

Retencija Lonjsko polje

Devčić, Ines

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:287074>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

Građevinski fakultet

Ines Devčić

RETENCIJA LONJSKO POLJE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2023.



Sveučilište u Zagrebu

Građevinski fakultet

Ines Devčić

RETENCIJA LONJSKO POLJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
prof. dr. sc. Eva Ocvirk

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

Faculty of Civil Engineering

Ines Devčić

LONJSKO POLJE

DIPLOMA EXAMINATION

Supervisor:
prof. dr. sc. Eva Ocvirk

Zagreb, 2023.

IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj diplomski/završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

Ines Dečić

Autor/Autorica potvrdio/potvrdila vlastoručnim potpisom

PODACI ZA DIGITALNI REPOZITORIJ

Naslov:	Retencija Lonjsko polje
Title:	Lonjsko polje
Fakultet:	Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod:	Zavod za hidrotehniku
Vrsta objave:	Završni rad
Kolegij:	Hidrotehničke građevine
Autor:	Ines Devčić
Mentor:	prof. dr. sc. Eva Ocvirk
Godina objave:	2023.
Datum obrane:	21.2.2023.
Broj stranica:	32
Sažetak:	<p>Retencijska područja služe za privremeno pohranjivanje vode izdvojene iz protoka u riječnom koritu. Time se snižava vrh vodnoga vala i umanjuje opasnost od poplava u nizvodnim područjima. Izgradnja retencija uz nizinske rijeke dio je strategije u borbi protiv utjecaja globalne promjene klime i predviđa se uz brojne europske rijeke. Općenito, retencijske površine moraju biti dovoljno velike da bi bile svrhovite. Nadalje, izgradnjom ulaznih i izlaznih građevina i nasipa postiže se mogućnost vremenskog reguliranja obrane od poplave. To podrazumijeva potrebu da se velika područja uz nizinske rijeke odrede kao retencijske površine, kako bi se smanjio utjecaj velikih voda. Iz toga nadalje proizlaze utjecaji na ekološko i gospodarsko funkcioniranje takvih područja. Najbolji primjer za proučavanje hidrološke i ekološke funkcije velikih umjetnih retencija u Europi je Park prirode Lonjsko polje. Ovaj rad proučava sustave obrane od velikih voda s naglaskom upravo na Srednje Posavlje i Lonjsko polje.</p>
Ključne riječi:	poplava, retencijska područja, nasip, Lonjsko polje.
Abstract:	<p>The retention areas are used for temporary storage of water separated from the flow in the riverbed. This lowers the peak of the water wave and reduces the risk of flooding in downstream areas. Building retention along lowland rivers is a part of the strategy to combat the impact of global climate change and is projected along many European rivers. Generally, retention surfaces must be large enough to be purposeful. Furthermore, the construction of entrance and exit structures and embankments achieves the possibility of temporarily regulating flood defenses. This implies the need to designate large areas along lowland rivers as retention areas, in order to reduce the impact of large waters. This further implies the impacts on the ecological and economic functioning of such areas. The best example for studying the hydrological and ecological function of large artificial retentions in Europe is the Lonjsko Polje Nature Park. This paper examines the systems of defense against large waters, focusing specifically on the Srednje Posavlje and Lonjsko Polje.</p>
Keywords:	flood, retention areas, embankment, Lonjsko polje.

ZADATAK**OBRAZAC 2****TEMA ZAVRŠNOG ISPITA**

Ime i prezime studenta:	Ines Devčić
JMBAG:	0149216385
Završni ispit iz predmeta:	Hidrotehničke građevine
Naslov teme završnog ispita:	HR Retencija Lonjsko polje
	ENG Lonjsko polje

Opis teme završnog ispita:

Zadatak završnog rada je opisati sustav zaštite od velikih voda Srednjeg Posavlja s naglaskom na retenciju Lonjsko polje.

Sadržaj rada:

1. Uvod
2. Opis sustava
3. Lonjsko polje
4. Obilazak terena
5. Zaključak

Datum: **11.04.2022.**

Komentor: -

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **izv.prof.dr.sc. Eva Ocvirk**

(Ime i prezime mentora)



(Potpis mentora)

ZAHVALA

Zahvaljujem svojoj mentorici prof. dr. sc. Evi Ocvirk na uloženom vremenu, razumijevanju i pomoći pri izradi završnog rada.

Također se želim zahvaliti svim profesorima i profesoricama, te ostalim zaposlenicima Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na prenesenom znanju i podršci na ovom putu studiranja.

Na kraju, zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima na strpljenju i vjeri u mene.

SAŽETAK

Retencijska područja služe za privremeno pohranjivanje vode izdvojene iz protoka u riječnom koritu. Time se snižava vrh vodnoga vala i umanjuje opasnost od poplava u nizvodnim područjima. Izgradnja retencija uz nizinske rijeke dio je strategije u borbi protiv utjecaja globalne promjene klime i predviđa se uz brojne europske rijeke. Općenito, retencijske površine moraju biti dovoljno velike da bi bile svrhovite. Nadalje, izgradnjom ulaznih i izlaznih građevina i nasipa postiže se mogućnost vremenskog reguliranja obrane od poplave. To podrazumijeva potrebu da se velika područja uz nizinske rijeke odrede kao retencijske površine, kako bi se smanjio utjecaj velikih voda. Iz toga nadalje proizlaze utjecaji na ekološko i gospodarsko funkcioniranje takvih područja. Najbolji primjer za proučavanje hidrološke i ekološke funkcije velikih umjetnih retencija u Europi je Park prirode Lonjsko polje. Ovaj rad proučava sustave obrane od velikih voda s naglaskom upravo na Srednje Posavlje i Lonjsko polje.

Ključne riječi: poplava, retencijska područja, nasip, Lonjsko polje.

SUMMARY

The retention areas are used for temporary storage of water separated from the flow in the riverbed. This lowers the peak of the water wave and reduces the risk of flooding in downstream areas. Building retention along lowland rivers is a part of the strategy to combat the impact of global climate change and is projected along many European rivers. Generally, retention surfaces must be large enough to be purposeful. Furthermore, the construction of entrance and exit structures and embankments achieves the possibility of temporarily regulating flood defenses. This implies the need to designate large areas along lowland rivers as retention areas, in order to reduce the impact of large waters. This further implies the impacts on the ecological and economic functioning of such areas. The best example for studying the hydrological and ecological function of large artificial retentions in Europe is the Lonjsko Polje Nature Park. This paper examines the systems of defense against large waters, focusing specifically on the Srednje Posavlje and Lonjsko Polje.

Keywords: floods, retention areas, embankment, Lonjsko polje.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OPIS SUSTAVA ZAŠTITE SREDNJEG POSAVLJA OD VELIKIH VODA.....	14
3. LONJSKO POLJE	18
4. OBILAZAK TERENA	25
5. ZAKLJUČAK	31
LITERATURA.....	32

POPIS SLIKA

Slika 1. Poplavljeno područje srednjeg Posavlja	3
Slika 2. Močvara Lonjsko polje	5
Slika 3. Podjela regulacijskih građevina za obranu od poplava	8
Slika 4. Podjela nasipa po funkciji	10
Slika 5. Prikaz retencije	12
Slika 6. Prikaz pregrade retencije	12
Slika 7. Oteretni kanal	13
Slika 8. Retencije Srednjeg Posavlja	14
Slika 9. Slivna područja na prostoru Parka prirode Lonjsko polje	15
Slika 10. Smještaj Parka prirode Lonjsko polje u Hrvatskoj	19
Slika 11. Prikaz plavljenja retencije Lonjsko polje kod stogodišnjih voda.....	21
Slika 12. Prikaz hidromelioracije u parku prirode Lonjsko polje.....	23
Slika 13. Livada Lonjskog polja	26
Slika 14. Ustava Trebež.....	27
Slika 15. Ustava Trebež.....	27
Slika 16. Ustava Trebež.....	28
Slika 17. Vodomjerna letva	29
Slika 18. Tragovi vodostaja	30

1. UVOD

Poplava je prirodni fenomen koji se rijetko pojavljuje i čija se pojava ne može izbjeći, ali se poduzimanjem različitih preventivnih građevinskih i ne građevinskih mjera rizici od poplavlivanja mogu smanjiti na prihvatljivu razinu. Poplave su među opasnijim elementarnim nepogodama i na mnogim mjestima mogu uzrokovati gubitke ljudskih života, velike materijalne štete, devastiranje kulturnih dobara i ekološke štete. Zbog prostranih brdsko-planinskih područja s visokim kišnim intenzitetima, širokih dolina nizinskih vodotoka, velikih gradova i vrijednih dobara na potencijalno ugroženim površinama, te zbog nedovoljno izgrađenih i održavanih zaštitnih sustava, Hrvatska je prilično ranjiva od poplava. Procjena je da poplave potencijalno ugrožavaju oko 15% državnoga kopnenog teritorija, od čega je veći dio danas zaštićen s različitim razinama sigurnosti (Silaj, 2016). Poplave su svuda u svijetu, pa tako i u Hrvatskoj, sve učestalije, intenzivnije i opasnije. Ne mogu se spriječiti, ali se poduzimanjem učinkovitih preventivnih i operativnih mjera njihove štetne posljedice mogu značajno ublažiti. Obrana i zaštita od poplava nije jednostavna i jako brza, nego kompleksna i dugotrajna. Hrvatska ima velika iskustva u zaštiti od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda. Hrvatska je jako bogata vodnim resursima, izvorima, potocima, rijekama i jezerima. Pred institucijama koje se bave obranom od poplava sve je veći izazov uspješno provoditi svoje aktivnosti zbog stalnog intenziviranja hidroloških ekstrema uslijed evidentnih klimatskih promjena. Hrvatske vode provode sve mjere za upravljanje rizicima od štetnog djelovanja voda predviđene Zakonom o vodama i Državnim planom obrane od poplava (Narodne novine, broj 84/10) u skladu sa svojim obvezama, odgovornostima i financijskim mogućnostima koja se ostvaruju putem namjenskih sredstava prikupljenih iz vodnog doprinosa i naknade za uređenje voda. Dio programa provedbenih mjera smanjenja rizika od poplava detaljno je razrađen u Višegodišnjem programu gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije. Vlada Republike Hrvatske je u listopadu 2015. godine donijela Odluku o donošenju Višegodišnjeg programa gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije, koji su sukladno članku 37. stavku 1. Zakona o vodama izradile Hrvatske vode.

U planiranju obrane od poplava bitno je sagledati stanje i sve mogućnosti razvoja vodnogospodarske djelatnosti zaštite od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda, naročito vodeći računa o prošlim poplavama, odnosno ekstremnim vodostajima (Kuspilić, 2010).

Razina rijeka tijekom godine varira i uvelike ovisi o faktorima poput padalina, topljenja snijega, ispuštanja vode na uzvodnim branama i sl. Poplave mogu nastati uslijed velikih oborina kao što su to primjerice prirodne poplave nastale zbog nastajanja ledenih barijera, a osim toga moguća je i pojava takozvanih umjetnih poplava nastalih uslijed otkazivanja sustava za akumuliranje vode, otkazivanja sustava ili njegovih dijelova za obranu od poplava ili neadekvatnih tehničkih rješenja na odvodnji vode. Usprkos svemu navedenom, tokom godine rijeke se većinu vremena zadržavaju unutar riječnog korita, no kako nivo rijeke konstantno raste i pada, vremenom će doseći točku kada je korito puno do vrha obale. Svaki dodatni rast vodostaja značit će prelijevanje vode iz korita i njen daljnji protok kroz okolna niska područja, koja se još nazivaju i poplavna područja (Kuspilić, 2010). Povećani volumen vode znači da su prijašnje opasnosti na rijeci poput preljavnih brana sada vjerojatno još snažnije i opasnije. S povećanjem vode postoji mogućnost da pod mostovima, na plovnim rijekama, nema dovoljno mjesta za prolazak brodova. Voda tada protječe kroz i okolo prepreka koje nisu predviđene da budu u vodi poput primjerice parkiranih automobila na cesti, ograda, živice, vrata, prometnih znakova, klupa u park i stambenih prostora stvarajući pri tom veliku opasnost. Voda u poplavi može nositi velike količine krhotina koje se mogu nataložiti uz zidove kuća i mostova i pritom prouzročiti strukturna oštećenja. Protokom vode kroz poplavno područje rapidno raste mogućnost da se voda zagađi opasnim materijalima kao što su otpadne vode, poljoprivredni otpadi, razna goriva, ulja i pesticidi. Poplave isto tako predstavljaju i veliku opasnost za ljude i životinje, zbog raznih nevidljivih prepreka koje se nalaze u vodi, zbog zagađene vode ili zbog brzine bujičnih poplava (Kuspilić, 2010).

Prirodne poplave koje se pojavljuju u Hrvatskoj mogu se svrstati u pet skupina, a to su:

- Riječne poplave zbog obilnih kiša ili naglog topljenja snijega,
- Bujične poplave manjih vodotoka zbog kratkotrajnih kiša visokih intenziteta,
- Poplave na krškim poljima zbog obilnih kiša ili naglog topljenja snijega, te nedovoljnih propusnih kapaciteta prirodnih ponora,
- Poplave unutarnjih voda na ravničarskim površinama,
- Ledene poplave i umjetne koje nastaju zbog proboja brana i nasipa, aktiviranja klizišta, neprimjerenih gradnji i slično (Silaj, 2016).

Za vrijeme svake veće poplave na terenu će biti više službi i organizacija. Stoga je vrlo bitno da te službe učinkovito komuniciraju i efikasno surađuju. Poplave ne poštuju države, općinske, županijske i slične granice. Zbog toga će na terenu surađivati spasilačke ekipe iz različitih područja. Upozorenja za predviđanje poplave su najvažnije pomagalo koje pomože prije samih

provedbi unaprijed planiranih reakcije, kao što su evakuacije, postavljanje obrane od poplava, pripreme za zatvaranje cesta, unaprijed planirani resursi za tehničke intervencije i spašavanja. U Hrvatskoj su određena predviđanja dostupna javnosti poput primjerice na Internetkim stranicama, međutim nisu sasvim efikasne. Hrvatske vode za javnost imaju i dostupne trenutne vodostaje svih vodotoka u Hrvatskoj za većinu rijeka. U Hrvatskoj postoji pet stanja odnosno mjera vode, a to su:

- Normalo stanje,
- Pripremno stanje,
- Redovne mjere,
- Izvanredne mjere,
- Izvanredno stanje (Kuspilić, 2010).

Na slici 1 je prikazano poplavljeno područje na prostoru Srednjeg Posavlja.



Slika 1. Poplavljeno područje Srednjeg Posavlja ¹

Prostorni raspored površinskih voda kao što su rijeke, jezera, prijelazne i priobalne vode i podzemnih voda i njihova veza primarno su određeni morfološkim i hidro-geološkim značajkama područja Hrvatske. Sve vode su dio crnomorskog ili jadranskog sliva, a razvodnica ide kroz gorsko-planinsko područje. U crnomorskom slivu dominiraju veći vodotoci kao što su Sava, Drava i Dunav s velikim brojem manjih podslivova. U jadranskom slivu gustoća i duljina površinskih vodotoka znatno je manja, ali postoje značajni podzemni tokovi kroz krške sustave. Ukupna duljina svih prirodnih i umjetnih vodotoka na prostoru Hrvatske procjenjuje se na oko 32.100 kilometara (Silaj, 2016). Uređenje vodotoka i drugih voda obuhvaća građenje, tehničko i gospodarsko održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i vodnih građevina za melioracijsku odvodnju, tehničko i gospodarsko održavanje vodotoka i vodnog dobra, te druge

¹Preuzeto na mrežnoj stranici: <http://www.krepsic.com/2020/01/29/posavac-ili-posavljak/>

radove kojima se omogućuju kontrolirani i neškodljivi protoci voda i njihovo namjensko iskorištavanje. Zaštita od štetnoga djelovanja voda obuhvaća djelovanja i mjere za: obranu od poplava, obranu od leda na vodotocima, zaštitu od erozija i bujica, te za otklanjanje posljedica od takvih djelovanja. Pri obavljanju takvih radova poštuju se uvjeti zaštite prirodnih značajki.

Nizinska područja uz rijeku Savu kroz svoju su povijest bila izložena poplavama i velikim gospodarskim gubicima uslijed poplava. Prva parcijalna rješenja za obranu od poplave pojavila su se prije dvjestotinjak godina, no prvo sustavno rješenje obrane od poplave na području Posavlja bilo je potaknuto posljedicom katastrofalne poplave iz 1964. godine, kada je poplava nanijela ogromne štete kako Posavskim selima tako i najvećem urbanom centru u savskom slivu, gradu Zagrebu. Pri osmišljavanju rješenja zaštite od poplave, pošlo se od toga da se zaštitom pojedinih dijelova ne smije nikako ugroziti režim velikih voda na nizvodnom toku Save. Stoga je bilo potrebno predvidjeti niz objekata za redukciju i prihvat velikih voda, koji bi smanjili i regulirali negativne posljedice zaštite na nizvodnom dijelu toka. Cijeli taj sustav poznat je pod svojim nazivom "Sustav obrane od poplave Srednjeg Posavlja" i do sada ga je izvedeno približno 40% (Andrić, 2018). Dinamika izgradnje uvjetovana je ekonomskom snagom društva, te je zbog nemogućnosti da se riješi cijeli sustav, a vodeći se tehničko ekonomskim pokazateljima, određen redoslijed izgradnje pojedinih objekata tijekom godina. Izgradnjom sustava za obrane od poplave Posavlja, obnavljaju se i obrambeni savski nasipi, koji su kao primarni objekti zaštite od poplave, izgrađeni duž gotovo cijelog toka rijeke Save. Postojeći nasipi nisu bili iste kvalitete, a zbog neujednačenih kriterija odabira potrebne visine koji su se kroz vrijeme mijenjali, postojeća visina nasipa osigurava i različite stupnjeve osiguranja zaobalja. Analizom cjelokupne savske obrambene linije i usporedbom s traženim stanjem zaštite zaključeno je da vrlo malo dionica zadovoljava postavljeni kriterij zaštite (Andrić, 2018).

U ovom završnom radu tema je retencija Lonjsko polje te će se više pažnje usmjeriti na područje Lonjskog polja kao dijela Posavlja koje često biva poplavljeno rijekom Savom. Lonjsko polje se obuhvaća ruralno područje u središnjem dijelu kontinentalne Hrvatske, uz srednji tok rijeke Save, područje smješteno između županijskoga središta, grada Siska, i općinskog središta, Nove Gradiške. Močvare su, kao jedan od najugroženijih prirodnih ekosustava, velik potencijal u očuvanju ekoloških, kulturnih, gospodarskih, znanstvenih i rekreacijskih vrijednosti (vidi slika 2).



Slika 2. Močvara Lonjsko polje ²

Park prirode Lonjsko polje jedno je od područja koje je zbog svojih prirodnih i kulturnih vrijednosti tipičnih poplavnih riječnih dolina prepoznato kao područje vrijedno očuvanja za buduće naraštaje. Park prirode Lonjsko polje geografski je smješten u području srednjeg toka rijeke Save, oko 75 kilometara jugoistočno od Zagreba (Gugić, 2008). Park prirode Lonjsko polje dio je sustava za obranu od poplave koji je izgrađen 70-ih godina prošlog stoljeća. Praćenje stanja i istraživanja upozorila su na niz nepravilnosti sustava glede zaštite prirode i negativnih utjecaja na biološku i krajobraznu raznolikost kao što su nepročišćene poplavne vode koje ulaze u retenciju, pa se odlaganjem hranjivih tvari onečišćuje tlo poplavnih šuma i travnjaka, zatim neriješen sustav kanalizacije i otpadnih voda koji je u zaštićenom području prijetnja, ali i preduvjet uspješnoga regionalnog razvoja i seoskog turizma te činjenica da se izuzimanjem prirodnih poplavnih površina iz inundacije ugrožavaju vrijedne močvarne i vodene biljne zajednice (Gugić, 2008).

Ovaj rad se sastoji od uvoda koji nastoji objasniti problematiku i temu završnog rada gdje prije svega se analiziraju poplave, njihova podjela, zaštita od istih u RH, a zatim se analiziraju i retencije Lonjskog polja, nakon toga slijedi poglavlje opis sustava gdje se analizira opis sustava

² Preuzeto na mrežnoj stranici:

https://www.google.com/search?q=mo%C4%8Dvara+lonjsko+polje&tbm=isch&ved=2ahUKEwjnrXftefoAhWK1-AKHWNSBysQ2-cCegQIABAA&oeq=mo%C4%8Dvara+lonjsko+polje&gs_lcp=CgNpbWcQAzICCAA6BwgjEOoCECc6BAgiECc6BAgAEEN04E1Y72dGkGtoAXAAeACAAbCAGNHZIBCDuMTguMi4xmAEAoAEBqgELZ3dzLXdp ei1pbWewAQo&scient=img&ei=sGmVXueVDoqvgwfpJ3YAg&bih=657&biw=1366#imgrc=e7AfR9yS_6lGz M

obrane od poplava Srednjeg Posavlja. Nakon toga slijedi poglavlje u kojem se detaljnije analizira Lonjsko Polje, koje predstavlja dio sustava obrane od poplava Srednjeg Posavlja, te naposljetku slijedi poglavlje obilazak terena u kojem se nastoji što bolje prikazati lokacija kroz fotografije, kao i kroz opis istih. Na samom kraju rada čitava tema se objedinjuje te se formira zaključna misao o retenciji Lonjsko Polje.

Obrana od poplava vrlo je važan element za svaku državu. Naime, pri građenju, projektiranju, održavanju te upravljanju hidrotehničkim sustavima za obranu od poplava, posebnu dimenziju ozbiljnosti pristupa daju štete koje su uzrokovane poplavama te ljudska stradanja i žrtve. Obrana od poplava spada u područje zaštite od štetnog djelovanja voda. To područje, osim obrane od poplava, obuhvaća i uređenje vodotoka i drugih voda, obranu od leda, zaštitu od erozije i bujica, uklanjanje posljedica te melioracijsku odvodnju. Bez obzira kakav hidrotehnički sustav za obranu od poplava imamo, uvijek postoji vjerojatnost njenog pojavljivanja. Ta vjerojatnost ima dvojako porijeklo. Jedno se odnosi na vjerojatnost pojavljivanja hidrološkog događaja koji premašuje projektne uvjete temeljem kojih je projektiran i izgrađen sustav. Drugo porijeklo odnosi se na vjerojatnost otkazivanja pojedinih elemenata sustava. Otkazivanje elemenata sustava može se desiti zbog kvarova elektrostrojarske i hidromehaničke opreme, ljudskog faktora ili pak radi rušenja ili nedopustivih deformacija građevina (Kuspilić, 2009).

Sustavi obrane od poplava uključuju aktivnosti:

- Izgradnje sustava,
- Održavanje sustava,
- Upravljanje sustavom,
- Praćenje hidroloških pokazatelja,
- Provođenje plana obrane od poplava (Kuspilić, 2009).

Obrana od poplava provodi se na teritorijalnim jedinicama za obranu od poplava - vodnim područjima, sektorima, branjenim područjima i dionicama. Obrana od poplava može biti preventivna, redovna i izvanredna. Preventivnu obranu od poplava čine radovi redovnog održavanja voda i zaštitnih vodnih građevina u cilju smanjenja rizika od pojave poplava. Redovnu i izvanrednu obranu od poplava čine mjere koje se poduzimaju neposredno pred pojavu opasnosti od plavljenja, tijekom trajanja opasnosti i neposredno nakon prestanka te opasnosti, s ciljem smanjenja mogućih šteta od poplava.

Provođenje same obrane od poplave čine:

- Mjere i radnje na zaštitnim vodnim građevinama,
- Otklanjanje uzroka koji ometa protok voda koritom vodotoka,
- Stavljanje u funkciju objekte za rasterećenje velikih voda,
- Izgradnja druge obrambene crte prije ili za vrijeme obrane od poplave ako prijete neposredna opasnost od prodora vode, rušenja ili prelijevanja zaštitnih vodnih građevina (Kuspilić i Ocvirk, 2014).

1.1 OPĆENITO O HIDROTEHNIČKIM GRAĐEVINAMA ZA ZAŠTITU OD VELIKIH VODA

Regulacije prirodnih vodotoka skup su gradnji i mjera kojima se mijenjaju prirodne osobine na vodotoku i njegovom slivnom području radi:

- Racionalnog korištenja voda,
- Efikasnije zaštite od štetnog djelovanja voda iz vodotoka,
- Efikasnije zaštite vodotoka od zagađenja.

Regulacija vode radi zaštite od poplava zahtijeva ostvarivanje retencija i akumulacija za zadržavanje poplavnih valova, građenje, učvršćivanje i povisivanje dugih dionica nasipa. One se isto tako grade i pri regulaciji protoka rijeka, za odvodnjavanje, natapanje, opskrbu naselja pitkom vodom te industrije radnom vodom. Brane su građevine koje privremeno ili trajno skreću vodu iz prirodnog korita u kanale za navodnjavanje i slično. Grade se i uzduž rijeke radi zaštite okolnog područja od poplave. Te niske brane općenito se nazivaju obrambeni nasipi, a prepoznatljive su kao vrlo duge građevine, te su samo povremeno izložene maksimalnom opterećenju (Kuspilić, 2009).



Slika 3. Podjela regulacijskih građevina za obranu od poplava³

Regulacijske građevine izvan korita su:

- Nasipi,
- Kamene naslage poput regulacijske deponije i prokopa.

Obrana od poplava od strateškog je značaja za svaku državu. Ljudske žrtve i stradanja, kao i veličine izravnih i posrednih šteta koje nastaju uslijed poplava daju posebnu dimenziju ozbiljnosti pristupa pri projektiranju, građenju, održavanju i upravljanju hidrotehničkim sustavima za obranu od poplava.

Osnovne građevine za pasivnu zaštitu od poplava su hidrotehnički nasipi. To su regulacijske građevine izvan glavnog korita vodotoka kojima je svrha zaštita područja od plavljenja velikim vodama. Nasipe dijelimo na:

- Regulacijske,
- Obrambene melioracijske nasipe.

Regulacijskim nasipima se formira korito za veliku vodu pri čemu se vodi računa da se ostvari pravilno protjecanje vode i pravilan pronos nanosa. Obrambeni melioracijski nasipi imaju

³ Preuzeto na mrežnoj stranici:

http://grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel_reg/reg_predavanja/RegulacijePredavanje_05_V.pdf

zadaću sprječavanja poplavlivanja područja. Hidrotehnički nasipi, kao građevine, iziskuju relativno velike količine materijala za njihovu izgradnju.

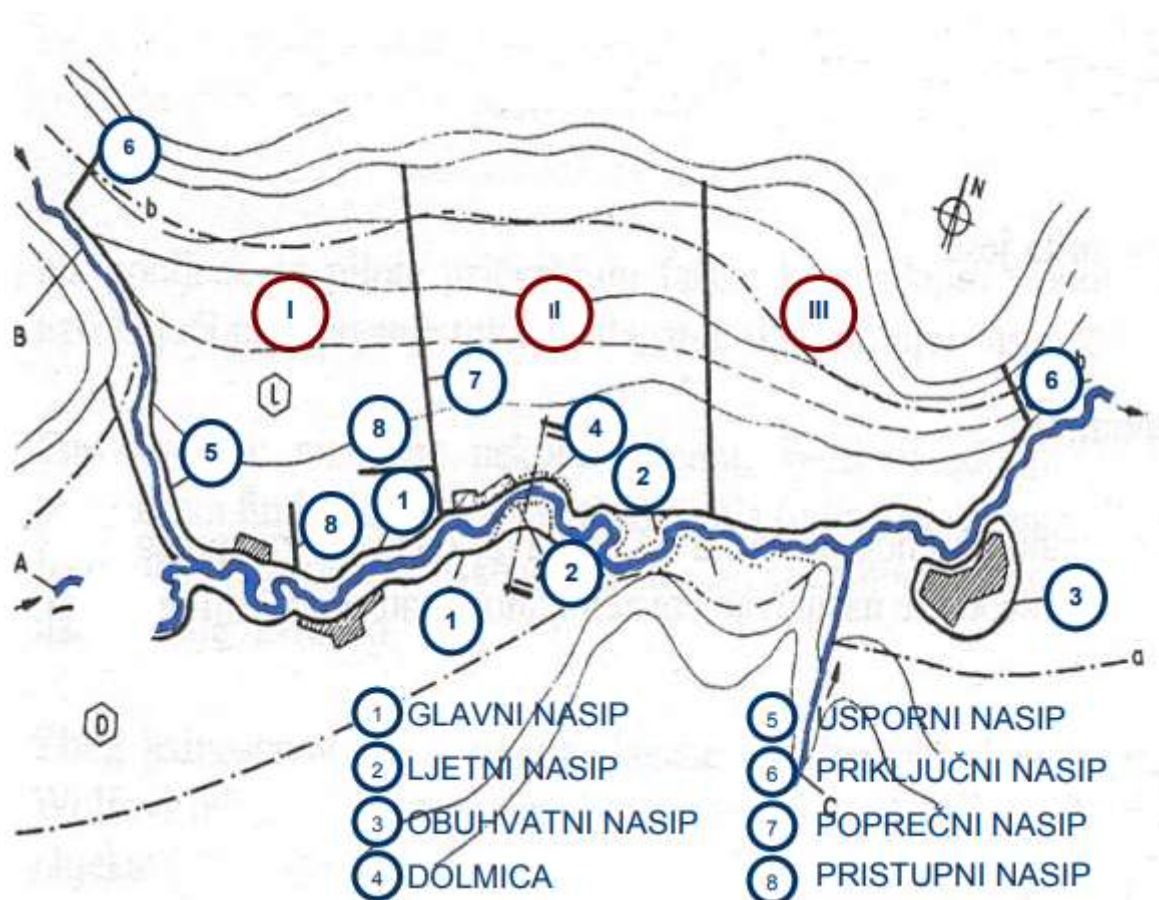
Prma funkcionalnim kriterijima za nasipe je potrebno definirati:

- Trasu,
- Profil, visinu krune, širinu krune, nagibe pokosa, položaj i širinu berme,
- Presjek, konstrukcija unutar profila (Kuspilić, 2009).

S obzirom na trasu odnosno položaj nasipa, dijelimo ih na:

- Glavne, koji brani područje od svih poplavnih voda,
- Ljetne, koji brane područje od ljetnih velikih voda ili protoka,
- Obuhvatne, koje brane samo pojedina naselja,
- Dolmice, koja brane područja od procjednih voda,
- Usporne, koje uz korito pritoka prate uspor vode izazvan visokim vodostajima u glavnom vodotoku,
- Priključne, koje spajaju glavne nasipe s visokim terenom,
- Poprečne, koje dijele branjeno područje i ograničavaju poplavu,
- Pristupe nasipe, koji omogućavaju pristup na nasip s terena (Kuspilić, 2009).

Na slici 4 prikazana je podjela nasipa s obzirom na položaj nasipa.



Slika 4. Podjela nasipa po funkciji ⁴

Prilikom trasiranja nasipa nikako se ne smije zanemariti činjenica da se izgradnjom nasipa smanjuju prirodne inundacije. To znači da će se iz toga razloga poplavna voda kraće vrijeme zadržavati na gornjim dijelovima sliva. Posljedica je pojava većeg maksimalnog protoka nizvodno u odnosu na prirodno stanje kada nema izgrađenih nasipa (Kuspilić, 2009).

Nasipi za obranu od poplava u upotrebu dolaze kod pojave visokih (VV) i vrlo visokih (VVV) vodostaja te pri tome na sebe preuzimaju hidrodinamičko opterećenje. U tom trenutku uslijed procjeđivanja kroz nasip i ispod njega započinje djelovanje sila strujnog tlaka te ta djelovanja mogu izazvati štetne utjecaje na sigurnost i stabilnost nasipa.

⁴ Preuzeto na mrežnoj stranici :

http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/hidrotehnicke_gradevine/nastavni_materijali/Dio2/HG_skripta_dio2.pdf

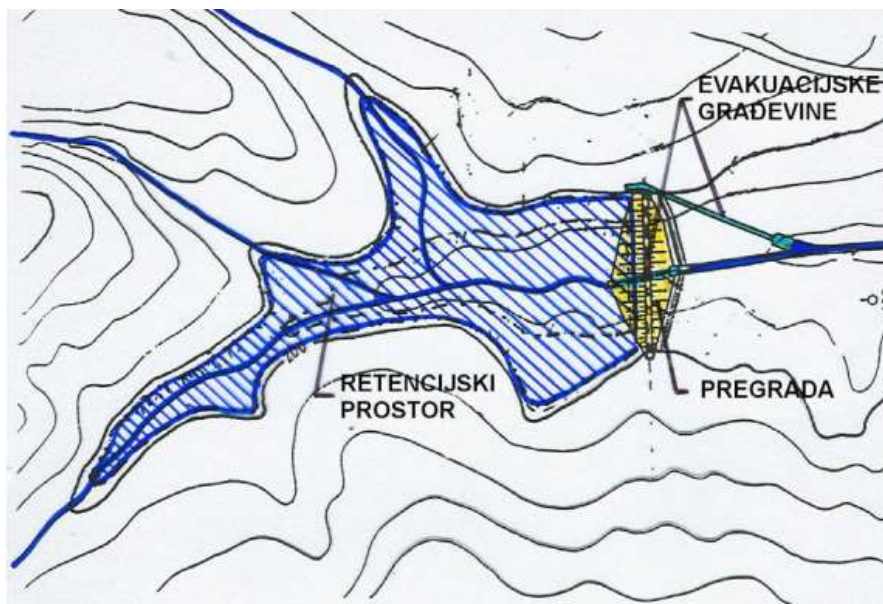
Retencijska područja služe za privremeno pohranjivanje vode izdvojene iz protoka u riječnom koritu. Time se snižava vrh vodnoga vala i umanjuje opasnost od poplava u nizvodnim područjima. Izgradnja retencija uz nizinske rijeke dio je strategije u borbi protiv utjecaja globalne promjene klime i predviđa se uz brojne europske rijeke. Općenito, retencijske površine moraju biti dovoljno velike da bi bile svrhovite. Nadalje, izgradnjom ulaznih i izlaznih građevina i nasipa postiže se mogućnost vremenskog reguliranja obrane od poplave. To podrazumijeva potrebu da se velika područja uz nizinske rijeke odrede kao retencijske površine, kako bi se smanjio utjecaj velikih voda. Iz toga nadalje proizlaze utjecaji na ekološko i gospodarsko funkcioniranje takvih područja. Najbolji primjer za proučavanje hidrološke i ekološke funkcije velikih umjetnih retencija u Europi je Park prirode Lonjsko polje, jedna od rijetkih prirodnih retencija. Ovaj rad proučava sustave obrane od velikih voda s naglaskom upravo na Srednje Posavlje i Lonjsko polje.

U retencijskom prostoru se privremeno zadrži volumen vode koji se zatim ispušta u korito vodotoka nizvodno tek kada je ono sposobno provesti tu vodu. Kontroliranim ispuštanjem vode iz retencije pazi se da kapacitet korita nizvodno ne bude premašen. Prilikom prolaska vodnog vala kroz retenciju mogu se razlučiti dvije faze. Prva faza, koja se još naziva i fazom punjenja, javlja se kada je dotok vode u retencijski prostor veći nego li je protok vode koji se propušta u nizvodno područje. Trenutak kulminacije se javlja kada se izjednače dotok i odtok, nakon čega nastupa faza pražnjenja retencije. Osim toga retencije se mogu izvoditi na način da se i pune i prazne kontrolirano. Tada se lociraju paralelno s vodotokom. Takve retencije se obično nazivaju bočnim retencijama. Primjerenije su donjim dijelovima gornjeg toka i srednjim tokovima vodotoka. Punjenje takvih retencija se obavlja ili prelijevanjem preko bočnog preljeva na nasipu, rušenjem privremenih nasipa ili otvaranjem zapornica na ustavama u nasipu. Nakon što prođe opasnost od poplava, nizvodnog područja retencije, putem zapornica na ustavi, voda se vraća u vodotok. Ustave ovog tipa retencija mogu biti upusno-ispusne, upusne, ispusne (Kuspilić, 2010). Ovisno o tome da li se kroz njih voda i upušta i ispušta ili se samo upušta i samo ispušta iz retencija. Veličina retencije, odnosno retencijskog prostora ovisi o:

- Hidrološkim prilikama,
- Veličini raspoloživog prostora,
- Veličini maksimalnog protoka koji može prihvatiti vodotok nizvodno od retencije.

Na slici 5 prikazani su osnovni funkcijski elementi retencije :

- Tijelo pregrade,
- Retencijski prostor,
- Evakuacijske građevine (Kuspilić, 2010).



Slika 5. Prikaz retencije ⁵

Na slici 6 prikazana je pregrada retencije.



Slika 6. Prikaz pregrade retencije ⁶

⁵ Preuzeto na mrežnoj stranici:

https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Postupci_zastite_od_voda_Predavanje_02_6.pdf

⁶ Preuzetno na mrežnoj stranici:

http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/hidrotehnicke_gradevine/nastavni_materijali/Dio2/HG_skripta_dio2.pdf

Oteretni kanal je umjetni vodotok za zaštitu gradova ili drugih vrijednih gospodarskih područja od poplava kojim se kojima se dio vodnoga vala, tj. velike količine vode što nailazi niz vodotok, zahvaća u jednoj točki i odvodi nizvodno u isti vodotok ili u drugi vodotok. Bujični karakteri vodotoka i rijeka koji imaju velike razlike između redovnih i velikih voda s jedne strane i prirodna ili čovjekom uzrokovana uska grla s ograničenjem za protjecanje velikih voda s druge strane, često uzrokuju poplave. U takvim slučajevima poplava se sprječava uzvodnim rasterećenjem poplavnog vala na protoku koju usko grlo nekog riječnog korita može uz određenu sigurnost provesti. Jedan od načina rasterećenja je prelijevanje razlike između protoka poplavnog vala i kapaciteta prirodnog korita u oteretni kanal. Voda iz oteretnog kanala zatim se nizvodno od uskog grla neke regulacijske zaštitne vodne građevine ponovno vraća u rijeku. Pritom se nastoji duljinom oteretnog kanala izbjeći superpozicija dijelova vodnog vala iz rijeke i oteretnog kanala, te na taj način poboljšati uvjete protjecanja nizvodno od ulijeva (Kuspilić, 2010). Na slici 7 prikazan je oteretni kanal.



Slika 7. Oteretni kanal ⁷

⁷ Preuzeto na mrežnoj stranici: <https://www.voda.hr/hr/novosti/zanimljive-informacije-o-nasipima-vodotocima-kanalima-u-hrvatskoj>

2. OPIS SUSTAVA ZAŠTITE SREDNJEG POSAVLJA OD VELIKIH VODA

Rijeka Sava je temeljni čimbenik koji utječe na prirodne, kulturne i krajobrazne značajke ovog područja. Ukupna dužina Save je 945 kilometra, a kroz Hrvatsku teče u dužini od 510 km. Sava je ujedno i rubni vodotok Parka prirode Lonjsko polje, koji svojim hidrološkim značajkama bitno utječe na vodni režim područja. Rijeka Sava se u Hrvatskoj uglavnom prihranjuje vodama iz planinskog zapadnog dijela slijeva, slijev Save u Sloveniji i većim desnim pritocima Kupa, Una, Vrbas, Ukrina, Bosna. Najveći protoci na Savi i Kupi javljaju se u jesen i u proljeće, a na manjim pritocima u proljeće i ljeto. U Srednjoj Posavini plavljenje je najčešće uzrokovano indirektnim punjenjem pritoka Save i njihovim izlivanjem u retencijska područja. Retencijska područja Lonjsko polje veličine je 11 500 hektara, Opeka 5700 hektara, Trstika 2100 hektara i Mokro polje 12 800 hektara, a čine 7% od ukupno stvorenih plavnih površina rijeke Save. Osim Lonjskog polja, sve poplavne površine imaju prirodnu dinamiku plavljenja. Nasipi koji se nalaze oko retencijskog područja na sjevernoj, južnoj, istočnoj i zapadnoj strani Lonjskog polja mogu zadržati i do 600 mil. m³ vode. Glavni su pritoci Save Kupa, Lonja, Trebež, Veliki Strug, Una, Sunja i njihovi pritoci (Gugić, 2008).

Na slici 8 jasno je prikazan park prirode Lonjsko polje sa svojim tokom, nizinskom retencijom, poplavnim površinama, obrambenim nasipima, a sve je jasno naznačeno u legendi na samoj slici.



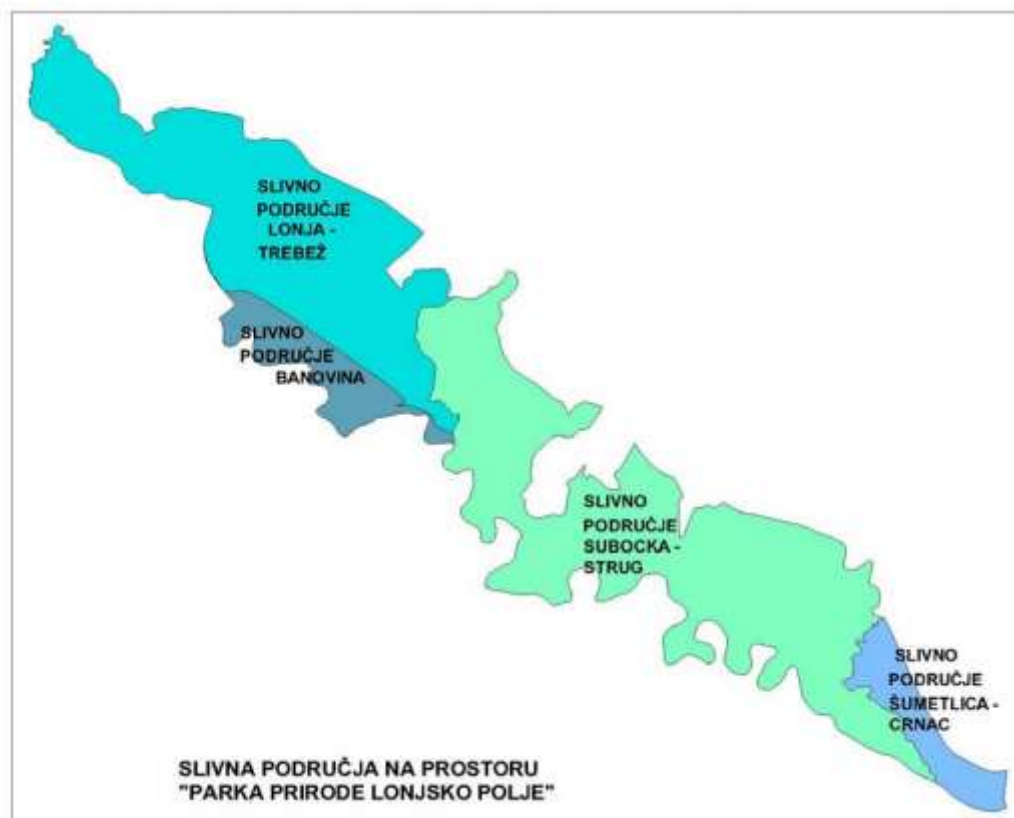
Slika 8. Retencije Srednjeg Posavlja ⁸

⁸ Preuzeto na mrežnoj stranici: <http://zakon.poslovna.hr/public/strategija-upravljanja-vodama/456570/zakoni.aspx>

Vodno područje sliva Save obuhvaća nekoliko slivnih područja koja su određena Odlukom o utvrđivanju slivnih područja, te tako vodotoci Parka prirode Lonjsko polje pripadaju:

- Slivnom području Subocka – Strug, koje obuhvaća područje većeg dijela Sisačko-moslavačke županije i to grad Novsku, te općine Jasenovac i Lipovljani,
- Slivnom području Lonja – Trebež, koje obuhvaća područje Sisačko-moslavačke županije i to Grad Kutinu i dio Grada Siska sjeverno od južnog nasipa retencije Lonjsko polje, te općinu Popovača,
- Slivno područje Banovina, koje između ostalog obuhvaća i dio općine Sunja južno od južnog nasipa retencije Lonjsko polje,
- Slivno područje Šumetlica – Crnac, koje obuhvaća prostor Brodsko – posavske županije i to dio Općine Okučani (Malnar, 2010).

Na slici 9 prikazana su navedena slivna područja Lonjskog polja.



Slika 9. Slivna područja na prostoru Parka prirode Lonjsko polje ⁹

⁹ Malnar, Prostorni plan Parka prirode Lonjsko polje, 2010.

Život i opstanak biljnih i životinjskih vrsta u Parku prirode Lonjsko polje ovisi i o plavnim prostorima, u ovom dijelu završnog rada dati su podaci o zonama plavljenja, visini plavljenja, učestalosti i sl. šireg prostora Parka prirode Lonjsko polje.

Na prostoru od ušća Sutle u Savu do Mačkovca kod Gradiške, što uključuje Odransko polje, Lonjsko polje, Mokro polje, Ribarsko polje, područje Kupčine, prosječno godišnje je poplavljeno 205.000 hektara zemljišta, u prosjeku svakih 50 godina poplavljeno je 280.000 hektara, a svakih 100 godina čak 292 000 hektara. Akumulacijsko retencijske zapremine procijenjene su za 50-godišnju veliku vodu sa 1780 hm³, a za 100-godišnju veliku vodu sa 1975 hm³. Godišnje velike vode kod Save su raspodijeljene tako da se glavni maksimum učestalosti javlja u studenom, a sekundarni u veljači. Kod unutarnjih voda glavni maksimum se javlja u ožujku, a sekundarni u studenom. Raspodjela maksimalnih poplava po sezonama je slična, na hladni dio godine otpada 75%, a na topli 25% (Malnar, 2010).

Izgrađenost sistema obrane od poplava danas izgleda tako da je izgrađen dio kanala Odra koji štiti glavni grad Zagreb, izgrađen je dio kanala Lonja-Strug koji štiti grad Sisak i kanal Kupa-Kupa koji štiti grad Karlovac koji je važan za obranu od visokih voda. Osim toga izvedene su ustave Prevlaka i Trebež I te je izveden preljevni prag na kanalu Odra. Isto tako je izveden i dio okvirnih nasipa uz retencije Lonjsko polje, Mokro polje i Kupčina. S potpunom izgradnjom sustava obrane od poplava Srednjeg Posavlja stanje biti će sljedeće:

- Retencija Lonjsko polje s potpunom kontrolom voda će imati sadržaj 915 hm³, ; površinu od 25 630 ha,
- Retencija Mokro polje s Opekrom i Trstikom s nepotpunom kontrolom vode imati će 581 hm³ odnosno površinu od 20.510 ha (Malnar, 2010).

Najbolji primjer za proučavanje hidrološke i ekološke funkcije velikih prirodnih retencija u sustavu obrane od poplava Srednjeg Posavlja je svakako Park prirode Lonjsko polje. Osim svoje uloge u obrani od poplava, Lonjsko polje ima i veoma značajnu ekološku vrijednost na regionalnoj i nacionalnoj razini. Obrana od poplava u srednjem Posavlju provodi se kontroliranim plavljenjem tzv. poluprirodnih retencijskih područja, čime se transformira vodni val u rijeci Savi.

Lonjsko polje je najveće retencijsko područje u srednjem Posavlju, s površinom od čak 237 km. Retencija Lonjsko polje ograđena je brojim nasipima te ima svoje ulazne i izlazne građevine, čime joj je omogućeno kontroliranje vremena i količine upuštanja velikih voda. Velike vode

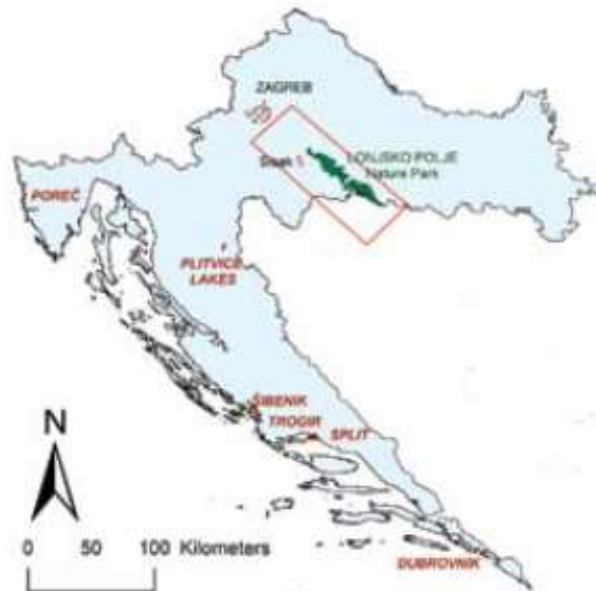
Save ulaze u Lonjsko polje kroz ustavu Prevlaka, koja ima maksimalni kapacitet od 500m³/s. One zatim teku kanalom Lonja-Strug do područja Žutice. U Žutici te dodatne vode mogu doći manjim vodotocima Lonjom i Česmom, a od Žutice dalje vode ulaze u Lonjsko polje po tlu i kanalom Lonja-Strug. Poplavni val zatim napušta Lonjsko polje preko ustave Trebež, koja se odvodnjava u Savu (Baptist, 2004). Retencija Lonjsko polje već u sadašnjoj fazi izgrađenosti ima svoje konačne konture, odnosno sadržaj retencije Lonjsko polje je 634 hm³, tj. 25.630 ha poplavne površine, s potpunom kontrolom voda. Digitalni model poplave retencije Parka prirode Lonjsko polje poslužio je kao osnova za mrežu 250 x 250 metara koja je priključena na već postojeći jednodimenzionalni model rijeke Save, koji je izrađen za potrebe Međunarodne komisije za zaštitu rijeke Dunava. U Lonjskom polju, korita rijeke Lonje i kanala Lonja-Strug definirana su kao jednodimenzionalni elementi što je važno za ispravno modeliranje brzine vodnog vala jer voda koritom teče brže nego površinom tla. Karte uporabe zemljišta i vegetacije definiraju tzv. hidraulički otpor. Prednost takvog modela je svakako mogućnost provođenja studija različitih scenarija, iz kojih rezultiraju kvantificirane informacije (Baptist, 2004).

3. LONJSKO POLJE

Zakonom o proglašenju Parka prirode Lonjsko polje ("Narodne novine" br. 11/90.) proglašeno je područje Lonjskog i Mokrog polja s pojasom uz lijevu obalu Save u ukupnoj površini od 50 650 ha Parkom prirode. Park prirode je, prema Zakonu o zaštiti prirode ("Narodne novine" br. 70/05. i 139/08.), prostrano prirodno ili dijelom kultivirano područje kopna i/ili mora s ekološkim obilježjima međunarodne i nacionalne važnosti s naglašenim krajobraznim, odgojno - obrazovnim, kulturno - povijesnim i turističko - rekreacijskim vrijednostima. U Parku prirode dopuštene su gospodarske i druge djelatnosti i radnje kojima se ne ugrožavaju njegove bitne značajke i uloge. Način obavljanja gospodarskih djelatnosti i korištenja prirodnih dobara u Parku prirode utvrđuje se uvjetima zaštite prirode. Zaštićujući prostor Parka prirode, Vlada Republike Hrvatske zaštitila je prirodno bogatstvo kao vrijedan i istovremeno osjetljiv prirodni, socijalni, gospodarski i kulturni sustav. Ovim oblikom zaštite omogućen je razvoj i kvalitetan život stanovnika, s ciljem sprječavanja daljnje demografske depopulacije (Malnar, 2010).

Granica Parka prirode Lonjsko polje, određena je člankom 2. Zakona o proglašenju Parka prirode Lonjsko polja (NN, br. 11/99.) i ide od utoka Česme u Lonju, Lonjom do ustave Brezovica na južnom obrambenom nasipu retencije Lonjsko polje, zatim južnim obrambenim nasipom do ceste Gušće - Čigoč, te tom cestom do Save. Južnu granicu parka prirode Lonjsko polje dalje čini lijeva obala Save, nizvodno od ušća Struga u Savu. Istočna granica teče od ušća Struga istočnim obrambenim nasipom retencije Mokro polje do odušnog kanala Lonja - Strug, dalje nasipom uz odušni kanal Lonja - Strug do zapadnog ruba ribnjaka Vrbovljani, zatim sjevernim rubom šume do autoputa Zagreb - Slavonski Brod, autoputom do izlaska autoputa iz šume kod Novske, nadalje rubom šume do Velikog Struga. Sjeverno rubom šume gospodarske jedinice Trstika I. do lateralnog kanala Novska, dalje lateralnim kanalom Novska do autoputa, autoputom do kanala Muratovica. Zatim, prema jugu rubom šume do ceste Stara Subocka - Plesmo i cestom do izlaska iz šume i rubom šume gospodarske jedinice Trstika II do Velikog Struga. Uzvodno Velikim Strugom do ruba šume gospodarske jedinice Žaborski bok. Dalje rubom šume sjeverno do autoputa. Rubom šume gospodarske Josip Kozarac do Pakre i Pakrom do autoputa. Autoputom do Ilove, zatim rijekom Ilovom do kanala koji vodi prema ustavi Trebež. Dalje pravcem do spoja s postojećom šumskom cestom na udaljenosti oko 1600 m južno od sjevernog obrambenog nasipa retencije Lonjsko polje te šumskom cestom do starog korita potoka Kutinica. Lijevom obalom potoka Kutinica do autoputa, pa autoputom do ceste za Osekovo. Iz Osekova putem preko Bjelovine do sela Stružec. Od Stružeca nasipom do utoka

Česme u Lonju. Ukratko Lonjsko polje obuhvaća ruralno područje u središnjem dijelu kontinentalne Hrvatske, uz srednji tok rijeke Save, područje smješteno između županijskoga središta, grada Siska, i općinskog središta, Nove Gradiške (prikaz slika 10).



Slika 10. Smještaj Parka prirode Lonjsko polje u Hrvatskoj ¹⁰

Na tom području, obostrano uz rijeku Savu, opstala su tradicijska seoska naselja, s izvanredno dobro sačuvanom tradicijskom arhitekturom u drvu hrastu i pripadajući kulturni krajolik. Močvare su, kao jedan od najugroženijih prirodnih ekosustava, velik potencijal u očuvanju ekoloških, kulturnih, gospodarskih, znanstvenih i rekreacijskih vrijednosti. Park prirode Lonjsko polje geografski je smješten u području srednjeg toka rijeke Save, oko 75 km jugoistočno od Zagreba. Većim je dijelom u Sisačko-moslavačkoj županiji, a manjim u Brodskoposavskoj. Cijelo je područje Parka izrazito nizinski kraj, nadmorske visine od 90 do 110 m, a po svom je karakteru posve ruralno. Prirodna nizinska močvarna područja i poplavne zone nalaze se s obje strane rijeke Save. Lonjsko, Mokro i Poganovo polje dio su Parka prirode i prirodne poplavne retencije koje imaju važnu ulogu u sustavu obrane od poplave (Gugić, 2008).

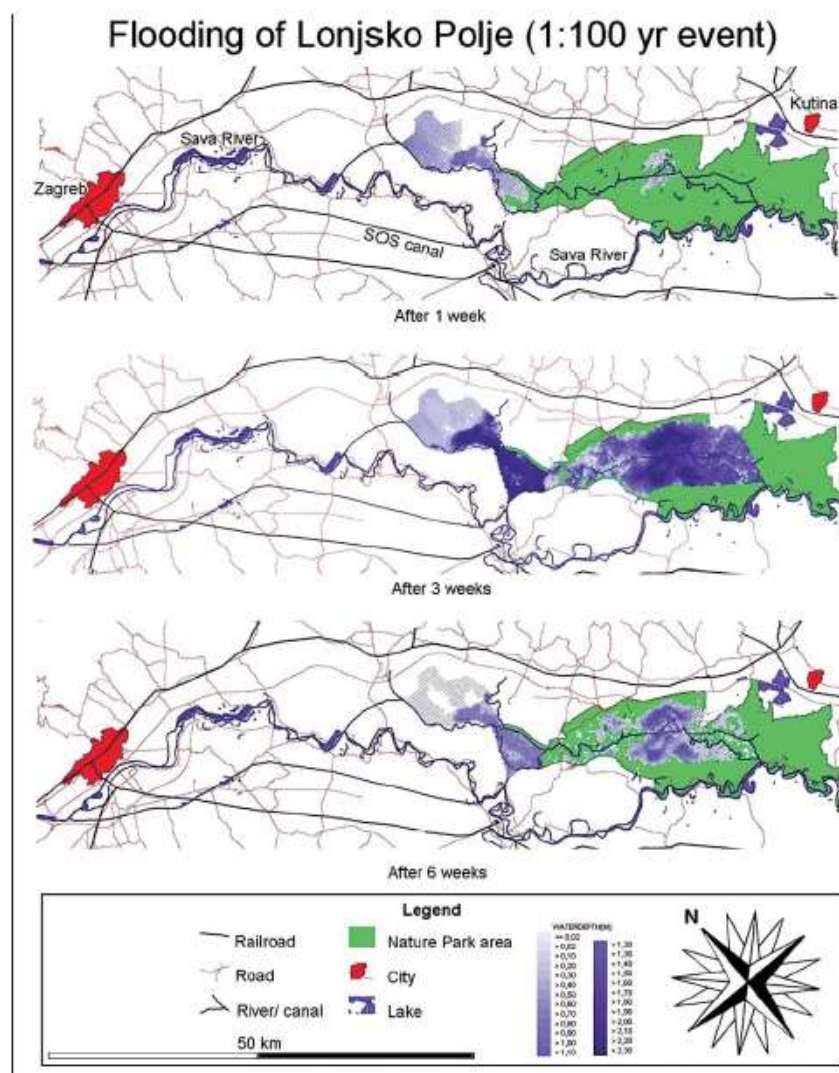
Park prirode Lonjsko polje dio je sustava za obranu od poplave koji je izgrađen 70-ih godina prošlog stoljeća. Praćenje stanja i istraživanja upozorila su na niz nepravilnosti sustava glede zaštite prirode i negativnih utjecaja na biološku i krajobraznu raznolikost kao što su ulazak nepročišćene vode u retenciju, pa se odlaganjem hranjivih tvari onečišćuje tlo poplavnih šuma

¹⁰ Gugić, Bilten Parka prirode Lonjsko polje, 2008.

i travnjaka. Zbog izgradnje vodno-gospodarskih objekata onemogućen je prirodni ulaz ribe na mrijest, a posljedica je znatno smanjena uspješnost mrijesta. Gradnjom kanala presječene su prirodne veze i tokovi rijeka Lonje, Trebeža, Struga, a izgradnjom nasipa presječen je dovod vode u riječne rukavce. Isto tako regulacija rijeke Save radi povećanja kategorije plovnosti te gradnja hidroelektrana uzvodno i nizvodno od Parka prirode Lonjsko polje, na području Siska može biti prijetnja poplavnom ekološkom sustavu ako se promijeni dinamika plavljenja (Gugić, 2008).

Vodne površine su vrlo značajne za Park prirode, budući da velik dio prostora predstavlja prirodnu retenciju u kojoj se voda duže ili kraće zadržava. Takva prirodna retencijska područja će se i u budućnosti zadržati, kao prostori plavljenja u sustavu obrane od poplava Srednjeg Posavlja. U prostorima retencije nije predviđena gradnja objekata osim u funkciji sustava obrane od poplava.

Slika 11 prikazuje kartu plavljenja Lonjskoga polja kod stogodišnjih voda. Prema tom scenariju, vodni val s trajanjem od mjesec dana i vršnim protokom od $3600 \text{ m}^3/\text{s}$ stiže preko hrvatsko-slovenske granice. Uzvodno od Zagreba, oko $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ skreće se u oteretni kanal Sava-Odra-Sava. Od preostalog protoka, najviše $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ulazi u Lonjsko polje. U razdoblju od oko tri tjedna akumulacija Lonjsko polje se puni. Najveća postignuta dubina poplave je blizu 3 metra. Nakon toga voda polako otječe u Savu. Nakon šest tjedana veliki dio površina još je poplavljen, no viši dijelovi su već suhi.



Slika 11. Prikaz plavljenja retencije Lonjsko polje kod stogodišnjih voda ¹¹

Izgradnja sustava obrane od poplava započela je 60-tih godina, a naročito je intenzivna bila 70-tih i 80-tih. Na dijelu doline Save od Zagreba do Siska realizirani su sljedeći objekti:

- Djelomično kanal Odra,
- Na nizvodnom dijelu Save djelomično su rekonstruirani nasipi,
- Na lijevom zaobalju izgrađena je ustava Prevlaka i dio kanala Lonja - Strug.

Pomoću ova dva objekta vrši se rasterećenje Save uzvodno od Siska. Višak vode koji se rasterećuje ustavom Prevlaka transportira se kanalom Lonja - Strug u retenciju Lonjsko polje, najprije u prostor Žutice, a zatim putem kanala Lonja - Strug se prevodi dalje u Lonjsko polje. Tijekom ovih radova koji su vezani na prostor retencija i rijeke Save, izvršeni su regulacijski radovi na nizu vodotoka kao i iskop glavnih odvodnih kanala koji predstavljaju osnovne

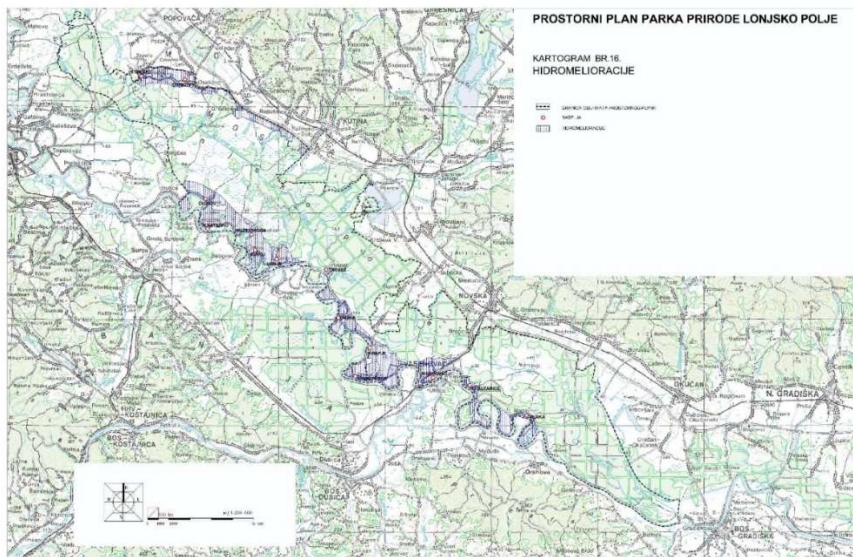
¹¹ Baptist, Bilten Parka prirode Lonjsko polje, 2004.

recipijente prvog područja. Na dijelu Save od Siska do Gradiške djelomično su rekonstruirani i izvedeni novi nasipi uz Savu, kanal Lonja-Strug je izgrađen u punom profilu od ustave Prevlaka do šume Žutica te na najnižvodnijem dijelu kod Stare Gradiške. Od Žutice do Struša je kinetiran i izgrađen lijevi nasip. Od Puske do Bročica je kanal kinetiran te izgrađen desni nasip. Većim dijelom su izvedeni i nasipi retencije Lonjsko polje, izvedena je ustava Trebež I te je uređeno niz vodotoka, lateralnih kanala i glavnih recipijenata za odvodnju zaobalja (Malnar, 2010).

Retencija Lonjsko polje i dalje se nadograđuje i nastoji poboljšati. Pa tako nisu rijetki projekti i projektne dokumentacije koje se bave upravo tom problematikom odnosno kako poboljšati retenciju, a u isto vrijeme paziti na zaštitu okoliša, flore i faune Parka prirode Lonjsko polje.

U savskom podsustavu obrane od poplave, područje retencije Lonjsko polje jedan je od ključnih objekata u sustavu obrane od poplave rijeke Save. Njen planirani kapacitet za prihvatanje viška velikih voda Save, kao i okolnih vodotoka koji joj gravitiraju, iznosi 915 milijuna m³. Za kontrolirano upuštanje i zadržavanje vode u retenciji predviđeni su obodni nasipi, koji su većim dijelom izgrađeni. Još je preostao za izgradnju dio Južnog nasipa, kao i rekonstrukcija jednog dijela postojećih nasipa. Za efikasno rasterećenje savskih voda i zaštitu gradova i naselja na tom području uz Park prirode Lonjsko polje, predlaže se izgradnja preljeva Palanjek i preljeva Jezero, gdje bi se velike vode Save rasterećivale u lijevo i desno zaobalje, odnosno u Lonjsko i Odransko polje (Fazinić, 2007). Retenciju Lonjsko polje presijeca cesta Sisak-Popovača koja svojom nedovoljnom visinom i premalim kapacitetom propusta predstavlja smetnju kontinuiranom protjecanju kroz retenciju. Iz tog razloga se predviđa njeno povišenje, izvedba novih propusta i novog mosta dovoljnog kapaciteta. Također se predlaže izgradnja spojnog kanala Trebež-Trebež sa zapornicom, u profilu presjecišta starog korita vodotoka Trebež s istočnim nasipom Lonjskog polja, koji će u sustavu s već izgrađenom ustavom Trebež I. U okviru čvora Trebež, planira se i izgradnja zaštitnih zemljanih nasipa oko naselja Trebež i Bukovica, koja su danas često ugrožena od velikih voda rijeke Save. Retencija Lonjsko polje oformljena je okvirnim nasipima, koji su većim dijelom završeni. Za potpuno funkcionalno definiranje retencije, sa svim planskim karakteristikama, potrebno je još izgraditi dio Južnog nasipa, te rekonstruirati dio Južnog nasipa, Zapadni nasip i Istočni nasip. Nasipi Lonjskog polja dimenzionirani su na 100-godišnju pojavu velike vode u savskom slivu, za koju je proračunato da će se u retenciji reflektirati nivoom od 98,44 mnm (Fazinić, 2007).

Izgradnjom sustava obrane od poplava, kao prvog stupnja u hidromelioracijskom uređenju zemljišta, postupno su stvarani uvjeti za intenzivnije korištenje poljoprivrednih površina koje su do tada bile izložene plavljenju, što je prikazano na slici 12.



Slika 12. Prikaz hidromelioracije u parku prirode Lonjsko polje ¹²

Sustav obrane od poplava na području Lonjskog polja neprestano se nadograđuje pa je tako u planu postizanje višeg stupnja izgrađenosti savskog zaštitnog sustava što uključuje izgradnju određenog broja objekata. Planski ovaj sustav obuhvaća:

- Prioritetne objekte srednjoročnog razdoblja,
- Objekte konačnog razvoja sustava.

Za konačni razvoj sustava, kroz definiranje granice vodnog dobra odnosno rezervaciju prostora, osigurat će se mogućnost njegova daljnjeg razvoja. Prioritetnim zahvatima, potrebno je realizirati sljedeće građevine i zahvate:

- Urediti spoj retencijskih prostora Žutice i Lonjskog polja,
- Rekonstruirati cestu Sisak – Popovača u cilju poboljšanja propusnosti,
- Osigurati komunikaciju Save i retencije Lonjsko polje na lokaciji Palanjek,
- Osigurati južni nasip retencije Lonjsko polje, dionica od Šašine Grede do Gušća, s ustavom za uspostavu eksperimentalnog poplavnog područja,
- Rekonstruirati zapadni nasip retencije Lonjsko polje,

¹² Preuzeto na službenim mrežnim stranicama Lonjskog polja: <https://pp-lonjsko-polje.hr/>

- Rekonstruirati sjeverni nasip retencije Lonjsko polje uključivši dionicu uz deponiju gipsfosfata,
- Rekonstruirati istočni nasip retencije Lonjsko polje,
- Rekonstruirati desni nasip Ilove od preloženog korita do autoceste,
- Osigurati lijevi nasip preložene Kutinice, od Ilove do spoja s postojećim nasipom ustavu Trebež II
- Osigurati spojnu građevinu Trebež – Trebež, veza između retencija Lonjsko polje i Opeke za male i srednje vode
- Izgraditi i rekonstruirati zaštitne nasipe naselja Trebež i Bukovica, s potrebnim ispusno-upusnim objektima,
- Izgraditi propuste na cesti Trebež – Kraljeva Velika,
- Osigurati komunikaciju Save i retencije Mokro polje na lokaciji Jasenovac,
- Izgraditi sustave zaštite od poplavnih voda autoceste uz retenciju Mokro polje na dionici Novska – Okučani,
- Rekonstruirati lijevi nasip kanala Lonja – Strug uzvodno od ušća Slobošine,
- Rekonstruirati savske nasipe na dijelovima gdje ne udovoljavaju potrebnom (Malnar, 2010).

Uz već prethodno pobrojane građevine i zahvate, koje su u neposrednoj funkciji obrane od poplave pri nailasku velikih voda u Lonjsko polje, planom bi trebalo obuhvatiti i druge zahvate kojima se osiguravaju ekološka poboljšanja, a koja daju dodatnu kvalitetu nekom od vodnogospodarskih aspekata, a to se odnosi na:

- Restauraciju poplavnih površina Mlaka, Košutarica, Višnjica, Drenov Bok, Trebež Bukovica, ukoliko se isto pokaže prihvatljivo Hrvatskim vodama i Ministarstvu poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, ekološki plavljene površine Okučani, Prašnik, zona uz južni nasip retencije Lonjsko polje, ukoliko ako je i to prihvatljivo Hrvatskim vodama,
- Restauracija i revitalizacija rukavaca savskih koji se nalaze unutar retencija,
- Tranzicijska područja; Kutina, sjeverni nasip retencije Lonjsko polje,
- Izgradnja dopunskih propusta na šumskim prometnicama u retencijama,
- Odvodnju dijelova uz postojeće vodnogospodarske građevine na kojima je došlo do nepovoljnih utjecaja na okoliš (Malnar, 2010).

4. OBILAZAK TERENA

Obilazak terena Lonjskog polja odvio se u proljeće. Za vrijeme obilaska livada Lonjskog polja je bila suha, što znači da u njoj nije bilo vode. U takvim slučajevima kada je livada suha i kada vodostaj Save ne prijeti poplavama, retencijsko područje služi za ispašu domaćim i divljim životinjama. Konji, krave i svinje veći dio godine slobodno borave na pašnjacima i u šumama Lonjskoga polja. Tijekom poplava i snježne zime seljaci svoje blago drže u toplim i suhim štalama hraneći ga i brinući se o njemu. S dolaskom proljeća i povlačenjem poplave seljaci puštaju stoku u polje na ispašu. Takav način držanja i uzgoja stoke naziva se tradicijsko pašarenje.

Lonjsko polje jedino je područje u Europi gdje se održao takav uzgoj stoke. Tradicionalno pašarenje je arhaični sustav pašarenja gdje se na pašnjaku drži više vrsta životinja. Riječ je o upotrebi vlažnih staništa na najekonomičniji način. Svinje ruju zemlju što pridonosi rastu trave na pašnjaku kojom se potom hrani krupnija stoka. Takav sustav esencijalan je za održavanje krajolika i zaštitu biološke raznolikosti.

Kada vodostaj Save ponovno naraste, vodni tok rijeke Save rada odlazi u retencijsko područje s ciljem osiguravanja područja od poplave. Tada se životinje moraju zbrinuti van područja Lonjskog polja jer je ono tada napunjeno vodom, a livada sa slike 14. biva potopljena.

Fotografije sa obilaska terena prikazuju utjecaj povišenog vodostaja na floru Lonjskog polja, što je posebno vidljivo na korama drveća. Valja naglasiti da se na toj lokaciji nalazi i ustava Trebež, koja predstavlja sustav obrane od poplava, a koja ima ulogu da služi kao kontrolirano pražnjenje Lonjskog polja. Za vrijeme posjete u tijeku je bilo pražnjenje Lonjskog polja pa su zapornice ustave bile podignute. Kako bi čitav sustav za obranu od poplava mogao funkcionirati nužno je da se stalno nadgledaju oborine i vodostaji rijeke Save kako bi se mogla osigurati pravovremena reakcija. Na slikama s terena prikazuju se i vodomjerne letve koja imaju cilj da služe za mjerenje razine vode u Lonjskom polju. One su postavljene i duž same rijeke Save kako bi se mogla osigurati pravovremena reakcija u svim trenucima kada vodostaj rijeke postane prijeteći za izlivanje i nastajanje poplave.



Slika 13. Livada Lonjskog polja¹³

Na slici 13. prikazana je livada Lonjskog polja za vrijeme obilaska terena u proljeće, koja je trenutno presušena i koja služi životinjama za ispašu, dok za vrijeme poplava služi kao retencijsko područje za obranu od poplava. Poplavni travnjaci su jedna od najdinamičnijih staništa. Uslijed periodičke dinamike plavljenja vodama rijeke Save i njenih pritoka, livade košarice i pašnjaci za ispašu stoke Lonjskog polja su gotovo svake godine od 30 do 100 dana potpuno ili djelomično poplavljeni. Imaju značajnu ulogu kao retencijsko područje u sustavu obrane od poplave te imaju veliku ekološku i gospodarsku vrijednost kao dio tradicionalnog sustava pašarenja i očuvanja izvornih hrvatskih pasmina.

¹³ Autorova izrada



Slika 14. Ustava Trebež¹⁴



Slika 15. Ustava Trebež¹⁵

¹⁴ Autorova izrada

¹⁵ Autorova izrada

Slika 16. Ustav Trebež¹⁶

Na fotografiji 14., 15. i 16. nalazi se ustava Trebež koja služi kao sustav obrane od poplava, a koja ima ulogu kontroliranog pražnjenja Lonjskog polja. Ustava Trebež, dio je čvora Trebež, jednog od najvažnijih dijelova sustava obrane od poplava srednje Posavine.

Izgrađena je na lijevoj obali rijeke Save, nizvodno od sela Lonja, na kraju kanala kojim je Trebež spojen s tokom Save prije istočnog nasipa retencije Lonjsko polje.

Ustava Trebež omogućuje djelomičan nadzor sadržaja Lonjskoga polja, odnosno, moguće je kroz nju upuštati savske vode u Lonjsko polje, ali i obrnuto – ispuštanje voda u Savu.

Kako se retencija puni uzvodnim ustavama Prevlakom i Palanjkom ustava Trebež zamišljena je kao isključivo ispusni objekt. Kada se za to steknu uvijeti u Savi, ispušta se ustavom Trebež voda iz Lonjskoga polja. Objekt danas funkcionira kao upusno ispusni. Time se osigurava prirodna komunikacija voda Save i vodotoka Lonja i Trebež, što je posebno važno ako se zna da je prostor Lonjskog polja jedno od najvažnijih mrijestilišta riba Save.

¹⁶ Autorova izrada

Slika 17. Vodomjerna letva¹⁷

Na slici 17. nalazi se vodomjerna letva koja služi za mjerenje razine vode u Lonjskom polju, a nalazi se u blizini ustave Trebež. Vodomjerne letve za kontrolu nivoa rijeka napravljene su od materijala inox (nehrđajući čelik) ili od pocinčanog plastificiranog lima sa aluminijski plastificiranim oznakama. Mjerne letve se mogu nizati te se tada broj letve u nizu označuje crvenim brojem, ili po potrebama kao što je i vidljivo na slici 17. Na sljedećoj slici su vidljivi i trгови vodostaja na drveću te na kori drveća koja je promijenila svoju boju.

¹⁷Autorova izrada



Slika 18. Tragovi vodostaja¹⁸

¹⁸Autorova izrada

5. ZAKLJUČAK

Poplava je prirodni fenomen koji se rijetko pojavljuje i čija se pojava ne može izbjeći, ali se poduzimanjem različitih preventivnih građevinskih i ne građevinskih mjera rizici od poplavlivanja mogu smanjiti na prihvatljivu razinu. Poplave su među opasnijim elementarnim nepogodama i na mnogim mjestima mogu uzrokovati gubitke ljudskih života, velike materijalne štete, devastiranje kulturnih dobara i ekološke štete. Retencijska područja služe za privremeno skladištenje vode izdvojene iz protoka u riječnom koritu. Time se snižava vrh vodnoga vala i umanjuje opasnost od poplava u nizvodnim područjima. Izgradnja retencija uz nizinske rijeke dio je strategije u borbi protiv utjecaja globalne promjene klime i predviđa se uz brojne europske rijeke. Općenito, retencijske površine moraju biti dovoljno velike da bi bile svrhovite. Nadalje, izgradnjom ulaznih i izlaznih građevina i nasipa postiže se mogućnost vremenskog reguliranja obrane od poplave. To podrazumijeva potrebu da se velika područja uz nizinske rijeke odrede kao retencijske površine, kako bi se smanjio utjecaj velikih voda. Iz toga nadalje proizlaze utjecaji na ekološko i gospodarsko funkcioniranje takvih područja. Najbolji primjer za proučavanje hidrološke i ekološke funkcije velikih umjetnih retencija u Europi je Park prirode Lonjsko polje. Obrana od poplava u srednjem Posavlju provodi se kontroliranim plavljenjem tzv. poluprirodnih retencijskih područja, čime se transformira vodni val u rijeci Savi. Retencija Lonjsko polje i dalje se nadograđuje i nastoji poboljšati. Pa tako nisu rijetki projekti i projektne dokumentacije koje se bave upravo tom problematikom odnosno kako poboljšati retenciju, a u isto vrijeme paziti na zaštitu okoliša, flore i faune Parka prirode Lonjsko polje. Uz sve navedeno valja zaključiti kako se svakako treba više poraditi na novom modelu upravljanja sustav obrane od poplava Srednje Posavine i Lonjskog polja. Takvim bi se modelom definirali kriteriji za početak manipulacije kao i način manipulacije sustavom respektirajući rubne uvjete, zadane postulate zaštite zaobalja uz optimizaciju korištenja retencijskih prostora prema zahtjevima korisnika.

LITERATURA

1. Andrić, A. (2018). *Rekonstrukcija desnoobalnog savskog nasipa, elaborat zaštite okoliša*. Zagreb.
2. Baptist, M. (2004). Retencija velikih voda i zaštita prirode u Lonjskom polju. *Bilten Parka prirode Lonjsko polje*, 6(1); 22-26.
3. Fazinić, Z. (2007). *Studija o utjecaju na okoliš sustava obrane od poplave Srednjeg Posavlja*. Zagreb.
4. Gugić, G. (2008). Lonjsko polje. *Bilten Parka prirode Lonjsko polje*, 10(1); 11-161.
5. Kuspilić, N. (2009). *Postupci zaštite od voda*. Zagreb.
6. Kuspilić, N. (2010). *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*. Građevinski fakultet, Zagreb.
7. Kuspilić, N., Ocvirk, E. (2014). *Hidrotehničke građevine*. Sveučilište u Zagrebu. Građevinski fakultet, Zagreb.
8. Malnar, M. (2010). *Prostorni plan Parka prirode Lonjsko polje, odredbe provođenja plana*. Zagreb-Sisak.
9. Silaj, J. (2016). Obrana od poplava. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, 1(6); 23-42.

Zakoni i propisi

1. Zakon o zaštiti okoliša, NN 110/07.
2. Zakon o vodama, NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13.
3. Državni plan obrane od poplava, NN 84/10.
4. Pravilnik o procjeni utjecaja na okoliš, NN 59/00, 136/04, 85/06.
5. Zakon o proglašenju parka prirode „Lonjsko polje“, NN 11/90.