev abstraktne ideje v konceptu. Izhaja iz splošnega znanja o različnih temah. Konceptualizacija pomeni razvoj, izgradnjo in

ureditev idej, pridobljenih iz izkušenj in razumevanja tega, kar nas obdaja (<https://hr.encyclopedia-titanica.com/significado-de-conceptualizaci-n>).

Če izhajamo iz prej citiranih »uradnih« opredelitev koncepta in konceptualizacije in jih prenesemo na obravnavo problematike hidrološkega modeliranja, se moramo vnaprej zavedati, da gre za kompleksno, fluidno in celo kontroveržno problematiko, pri kateri ima vsak pravico do svojega mnenja.

Tehnologija hidrološkega modeliranja je močno preseгла naše razumevanje fizičnih procesov, ki jih je treba modelirati. Če želimo izkoristiti vse možnosti, ki jih tehnologija ponuja, je treba vrzeli v dejanskem znanju nadomestiti s predpostavkami, ki, čeprav se pogosto zdijo logične, niso preverjene in so pogosto napačne (<https://hepex.inrae.fr/the-model-the-forecast-and-the-forecaster/>). V tem smislu je konceptualizacija hidrološkega modeliranja v fazi živahnega razvoja, polnega nejasnih in težko rešljivih dilem. V nadaljevanju bomo poskušali opozoriti na nekatere od njih.

V svojem prelomnem članku *Diletantizem v hidrologiji: tranzicija ali usoda?* Klemeš (1986) ugotavlja, da je nezadovoljivo stanje v hidrologiji posledica prepada med teoretičnim priznavanjem hidrologije kot vede same po sebi in praktično nezmožnostjo analiziranja procesov, ki jih proučuje brez poznavanja, podatkov in metod številnih drugih ved, predvsem klimatologije, geologije, geografije, hidrotehnike itd. Posledica tega je, da se hidrologija močno opira na dosežke in podatke nehidroloških znanstvenih disciplin, to pa pogosto poraja zmote. Takšno stanje pogosto ohromi hidrološko sposobnost razlikovanja med dejstvi in predpostavkami hidrologije od tistih, ki veljajo na primer v upravljanju vodnih virov, statistiki in ekologiji. Nadaljnje težave v tej smeri se stopnjujejo s hitrim širjenjem računalniško podprtih hidroloških modelov. Ti omogočajo hitre rešitve, ki so s hidrološkega vidika premalo kritične in nepreverjene, za uporabnike pa privlačne. V njih hidrološki procesi pogosto nimajo ključne vloge, temveč jo imajo numerična statistična orodja ali drugi interesi.

Omenjeno stališče je Klemeš zavzel že pred skoraj 50 leti. Hidrološko modeliranje je od takrat dobilo svetovne razsežnosti; z njim iščemo najrazličnejše rešitve glede razmerja med vodo in naravnim okoljem, vse bolj pa tudi družbenim (npr. Sivapalan in sod., 2012; Di Baldassarre in sod., 2019; Bonacci, 2021). Le bežno se je treba ozreti po vse številnejši literaturi, objavljeni v vse številnejših vodilnih svetovnih znanstvenih revijah, da opazimo nastajanje vedno novih hidroloških in sorodnih modelov, na podlagi katerih se predlagajo različne rešitve. Omeniti moramo, da ima ključno vlogo v teh modelih voda in s tem hidrološki procesi. A voda se pogosto zanemarija (ali se ne jemlje dovolj resno), prednost pa se daje drugim vidikom. Že dejstvo, da se vsi tovrstni hidrološki modeli nenehno nadgrajujejo (nekateri bi rekli izboljšujejo), kaže na nezanesljivost rešitev, ki jih ponujajo. V zadnjih desetletjih so na to pomembno vplivale podnebne spremembe, predvsem negotovost glede intenzivnosti njihovega razvoja v bližnji, nekajletni prihodnosti.

Razumeti moramo dejanski dosež hidrološkega modeliranja. Kot primer navajamo modeliranje pojava suše, ki nastane zaradi pomanjkanja padavin na nekem območju. Vloga hidrologije nastopi šele, ko meteorologija opravi svoj del obveznosti, to je, da hidrologom posreduje podatke o padavinah (če te sploh bodo) na obravnavanem območju (Piniewsky in sod., 2022). Za hidrologe so padavine le vnos, ki ga je treba obdelati v modelu. Zato hidrologi lahko naredijo le zelo malo (če sploh kaj) za napovedovanje dolgoročnih učinkov suše. Po drugi strani pa imajo hidrološki modeli velik potencial za napovedovanje kratkoročnih in srednjeročnih posledic suše, t. i. hidrološke suše (npr. pretok v rekah, vodostaj jezer in zadrževalnikov, nivo podzemne vode). Tako lahko bistveno pomagajo pri upravljanju vodnih virov v kratkoročnih in srednjeročnih sušnih obdobjih. Vloga hidroloških modelov suše je spremljanje učinkov meteorološke suše glede na različne hidrološke podsisteme. Na podlagi tega je možno v realnem času posegati v sistem upravljanja vodnih virov z namenom omilitve škode, ki jo povzroča suša.

Hidrološki ekstremi na različne načine vse bolj vplivajo na družbo in ekosisteme po vsem svetu.

Prav zato še vedno poteka intenziven razvoj modelov ekstremnih hidroloških dogodkov. Potrebe po njih so velike, a vsak od njih daje bolj ali manj različne rezultate, kar je razumljivo, saj gre za ekstremne in nestacionarne pojave, ki se zelo razlikujejo glede na prostor in čas, v katerem se odvijajo. van Kempen in sod. (2021) so preučevali vpliv strukture modela na zanesljivost rezultatov. Za oceno zanesljivosti modelov so rezultate simulacijskih modelov rutinsko primerjali z opazovanimi podatki. Razlike, ki so lahko velike, kažejo na nepopolnost modelov. Addor in Fischer (2015) menita, da bi detajlna analiza modelov omogočala njihove popravke.

V hidrološkem modeliranju pogosto uporabljamo postopke optimizacije in simulacije za namene upravljanja vodnih virov in okoljske analize. Nekateri modeli so sposobni interno reševati negotovosti, a merilo optimizacije je relativno in pogosto vprašljivo (Shamir, 2011). Pogosto se uporabljajo procesi simulacije, a so ti lahko nezanesljivi; slednje je odvisno od dejanskega poznavanja (natančnosti) in reprezentativnosti parametrov, od katerih je odvisen simulacijski proces. Natančnost, dolžina in kontinuiteta merjenja parametrov hidroloških modelov imajo ključno vlogo pri doseganju kakovostnih rezultatov modeliranja. To je prvi korak, na katerem modeli lahko odpovejo, kar se v praksi pogosto tudi dogaja. Ker je napoved z uporabo hidroloških modelov negotova, se moramo pogosto zateči k napovedim v verjetnostni obliki (uporaba povratnih dob).

Vse vrste modeliranja, še posebej modeliranje hidroloških procesov, vključujejo postopke skaliranja (angl. scaling), torej postopke prenosa informacij iz ene dimenzije prostora in/ali časa v drugo (iz manjše v večjo in/ali obratno). Ta pojav poimenujemo tudi prilagajanje merilu. Običajni mednarodni termin za prilagajanje podatkov iz manjšega v večje merilo je upscaling, izraz downscaling pa se uporablja za prilagajanje podatkov iz večjega merila v manjšega. Žal še nisem naletel na ustrezno hrvaško terminologijo in menim, da bi jo bilo treba opredeliti. Skaliranje označuje spremembo merila v času ali prostoru (Blöschl, 1996). Avtor razlikuje med bolj konkretno opredelitvijo, ki skaliranje opredeljuje kot

spremembo površine ali prostornine, in širšo opredelitvijo, v kateri se skaliranje nanaša na vse vidike sprememb merila, ki vključujejo ekstrapolacijo, interpolacijo, združevanje (angl. aggregation) in razdruževanje (angl. disaggregation).

King (1991) je uporabil termin scaling up za prenos ali ekstrapoliranje ekoloških informacij z manjših lokalnih meril na širše prostore, ki imajo lahko regionalne razsežnosti. Na širših, regionalnih območjih obstajata dva nasprotujoča si pojavi v primerjavi s tistimi v manjših prostorskih dimenzijah. S povečanjem merila se povečuje prostorska variabilnost parametrov, a tudi zmanjšuje poznavanje lastnosti te variabilnosti (Diekkrüger, 2003), kar pogosto pomembno vpliva na zanesljivost rezultatov hidroloških modelov.

Dejstvo je, da veljajo enaki zakoni fizike tako v majhnih kot v velikih merilih prostora in časa ter da se ti zaradi interakcij med dejavniki različno hitro razvijajo in širijo v različnih dimenzijah časa in prostora. Pri uporabi postopkov skaliranja je prav pomanjkanje znanja o strukturi in zakonitostih teh interakcij ključna omejitev za doseganje zanesljivih rezultatov hidroloških modelov in modeliranja. Primer so posledice kratkoročnih intenzivnih padavin na majhnih območjih v primerjavi z večjimi porečji. Na majhnem območju lahko pride do nenadne poplave z znatnimi negativnimi posledicami, medtem ko na večjem porečju ali večjem vodotoku do povečanja vodostaja ne pride. Taka količina padavin na večjih območjih ne bo ublažila posledic suše, medtem ko bo na manjših območjih povzročila uničujoče poplave, na pojav suše pa ne bo vplivala.

Klemeš (1983) je pred 50 leti opozoril, da raven merila, na katerem se lahko izvaja smiselna konceptualizacija in skaliranje fizičnih procesov, ni samovoljna in ni kontinuirana. Preprosto povedano, podatkov z vsakega merila prostora in/ali časa ni mogoče prenesti v katero koli drugo merilo. Za iskanje ustrezne (odgovarjajoče) stopnje konceptualizacije, ki zagotavlja zanesljive rezultate modeliranja, je potrebna podrobna analiza procesov, ki jih želimo prenesti z enega merila na drugega, večjega ali manjšega. V praksi modeliranja hidroloških procesov se pogosto zgodi, da je

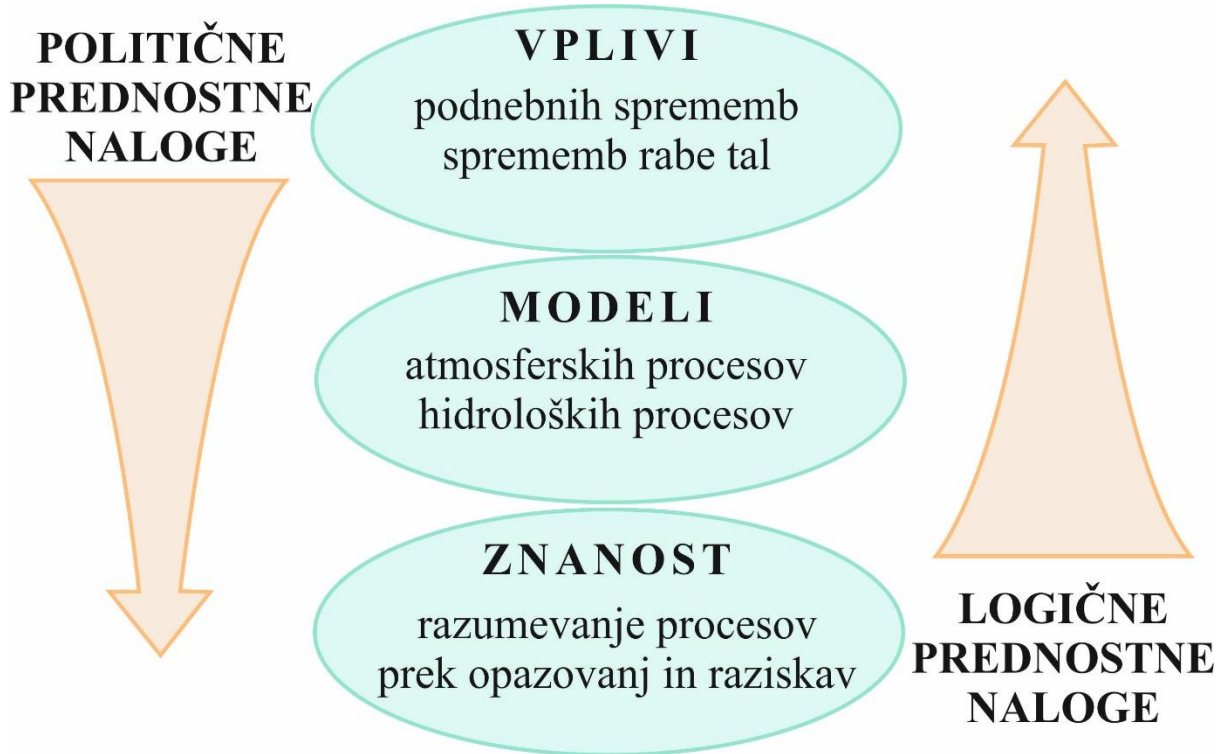
skaliranje samodejno, brez podrobnega preučevanja in poznavanja procesov na različnih merilih prostora in časa. Rezultati takšnih modelov prej ali slej vodijo do napačnih zaključkov. Povedano drugače, ni vsak model primeren za vsake razmere. Pogosto ljudi, ki jih uporabljajo, zaslepi njihova kompleksnost ali prefinjenost uporabljenega matematičnega aparata (ki ga uporabniki v veliki meri ne razumejo) in verjamejo v njihovo moč in uporabnost v vseh pogojih. Takih idealnih modelov ni, veliko vprašanje je tudi, če bodo kdaj obstajali. Razumeti moramo, da je hidrologija znanost, ki obravnava številne vidike, povezane z vodo, in da je njena vloga opisati in analizirati, to je pojasniti, različne vidike pojavnosti vode. Pri modeliranju hidroloških procesov nima smisla predpisovati, kako bi fizični zakoni morali delovati, temveč kako v resnici delujejo. Če in ko se tega dejstva ne upošteva, so hidrološki modeli (kot tudi modeli v številnih drugih znanstvenih disciplinah) sami sebi namen. Scenariji takšnih hidroloških modelov, ki se jim pogosto dodajajo pridevniki “kompleksni”, “hevristični” itn., ne odražajo odzivov porečja, temveč zgolj odzive matematičnih algoritmov, ki gradijo model.

Kelder in sod. (2022) menijo, da lahko številni nizi klimatskih simulacijskih modelov omogočajo globlje razumevanje značilnosti in vzrokov ekstremnih hidroloških dogodkov, ki so se zgodili v preteklosti. Vendar pa je ustrezna ocena modelov simuliranih ekstremnih dogodkov, ki so se zgodili v preteklosti, zapletena, z nepotrjenimi in nezanesljivimi opazovanji ter ne dovolj poznano naravno variabilnostjo v obravnavanem času. Avtorji tega dela zato menijo, da običajne metode ocenjevanja in popravkov ne morejo zagotavljati pravilnosti modeliranih vrednosti.

Na kakovost modeliranja, in to ne zgolj hidroloških procesov, ne vplivajo le fizikalni parametri. To dodatno vpliva na kakovost in s tem na sam pomen hidrološkega modeliranja hidroloških procesov.

Klemeš (2008) je izpostavil tudi politične pritiske, ki jim je ta vrsta modelov izpostavljena. Pritiski so se še posebej povečali zdaj, ko je Zemlja pod vplivom podnebnih sprememb, ki jih je avtor poimenoval CCI (Climate Change Impacts). Klemeš je že davno nazaj ugotovil, da je hidrološke modele zaneslo v vrtinec modelov CCI (“swept in a maelstrom of CCI models”).

Da bi vsaj ublažili vpliv politike na področju hidrološkega modeliranja, je Klemeš (2008) predlagal t. i. Klemešev zakon, ki je grafično prikazan na sliki 1. Grafični prikaz kaže, da moramo v postopku modeliranja slediti logičnim, ne pa političnim prednostnim nalogam. To pomeni, da bi morale prednostne naloge pri modeliranju izhajati iz znanosti in se končati pri vplivih, ki bi jih model moral podati. Politiki (investitorji in drugi vplivneži) želijo izvedeti, kakšni so rezultati, da bi lahko nanje vplivali, ni pa jim mar, kakšna je bila pot do njih. Model je zanje manj pomemben. Pomembno jim je, da dobijo rezultate, ki jim ustrezajo, ali pa se le zdi, da jim ustrezajo v danem trenutku. Običajno gre za hiter dobiček, ne glede na morebitne dolgoročne negativne posledice. Znanstveniki (vsaj večina, žal pa so tudi taki, ki so pripravljeni ustreči vplivnežem) po drugi strani predvsem želijo razumeti in podrobno opisati procese, da bi lahko razvili verodostojne modele, ki so sposobni zanesljivo oceniti in predvideti možne vplive. Dejstvo je, da je vedno več tistih, ki so pripravljeni z modeli dokazati, kar od njih zahtevajo vplivneži. Za to neredko uporabljajo kompleksne modele, katerih struktur pogosto ne razumejo ali, kar je še slabše, si jih napačno razlagajo. Ker se hidrološki modeli večinoma uporabljajo za ocenjevanje nehidroloških objektov in posledic (ekoloških, družbenih, socialnih itd.), na zanesljivost njihovih ocen ne vplivajo le vsi vplivneži, temveč tudi koncepti drugih znanstvenih disciplin, ki jih uporabljajo.



Slika 1: Klemešev zakon.

Figure 1: Klemeš's Law.

3. Zaključek

Vse omenjeno po eni strani opozarja na pomen hidrološkega modeliranja kot nujnega sredstva, namenjenega napovedovanju prihodnjega razvoja hidroloških procesov, da bi lahko uspešno upravljali vodne vire in zagotovili trajnostni razvoj v negotovi prihodnosti. Po drugi strani se zdi, da hidrološki modeli ne ponujajo varnih, še posebej pa ne trajnih rešitev. Hidrološko modeliranje je zelo občutljiv in nezanesljiv proces. Posebej pomembno vlogo modelov je treba prepoznati v tem, da vsak model omogoča hitro preučitev različnih variant, pri tem pa se izvedejo izračuni z različnimi klimatološkimi in drugimi parametri. Hidrološki modeli so zato nepogrešljivi, a nikakor ne smejo biti nekaj, čemur bi lahko slepo zaupali in na podlagi česar bi sklepali pomembne, dolgoročne in končne zaključke. Pri njihovi praktični uporabi moramo biti zelo previdni. Pogosto se zgodi, da hidrološkim modelom popolnoma zaupamo, posledica pa ni le razočaranje, temveč tudi gospodarske, socialno zdravstvene in druge posledice.

Da bi izpolnili svojo kompleksno, a tudi izjemno in svetovno pomembno vlogo pri uporabi in upravljanju vodnih virov, morajo hidrološki modeli dosledno slediti osnovnim načelom hidrologije. Ker hidrologija uporablja parametre, dejavnike in celo načela številnih drugih znanstvenih ved, je treba temeljito preučiti njihov vpliv na hidrološke procese. To še posebej velja za okoljska vprašanja. Pri tem se moramo zavedati, da marsikaterih interakcij med vodo in okoljem ne razumemo dovolj, zato jih tudi ni mogoče zanesljivo modelirati.

Namen tega dela ni kritika hidroloških modelov, temveč da se zagotovi podpora za oblikovanje zanesljivejših modelov. Hidrološki model ni zdravilo za vse težave, temveč le pomožno sredstvo, s katerim poskušamo zanesljiveje napovedati, kako se bodo procesi, povezani z vodo, razvijali pod vplivom naravnih in/ali antropogenih procesov. Po svoje je hidrološki model dober le toliko, kolikor ga razumemo in uporabljamo v praksi.

Sodobna hidrologija se usmerja v uporabo računalnikov, numeričnih metod in novih tehnologij. Zato so številni strokovnjaki in laiki (in predvsem mladi strokovnjaki) pod vtisom, da je sodobna hidrologija naredila nenaden skok in se odmaknila od klasične («zaostale») hidrologije, ki temelji na vodnem bilanciranju. Klemeš (1979) je opozoril na ta lažni vtis, da je npr. sistemski pristop k analizi skladiščenja vode v umetnih akumulacijah, ki temelji na analizah vsotnih krivulj (angl. mass-curve analyses), preskok iz kamene dobe hidrologije v svet sodobne znanosti. Dejansko se ta preskok ni zgodil. To je samo star, klasičen primer, a takšnih primerov je vse več. Dobro bi bilo objektivno raziskati, v kakšni meri in kakšna je resnična podpora številnih novih metod, konceptov, tehnologij in pristopov, ki se danes široko uporabljajo v hidroloških modelih. Hidrologija si zagotovo mora prizadevati za uporabo novih konceptov, metod in tehnologij, a ne smemo postati sužnji tega ali se počutiti manj vredne; uporabiti jih je treba za natančnejše razumevanje in razlago procesov, ki jih preučujemo in modeliramo.

Hidrološki modeli slepo in zvesto obdelujejo vnesene temperature, padavine in vse druge informacije, ne glede na to, ali je njihov odnos fizično dosleden, ali so bistvenega pomena v analiziranem procesu, ali je model umerjen za analizirane zgodovinske pogoje in ali je njegova učinkovitost klimatsko (ali lokacijsko) prenosljiva. Tehnologija modeliranja je namreč bistveno presešla raven našega poznavanja fizičnih procesov, ki jih želimo modelirati. Uporaba take tehnologije nas sili, da zamenjamo vrzeli (neznanje) s predpostavkami, ki so lahko napačne, čeprav se najpogosteje zdijo logične.

Hidrologija je v procesu burnega razvoja (Bonacci, 2004.) in je vse bolj potrebna in odgovorna za podporo trajnostnemu razvoju vseh vidikov življenja na globalni ravni. Na pravi poti je, da sprejme presenetljive znanstvene novosti, pri čemer ji bo podpora razvoj in uporaba hidroloških modelov. Zato je pomembno, da bo na tej pomembni poti čim manj ostrih ovinkov, modele je treba razvijati in uporabljati s spoštovanjem, pa tudi z visoko stopnjo kritičnosti.

Prispevek naj služi kot svarilo, kam lahko pelje nekritično ravnanje z rezultati hidroloških modelov. Ti naj ostanejo pripomoček, ki ga razumemo. Še bolj skrbi dejstvo, da se število hidroloških postaj za spremljanje pretokov vode zmanjšuje povsod po svetu, kar pomeni, da se tudi možnosti za izdelavo kakovostnih hidroloških modelov zmanjšujejo.

Osnova hidrologije in njena daleč največja vrednost so dobri podatki. Ne glede na to, kako napredni so modeli, ti ne morejo voditi k zanesljivim ugotovitvam, če nimajo kakovostnih (natančnih in zanesljivih) hidroloških (vodostaj in pretok) in klimatoloških (predvsem padavine ter temperatura zraka in vode) podatkov. Bistvo hidrologije, tako inženirsko praktične kot znanstvene, je v zagotavljanju zanesljivih odgovorov na izzive, s katerimi se sooča okolje in družbene strukture. Hidrologi bi morali več pozornosti namenjati svojim praviim koreninam in nalogam, ki so ključne za človeštvo. Vse se začne z določitvijo pretočnih krivulj. Na to preprosto dejstvo smo žal kar pozabili.

Viri

- Addor, N.; Fischer, E. M. (2015). The influence of natural variability and interpolation errors on bias characterization in RCM simulations. *Journal of Geophysical Research Atmosphere* **120** 10180–95 <https://doi.org/10.1002/2014JD022824>.
- Blöschl, G. (1996): Scale and scaling in hydrology. Habilitationsschrift. Wiener Mitteilungen, Band 132.
- Bonacci, O. (2004.). On the role of hydrology in water resources management. *IAHS Publication* **286**, 88-94.
- Bonacci, O. (2021). Razvoj hidrologije u 21. stoljeću. *Hrvatske Vode*, **29(115)**, 1-10.
- Di Baldassarre, G.; Sivapalan, M.; Rusca, M.; Cudennec, C.; Garcia, M.; Kreibich, H.; Konar, M.; Mondino, E.; Mård, J.; Pande, S.; Sanderson, M. R.; Tian, F.; Viglione, A.; Wei, J.; Wei, Y.; Yu, D. J.; Srinivasan, V.; Blöschl, G. (2019): Sociohydrology: scientific challenges in addressing the sustainable development goal. *Water Resources Research*. **55(8)**, 6327-6355. <https://doi.org/10.1029/2018WR023901>.
- Dieckrüger, B. (2003). Upscaling of hydrological models by means of parameter aggregation technique. Dynamics of Multiscale Earth Systems. Lecture Notes in Earth Sciences, vol 97. (ed. by H. J. Neugebauer; C. Simmer), Springer, Berlin, Heidelberg. Germany. https://doi.org/10.1007/3-540-45256-7_9.

- Kelder, T., Wanders, N., van der Wiel, K., Marjoribanks, T. I., Slater, L. J., Wilby, R. L., Prudhomme, C. (2022). Interpreting extreme climate impacts from large ensemble simulations – are they unseen or unrealistic? *Environmental Research Letters*, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5cf4>.
- King, A. W. (1991). Translating models across scales in the landscape. Quantitative methods in landscape ecology. (ed. by M. G. Turner; R. H. Gardner) 479–517. Springer Verlag, New York, US.
- Klemeš, V. (1979). Storage mass-curve analyses in a systems-analytic perspective. *Water Resources Research*, **15**(2), 359-370. <https://doi.org/10.1029/WR015i002p00359>.
- Klemeš, V. (1983). Conceptualization and scale in hydrology, *Journal of Hydrology*, **65** (1-3), 1-23. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(83\)90208-1](https://doi.org/10.1016/0022-1694(83)90208-1).
- Klemeš, V. (1986) Dilettantism in hydrology: Transition or destiny? *Water Resources Research*, **22**(9S), 177S-188S. <https://doi.org/10.1029/WR022i09Sp0177S>.
- Klemeš, V. (2008). Political pressures in water resources management – do they influence predictions? International interdisciplinary conference on predictions for hydrology, ecology, and water resources management: using data and models to benefit society 15–18 September 2008, Prague, Czech Republic.
- Piniewski, M.; Eini, M. R.; Chatopadhyay, S.; Okruszko, T.; Kundzewicz, Z. W. (2022.): Is there a coherence in observed and projected changes in riverine low flow indices across Central Europe? *Earth-Science Reviews*, **233**, 104187. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104187>.
- Shamir, U. (2011). The role of hydrology in water resources management. AGU Fall Meeting Abstracts. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2011AGUFM.H13J..01S/abstract>.
- Sivapalan, M.; Savenije, H. H. G.; Blöschl, G. (2012). Socio-hydrology: A new science of people and water. *Hydrological Processes*. **26** (8), 1270–1276. <https://doi.org/10.1002/hyp.8426>.
- van Kempen, G.; van der Wiel, K.; Melsen, L. A. (2021). The impact of hydrological model structure on the simulation of extreme runoff events. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **21** 961–976, <https://doi.org/10.5194/nhess-21-961-2021>.