

Analiza podizanja vjetrozaštitnih pojasa i nasada u Hrvatskoj

Habjanec, Vlado

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:108008>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-18**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
UZGAJANJE I UREĐIVANJE ŠUMA S LOVNIM GOSPODARENJEM

VLADO HABJANEC

ANALIZA PODIZANJA VJETROZAŠTITNIH POJASA I
NASADA U HRVATSKOJ

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, rujan 2020.

**ŠUMARSKI FAKULTET
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

ŠUMARSKI ODSJEK

**ANALIZA PODIZANJA VJETROZAŠTITNIH
POJASA I NASADA U HRVATSKOJ**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij:	Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem
Predmet:	Šumske melioracije krša
Ispitno povjerenstvo:	1. (mentor) izv. prof. dr. sc. Damir Barčić 2. (član) prof. dr. sc. Željko Španjol 3. (član) prof. dr. sc. Dario Baričević 4. (zamjenski član) doc. dr. sc. Roman Rosavec
Student:	Vlado Habjanec
JMBAG:	0068223537
Broj indeksa:	957/12
Datum odobrenja teme:	17. 04. 2020.
Datum predaje rada:	15. 09. 2020.
Datum obrane rada:	18. 09. 2020.

Zagreb, rujan, 2020.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Analiza podizanja vjetrozaštitnih pojasa i nasada u Hrvatskoj
Title	Analysis of lifting windbreaks and plantations in Croatia
Autor	Vlado Habjanec
Adresa autora	Jačkovina 101, 10090 Susedgrad, Zagreb
Mjesto izrade	Zagreb
Mentor	izv. prof. dr. sc. Damir Barčić
Izradu rada pomogao	-
Godina objave	2020.
Obujam	40 stranica, 17 slika, 11 tablica
Ključne riječi	Vjetrozaštitni pojas, vjetar, nasadi, zaštitni pojas,
Key words	Windbreak, wind, plantations, shelterbelt
Sažetak	U području šumskih melioracija važan dio radova usmjeren je prema zaštiti šumskog staništa. Istovremeno postoji i dio biotehničkih radova koji obuhvaća zaštitu prometnica ili trajnih nasada, odnosi se na vjetrozaštitni utjecaj. U radu će se analizirati metode podizanja pojasa i nasada, te će se interpretirati njihovo značenje u okvirima primarnih djelatnosti i širi utjecaj.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Vlado Habjanec

U Zagrebu, 18. 09. 2020.

PREDGOVOR

U današnje vrijeme svjedoci smo različitim i sve učestalijim negativnim događajima koji svojim djelovanjem narušavaju strukturu i funkcioniranje prirodnih, ali i antropogeniziranih i antropogenih ekosustava. Ledolom (2014.), vjetrozvale (2014. Zagreb, 2016. Gorski kotar), gradacija potkornjaka velik su pokazatelj koliko biotski i abiotski čimbenici utječu na funkcionalnost različitih ekosustava. Zbog sve češćih prijetnji i razornih događaja čovjek je primoran pronaći rješenja, donjeti mjere i koristiti metode kako bi se takvi katastrofalni scenariji uklonili ili kako bi se smanjilo njihovo djelovanje i samim time štetne posljedice koje narušavaju rast i razvoj ekosustava i onemogućuju ispunjavanje svih funkcija karakterističnih za pojedine ekosustave. Važan abiotski čimbenik koji svojim razornim djelovanjem nanosi velike štete ekosustavima je vjetar. Kako bi se smanjio negativan utjecaj vjetra na ekosustave, sa šumarskog aspekta, vrši se podizanje vjetрозаštitnih pojasa i nasada. Osnivanje i podizanje vjetрозаštitnih pojasa prije svega treba poštivati pravila različitih struka i karakteristika lokaliteta na kojima se podižu. Samo kroz integrirani pristup i uvažavanje prirodnih načela može se očekivati uspješnost i funkcionalnost zaštite od šetnog djelovanja vjetra.

Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Damiru Barčiću koji je me motivirao, korigirao u izradi ovog diplomskog rada i koji je svojim smjernicama i znanjem pridonio nastanku ovog rada.

Zahvaljujem se svim profesorima i djelatnicima Šumarskog fakulteta u Zagrebu koji su me poticali na rad tijekom cijelog studija.

Zahvaljujem se svim profesorima i djelatnicima Drvodjeljske škole Zagreb koji su me ohrabivali i stvorili temeljno znanje kako bih što lakše obavljao studentske dužnosti, posebnu zahvalu upućujem svojoj razrednici Jasenki Govorčin.

Zahvaljujem se svim svojim prijateljima koji su mi bili poticaj i vjetar u leđa tijekom studiranja.

Zahvaljujem se svim kolegama studentima koji su ovaj studentski period života učinili nezaboravnim.

I na kraju najveću zahvalnost iskazujem svojoj obitelji posebno roditeljima Željku i Zorici te sestri Veroniki.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	4
3. MATERIJALI I METODE	4
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	5
4. 1. Vjetar kao abiotski čimbenik u ekosustavima.....	5
4. 1. 1. Zračno strujanje – vjetar	5
4. 1. 2. Lokalni vjetrovi u Hrvatskoj	6
4. 1. 3. Štetno djelovanje vjetra.....	8
4. 1. 4. Pozitivno djelovanje vjetra.....	8
4. 2. Osnivanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada	9
4. 2. 1. Odabir lokacije osnivanja vjetrozaštitnog pojasa.....	9
4. 2. 2. Odabir vrsta za podizanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada.....	10
4. 2. 3. Odabir načina podizanja vjetrozaštitnog pojasa i nasada.....	13
4. 2. 4. Odabir vremenskog razdoblja za osnivanje vjetrozaštitnog pojasa	14
4. 2. 5. Priprema staništa za podizanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada	14
4. 2. 6. Odabir vrste vjetrozaštitnog pojasa	15
4. 2. 7. Prostorni raspored i dimenzioniranje vjetrozaštitnih pojaseva	17
4. 3. Princip djelovanja vjetrozaštitnog pojasa.....	20
4. 4. Primjeri vjetrozaštitnih pojaseva u Hrvatskoj	22
4. 4. 1. Vjetrozaštita Sinjskog polja	22
4. 4. 2. Vjetrozaštita Čepić polja	23
4. 4. 3. Vjetrozaštita trase autoceste A1 na dionici tunel sv.Rok-Maslenica	24
4. 4. 4. Analiza troškova podizanja vjetrozaštitnih pojasa u Hrvatskoj	26
4. 5. Primjeri vjetrozaštitnih pojasa u svijetu.....	32
4. 5. 1. Vjetrozaštitni pojasevi u SAD- u	32
4. 5. 2. Vjetrozaštitni pojasevi u Australiji.....	33
4. 5. 3. Vjetrozaštitni pojasevi u Japanu.....	34
4. 5. 4. Vjetrozaštitni pojasevi u Češkoj.....	35
4. 6. Sekundarne usluge i korisnosti vjetrozaštitnih pojasa	36
4. 6. 1. Utjecaj vjetrozaštitnih pojasa na elemente klime.....	36
4. 6. 2. Utjecaj vjetrozaštitnih pojasa na povećanje prinosa poljoprivrednih kultura	36

4. 6. 3. Vjetrozaštitni pojasi kao remize za divljač	37
5. ZAKLJUČAK.....	38
LITERATURA	39

Popis slika:

Slika 1. Tehnički vjetrozaštitni pojas uz autocestu (http://polirol.com/)	2
Slika 2. Vjetrozaštitni pojas na poljoprivrednoj površini (Kisić, 2012)	3
Slika 3. Ovisnost brzine vjetra o hrapavosti površine (Janjiš, 2013)	6
Slika 4. Atlas vjetra (DHMZ)	7
Slika 5. Primjer korištenja vjetrobranih pojasa kao sustav ograđivanja (Kisić, 2013)	10
Slika 6. Shematski prikaz vrsta vjetrozaštitnih pojaseva (Tomašević, 1996)	16
Slika 7. Shematski prikaz vrsta vjetrozaštitnih pojaseva (Tomašević, 1996)	16
Slika 8. Shematski prikaz jednorednog, dvorednog i trorednog pojasa (Kisić, 2012)	18
Slika 9. Shematski prikaz četverorednog vjetrozaštitnog pojasa (Kisić, 2012)	19
Slika 10. Shematski prikaz petorednog vjetrozaštitnog pojasa (Kisić, 2012)	19
Slika 11. Primjer lošeg vjetrobranog pojasa na Čepić polju (Kisić, 2012)	24
Slika 12. Razmaci i plan postavljanja vjetrobranih pojasa (Barčić, Španjol, Šango, 2019)	25
Slika 13. Širina zaštitnog pojasa i raspored vjetrozaštitnog pojasa (Barčić, Španjol, Šango, 2019)	26
Slika 14. Primjer višerednog zaštitnog pojasa u SAD-u (USDA - National agroforestry center)	32
Slika 15. Primjer vjetrozaštitnog pojasa uz prometnicu, SAD (USDA - National agroforestry center)	33
Slika 16. Satelitski snimak sustava vjetrozaštitnih pojaseva, Japan (NASA, 2006)	34
Slika 17. Primjer vjetrozaštitnog pojasa uz poljoprivrednu kulturu, Češka (LESYČR)	35

Popis tablica:

Tablica 1. Popis vrsta pogodnih za podizanje vjetrozaštitnih pojasa (Rapajić, 1959)	11
Tablica 2. Vrste pogodne za podizanje vjetrozaštitnih pojaseva (Kisić, 2012)	12
Tablica 3. Ovisnost duljine zaštićene površine o visini vjetrozaštitnog pojasa	20
Tablica 4. Postotak brzine vjetra zaštićene površine od brzine vjetra na otvorenom ovisno o kutu upada vjetra	21
Tablica 5. Popis vrsta korištenih u podizanju vjetrozaštitnih pojaseva (Tomašević, 1996)	23
Tablica 6. Troškovi podizanja kulture smreke (<i>Picea abies</i>)	27
Tablica 7. Trošak podizanja kulture crnog bora (<i>Pinus nigra</i>)	28
Tablica 8. Trošak podizanja kulture primorskog bora (<i>Pinus pinaster</i>)	29
Tablica 9. Troškovi podizanja kulture topole (<i>Populus sp.</i>)	30
Tablica 10. Troškovi podizanja kulture vrbe (<i>Salix sp.</i>)	31
Tablica 11. Prikaz povećanja prinosa (mtc/ha) poljoprivrednih kultura s obzirom na zaštitu od vjetra (rapajić, 1959)	37

1. UVOD

Ekosustav je jedna cijelina koja funkcionira jedino ako sve sastavnice ekosustava nesmetano obavljaju svoje funkcije. Pojedini ekosustav nije izolirana cijelina. Na ekosustav utječu vanjski i unutarnji čimbenici, ali i drugi ekosustavi kroz isprepletene odnose međusobno se nadopunjuju i tvore sustav funkcioniranja planeta Zemlje. Ljudski nagon za preživljavanjem i iskorištavanjem prirodnih dobara i resursa dovodi u pitanje opstanka i razvoja prirodnih ekosustava. U današnje vrijeme kroz održivi razvoj i prirodi blisko gospodarenje ljudska djelatnost ima zadaću osigurati prirodna dobra i resurse za sve buduće generacije. Prilikom obavljanja različitih ljudskih djelatnosti koja su povezana s prirodnim, antropogeniziranim i antropogenim ekosustavima postoje abiotski i biotski čimbenici koji narušavaju strukturu i funkcioniranje istih ekosustava, a sami time otežavaju obavljanje ljudskih djelatnosti. Pojavom raznih prirodnih katastrofa i neželjenih scenarija ljudska djelatnost je primorana reagirati, ukloniti ili umanjiti štetno djelovanje takvih čimbenika. Pomoću različitih mjera i metoda ljudi pokušavaju smanjiti štetna djelovanja ili ih u potpunosti ukloniti.

Vjetar je abiotski čimbenik koji svojim djelovanjem i svojom razornom sposobnošću bitno mijenja funkcioniranje ekosustava i obavljanje ljudskih djelatnosti. Vjetar nema samo negativno djelovanje na ekosustave. Pozitivni utjecaj vjetra u ekosustavima se ogleda u filtriranju i mješanju zraka, isušivanju zamočvarenih površina, raznošenju sjemena biljaka, prirodnoj obnovi šumskih ekosustava. Vjetar je neophodna sastavnica svakog ekosustava, ali vjetar se razlikuje svojom jačinom, snagom, svojim naletima i udarima stoga različite vrste vjetrova različito utječu na ekosustave, ali i na obavljanje ljudskih djelatnosti. Posljedice štetnog djelovanja vjetra nagnale su čovječanstvo da zaštiti prirodne ekosustave, svoje domove, izvore prihoda, poljoprivredne površine i ostala područja i objekte koji mogu pretrpjeti štetu izazvanu vjetrom. Takvo štetno djelovanje vjetra dovelo je do osnivanja i podizanja vjetrozaštitnih pojasa i nasada. Prvi vjetrozaštitni pojasevi podizani su uz poljoprivredne površine kako bi se zaštitili usjevi od štetnog djelovanja vjetra. Prvi službeni vjetrozaštitni pojasevi spominju se u Škotskoj sredinom 14. stoljeća kada je škotski parlament urgentnim planom naredio podizanje vjetrozaštitnih pojasa kako bi se zaštitila agrikulturna proizvodnja.(Brandle, 2009.) Nakon prvih vjetrozaštitnih pojaseva u Škotskoj i drugi autori izveštavaju o podizanju vjetrozaštitnih pojasa s ciljem zaštite poljoprivrednih površina u Kini, Australiji, Novom Zelandu, SAD – u...(Brandle 2009.)

Poljoprivredne površine trpe najteže gubitke izazvane jakim i olujnim vjetrovima, no postoje i druge površine i ekosustavi koji stradavaju od olujnog vjetra ili su u nemogućnosti obavljanja primarnih funkcija poput prometnica, šumskih rasadnika, farmskih objekata i različitih proizvodnih objekata i površina.

Postoje tehnički i biološki postupci zaštite od vjetra. Tehnički postupci zaštite od vjetra obuhvaćaju izgradnju prepreka od građevinskih materijala poput opeke, kamena, drvene građe, stakla, tvrde plastike ili kombinacijom više vrsta materijala. Tehnički oblici zaštite od vjetra imaju prednost zbog brzine ugradnje i 100% gustoće koja u potpunosti zaustavlja udare vjetra i smanjuje štetno djelovanje vjetra. Mane tehničkog oblika zaštite su cijena i estetika.



Slika 1. Tehnički vjetrozaštitni pojas uz autocestu (<http://polirol.com/>)

Biološki oblici zaštite od vjetra glavna su tema ovog rada. Glavni oblik biološke zaštite od štetnog djelovanja vjetra predstavlja šumski vjetrozaštitni pojas. Prema Zakonu o šumama šumski zaštitni pojas predstavlja jednoredni ili višeredni linijski nasad šumskog drveća, voćaka ili grmlja, kojima je cilj zaštita šumskih rasadnika, poljoprivrednih površina, prometnica, prirodnih i umjetnih vodotoka i akumulacija te proizvodnih objekata od štetnog djelovanja vjetra. Šumski zaštitni pojasi trebali bi imati veću upotrebu i prednost naspram tehničkih oblika zaštite zbog svojih prirodnih karakteristika, estetike, ali i zbog svojeg višenamjenskog utjecaja. Primarna funkcija šumskih pojasa je zaštita od vjetra, ali takvi pojasi pružaju zaštitu od vodene erozije, štetnog djelovanja snijega, štetnog sunčevog zračenja i isušivanja tla. Vrlo bitne funkcije vjetrozaštinskih pojasa ogledaju se i u očuvanju biološke raznolikosti, regulacije mikroklimatskih i stanišnih uvjeta te mogu predstavljati remize za divljač.



Slika 2. Vjetrozaštitni pojas na poljoprivrednoj površini (Kisić, 2012)

Podizanju vjetrozaštitnih pojasa i nasada nije se nikada pridavalo dovoljno pažnje kako u Hrvatskoj tako i u svijetu. U svega nekoliko radova istaknuta je važnost vjetrozaštitnih pojasa i nasada. Podizanje takvih pojasa nije nimalo jednostavan zadatak, potrebno je uzeti u obzir puno prirodnih zakonitosti, ekoloških i klimatskih zahtjeva, konfiguraciju terena, geografska, geološka i pedološka obilježja lokaliteta na kojem se podiže vjetrozaštitni pojas. Podizanje vjetrozaštitnih pojaseva ne smije se raditi na svoju ruku, već taj posao treba prepustiti stručnim osobama i različitih struka poput šumarske, agronomske, prometne i ostalih struka koje se prepoznaju u poslovima podizanja vjetrozaštitnih pojasa i nasada (Kisić, 2012).

Podignuti vjetrozaštitni nasadi ne mogu odmah u potpunosti ispunjavati sve očekivane funkcije, već se provođenjem njege i ostalih metoda usmjerava se rast i razvoj takvih nasada kako bi što svrsishodnije ispunjavali sve funkcije i opravdali očekivanja. U nastavku će biti pomnije objašnjeno što sve obuhvaća podizanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada i kako osigurati maksimalnu učinkovitost i zaštitnu ulogu takvih nasada.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ciljevi istraživanja ovog rada odnose se na podizanje i osnivanje vjetrozaštitnih pojaseva. U ovom radu analizirat će se glavni čimbenici koji utječu na nastanak štetnog djelovanja vjetra. Biti će prikazane posljedice štetnog djelovanja vjetra, glavni razlozi podizanja i osnivanja vjetrozaštitnih pojasa i nasada, način funkcioniranja vjetrozaštitnih pojasa, poslovi izrade idejnog plana podizanja pojasa i nasada, primjeri u Hrvatskoj i svijetu. Analizirati će se pozitivne i negativne strana zaštite od štetnog djelovanja vjetra i njihova ekonomska isplativost.

3. MATERIJALI I METODE

U radu su korištene metode analize, metode sinteze i metode kompilacije. Sukladno zakonskoj regulativi (pravilnici, zakoni,) analizirano je i interpretirano istraživano područje.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4. 1. Vjetar kao abiotski čimbenik u ekosustavima

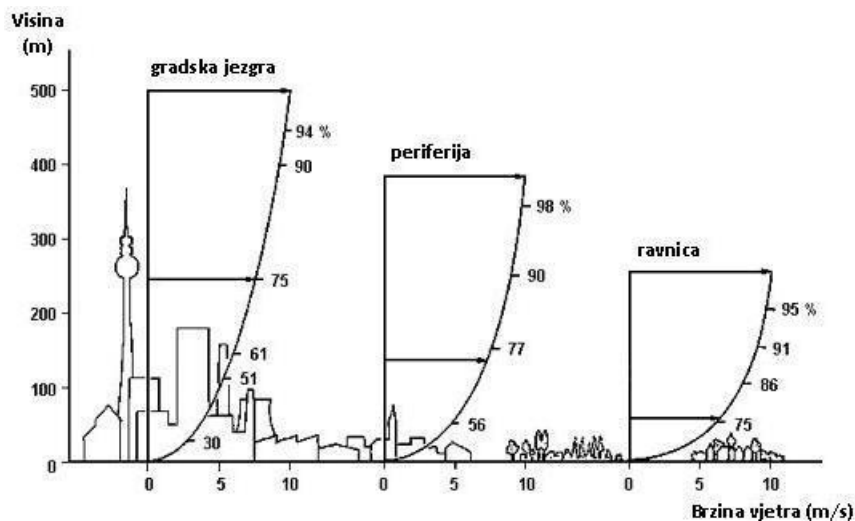
Prilikom podizanja i osnivanja vjetrozaštitnih pojasa i nasada vrlo je važno poznavati osnovne karakteristike vjetra kao klimatološkog elementa, njegovu snagu, načine mjerenja vjetra, a onda tek možemo govoriti o njegovim lokalnim karakteristikama i obilježjima koje su nam vrlo bitne zbog odabira tehnika i tehnologija podizanja nasada, odabira vrste i odabira poslova održavanja tih nasada.

4. 1. 1. Zračno strujanje – vjetar

Prirodno strujanje zraka zovemo vjetar. To je zapravo gibanje zračnih masa u atmosferi uzrokovano razlikom tlaka. Zbog neravnomjernog zagrijavanja zemljine površine (različite geografske širine, razlike u zagrijavanju kopna i mora) dolazi i do razlike temperature u slojevima zraka (efekt zagrijavanja zraka preko tla). Ta razlika temperature uzrokuje i gradijent tlaka te se zračne mase počinju gibati. Može se zaključiti da vjetar indirektno nastaje iz sunčeve energije (Janjiš, 2013)

(Penzar, 2001.) u svom djelu iznosi osnovnu podjelu vjetrova na globalne i lokalne. Globalni vjetrovi pušu od ekvatora prema hladnim Zemljinim polovima, a nalaze se na visinama većim od 1000 m te na njih tlo ne utječe značajnije. Oni nastaju djelovanjem Coriolisove sile na vektor brzine atmosferskih čestica. Coriolisovu komponentu generira vrtložno strujanje kao posljedica rotacije Zemlje. Takva kombinacija vertikalnog i horizontalnog pomaka tvori tri struje: Haley – evu, Ferrelovu struju i Polarnu struju. Lokalni vjetrovi pušu pri tlu do 100 metara visine. Oni ovise o smjeru globalnih vjetrova, ali pokreću ih razlike u temperaturi kopna i mora i ostali reljefni i klimatski čimbenici. Lokalni vjetrovi su glavni razlog podizanja vjetrozaštitnih pojasa i nasada.

Strujanje zraka nad nekim područjem na većoj visini predstavlja primarno strujanje zraka koje je uvjetovano globalnom raspodjelom temperature i tlaka zraka. Promjene tlaka zraka makrorazmjera i u kraćim vremenskim intervalima stvaraju sekundarno strujanje zraka odnosno lokalne vjetrove. Lokalni vjetrovi se razlikuju s obzirom na značajke lokaliteta, karakteristikama terena (Bajić, 2003.) Različiti terenski, klimatski i stanišni uvjeti utječu na karakteristike i vrste lokalnih vjetrova. Prema istoj autorici na karakteristike lokalnih vjetrova utječu: zemljopisni položaj, razdioba baričkih sustava opće cirkulacije, more, kopneno zaleđe, doba dana i godine, izloženost, konkavnost i konveksnost terena i hrapavost terena.

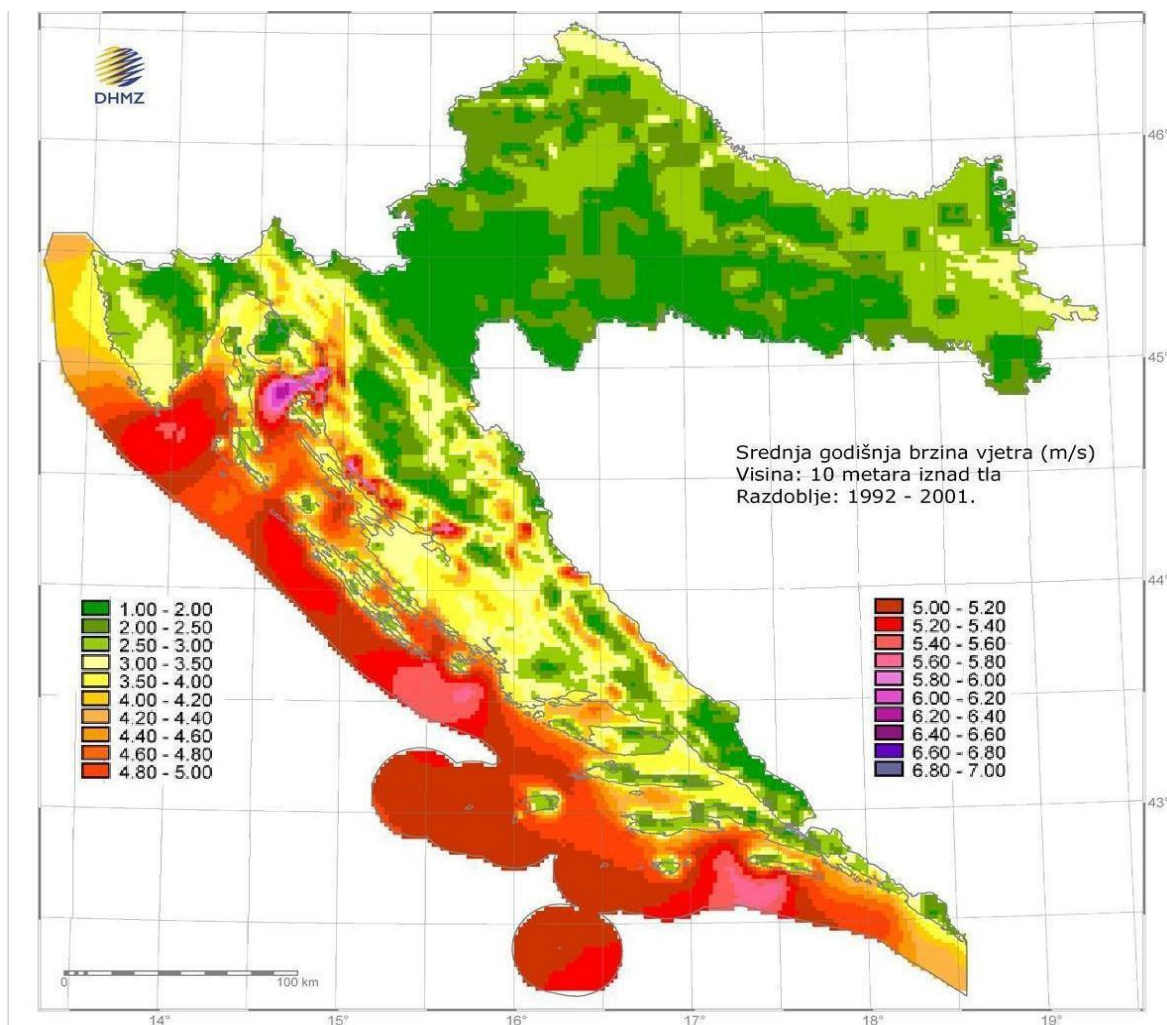


Slika 3. Ovisnost brzine vjetra o hrapavosti površine (Janjiš, 2013)

Iz slike 3. vidljivo je kako gradovi, šume i površine obrasle biljnom vegetacijom predstavljaju hrapaviju površinu i samim time smanjuju jačinu i brzinu vjetra. Poljoprivredne površine, goleti, kolničke površine i vodene površine imaju malu hrapavost i samim time ne mogu djelovati na smanjenje brzine vjetra pa se kao takve ne mogu oduprijeti štetnom djelovanju vjetra.

4. 1. 2. Lokalni vjetrovi u Hrvatskoj

(Penzar, 2001) u svom djelu objavljuje popis lokalnih vjetrova Hrvatske. Glavna podjela vjetrova odnosi se na vjetrove Jadranskog mora i kopnene vjetrove. U Jadranske vjetrove ubrajaju se: bura, tramontana, jugo, regal, levanat, furijal, oštro, grupa SW vjetrova, pulenat, maestral i etezije. U kopnene vjetrove ubraja: košavu, sjeverac, fen, dolnjak i noćnik. Hrvatska je zemlja u kojoj se sudaraju klimatski elementi europskih regija što atmosferu čini relativno nestabilnom i zbog toga u Hrvatskoj prepoznajemo toliko vrsta vjetrova. Ovi vjetrovi se razlikuju u svojoj snazi, duljini trajanja i načinu strujanja zraka.



Slika 4. Atlas vjetra (DHMZ)

Na slici 4. prikazana je raspodjela srednje godišnje brzine vjetra na području Hrvatske. Na slici je vidljivo kako područje eumediterana, submediterana i gorske Hrvatske imaju najveće vrijednosti što ih svrstava u najvjetrovitije regije Hrvatske. Upravo je to krško područje gdje su vrlo malo zastupljene klimazonalne zajednice šumske vegetacije, već se na području eumediterana i submediterana nalaze različiti degradacijski stadiji šumske vegetacije. Kako je vidljivo na slici 3. baš takve površine karakterizira mala hrapavost i osjetljivost na snažna i olujna djelovanja vjetra. 2 najznačajnija vjetra koja svojim snažnim djelovanjem najviše narušavaju ekosustave i stvaraju prijetnju obavljanju ljudskih djelatnosti su bura i jugo. Što se tiče kontinentalnog dijela Hrvatske prema atlasu vjetra vidljivo je kako to područje nema velike vrijednosti srednje godišnje brzine vjetra, ali to ne znači kako vjetar ne nanosi štete na ekosustavima tog područja i ne otežava obavljanje ljudskih djelatnosti. Štete izazvane djelovanjem vjetra u kontinentalnoj hrvatskoj odnose se na vjetroatizvale stabala u šumskim ekosustavima te eolskoj eroziji tla na poljoprivrednim površinama.

4. 1. 3. Štetno djelovanje vjetra

Vjetar je prirodna pojava koja djeluje na pozitivan ili negativan način. Što se tiče šetnog djelovanja vjetra ono se najviše ogleda u njegovoj razornoj snazi koja šetno djeluje na šumske ekosustave, poljoprivredne površine, urbana područja i onemogućava ili otežava obavljanje ljudskih djelatnosti.

Štete na šumskim ekosustavima nastali djelovanjem vjetra u posljednjih 20 – ak godina sve su učestalije. Vjetar svojom silinom izvaljuje stabla, prelama vrhove stabala što dovodi do narušene strukture šumskih ekosustava koja izaziva smanjeno ispunjavanje svih funkcija koje se očekuju od šumskog ekosustava.

Štete na poljoprivrednim površinama izazvane djelovanjem vjetra najviše se manifestiraju u mehaničkim oštećenjima ratarskih, voćarskih i ostalih poljoprivrednih kultura koje se uzgajaju. Jedna od velikih negativnih strana djelovanja vjetra ogleda se u eolskoj eroziji raznošenja tla. Tlo je primarna tvar u poljoprivrednoj proizvodnji, ali i u šumskim ekosustavima. Kada se poklope uvjeti pogodni za eolsku eroziju i najmanjim djelovanjem vjetra fine sitne čestice tla odnose se s proizvodne površine. Tako osiromašeno tlo predstavlja velik problem u biljnoj proizvodnji.

U današnje vrijeme promet predstavlja neizostavni dio gospodarstva, rekreacije, transporta i obavljanja različitih ljudskih djelatnosti. Vjetar svojim djelovanjem može šetno djelovati na obavljanje takvih djelatnosti i odvijanje prometa. Svjedoci smo raznim nesrećama, prevrtanjima vozila na području Hrvatske izazvanih vjetrom. Olujni vjetar predstavlja prijetnju za ljudske živote stoga je potrebno učiniti sve kako bi se takva negativna djelovanja vjetra u potpunosti uklonila ili umanjila.

Zbog svih ranije navedenih negativnih utjecaja vjetra potrebno je donjeti mjere i metode kojima bi se reguliralo djelovanje vjetra. Baš zbog takvih posljedica u svijetu, ali i u Hrvatskoj došlo je do stvaranja, osnivanja i podizanja vjetrozaštitnih pojasa i nasada.

4. 1. 4. Pozitivno djelovanje vjetra

Vjetar je važan ekološki čimbenik na planeti Zemlje. Vjetar nema samo negativna svojstva kojima narušava ekosustave i nije samo destruktivan čimbenik. Vjetar ima pozitivne učinke na stanište, organizme i opće funkcioniranje ekosustava. Vjetar utječe na ostale ekološke čimbenike, utječe na vlagu zraka, na temperaturu zraka, na jačinu sunčevog zračenja. Vjetar djeluje kao čimbenik koji regulira i mjenja ostale klimatske parametre nekog lokaliteta ili područja. Vjetar povoljno uječe na zamočvarena područja gdje ubrzava proces isušivanja. Kod biljnih organizama pozitivno utječe na njihovo oprašivanje (Anemofilija), sudjeluje u rasprostiranju sjemena biljnih vrsta (Anemohorija). Anemofilijom i anemohorijom vjetar indirektno utječe na prirodnu obnovu šumskih ekosustava, travnjačkih površina i poljoprivrednih kultura. Vjetar direktno utječe i na čovjeka stvarajući ugodnu klimu, mješanjem i zračnim strujanjem stvara se povoljan zrak za čovjeka.

Zbog različitih utjecaja i djelovanja vjetra potrebno znastvenim i istraživačkim pristupom odrediti područja i lokalitete u kojima je potrebno provesti mjere zaštite od vjetra. Potrebno je uvidjeti korisne i nekorisne posljedice djelovanja vjetra i ako je potrebno pojedina područja i djelatnosti zaštititi od djelovanja vjetra podizanjem vjetrozaštitnih pojasa i nasada.

4. 2. Osnivanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada

Vjetrozaštitni pojasevi imaju višenamjensku ulogu u zaštiti ljudskih dobara i prirodnih resursa. Oni predstavljaju prirodnu prepreku vjetrovima i na taj način štite poljoprivredne površine od eolske erozije, od zasipanja štite prometnice, otvorene kanale, poljoprivredne površine, urbane sredine (Tomašević, 1996). U Hrvatskoj vjetrozaštitni pojasi imaju najveću primjenu u zaštiti poljoprivrednih površina i prometa, stoga će se ovaj rad najviše bazirati na analizi podizanja pojasa na takvim površinama.

Kada iz već ranije navedenih razloga postoji potreba za podizanje i osnivanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada na nekom lokalitetu potrebno je odabrati više faktora koji će osigurati efikasnost i optimalnu funkcionalnost zaštite od vjetra. Potrebno je odabrati lokaciju gdje će se izvršiti podizanje pojasa, potrebno je odabrati vrste, odabrati način podizanja pojasa, odabir pravog vremena, odabir tipa vjetrozaštitnog pojasa i odabir prostornog rasporeda i raspodjele vrsta u pojasu. Prije samog podizanja potrebno procijeniti jesu li potrebne mjere pripreme staništa.

4. 2. 1. Odabir lokacije osnivanja vjetrozaštitnog pojasa

Kada smo na nekom području ustanovili da je potrebno podignuti vjetrozaštitni pojas potrebno je odabrati lokaciju i utvrditi mjesto podizanja na kojem će taj pojas osigurati najbolju moguću zaštitu od vjetra. Sam odabir lokacije podizanja nasada ovisi o smjeru puhanja vjetra i njegovoj širini djelovanja (Brandle, 2009). Zaštitni pojas potrebno je locirati okomito na smjer puhanja vjetra, ali potrebno je uvažavati bočno djelovanje vjetra koje se može regulirati vrstama i oblikom vjetrozaštitnog pojasa (Vacek, 2018)

Na poljoprivrednim površinama odabir lokacije podizanja zaštitnog pojasa u obzir mora uzeti površinu poljoprivredne proizvodnje. Važno je pravilno pozicionirati pojas kako ne bi bitno smanjio proizvodnu površinu, ali da uspješno obavlja funkciju zaštite od vjetra. Na takvim površinama zaštitni pojasi imaju funkciju ograđivanja parcela različitih vlasničkih odnosa. Podizanje takvih zaštitnih pojasa ne bi smjelo pratiti vlasničke odnose na terenu, već prirodne zakonitosti i karakteristike vjetra.



Slika 5. Primjer korištenja vjetrobranih pojasa kao sustav ograđivanja (Kisić, 2013)

4. 2. 2. Odabir vrsta za podizanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada

Prilikom bilo kakvog oblika sadnje, pošumljavanja, umjetnog popunjavanja ili umjetne obnove pa tako i kod osnivanja vjetrozaštitnih pojasa bitno je odabrati vrstu. Pravilan odabir vrste temelji se na značajkama lokaliteta na kojem ćemo podizati pojas. Glavne značajke lokaliteta koje nam pomažu pri odabiru vrste su ekološko – stanišni čimbenici koji vladaju na tom lokalitetu. Izbor vrste najbitniji je korak u formiranju vjetrozaštitnih pojasa. U Hrvatskoj postoje primjeri dobro osmišljenog plana podizanja vjetrozaštitnih pojasa, ali zbog pogrešnog odabira vrste takvi pojasevi više nemaju svoju zaštitnu funkciju i spremni su za zamjenu vrste i novo osnivanje vjetrozaštitnih pojasa. Takve primjere navode (Tomašević, 1996 i Kisić, 2013) na Sinjskom polju i Čepić polju u Istri.

Glavni dio obrane od vjetra predstavlja habitus odnosno volumen biljne vrste. Prema tome zimzelene vrste imaju prednost pred listopadnim vrstama, prednost zimzelenih vrsta se ogleda i u cijelogodišnjoj lisnoj površini koja vrši zaštitu tijekom cijele godine. Naravno ne može se na svim lokalitetima dati prednost zimzelenim vrstama zbog stanišno – ekoloških uvjeta, ali težnja svih vjetrozaštitnih pojasa zasniva se na cijelogodišnjoj zaštiti od djelovanja vjetra.

Prednost se daje autohtonim pionirskim vrstama zbog toga što su adaptirane na lokalne uvjete i imaju brz rast. Šumski vjetrozaštitni pojas ne ispunjava svoje zadaće odmah nakon osnivanja, već mu je potrebno više vremena da izraste u ciljani oblik pojasa. Zbog takvih karakteristika preferiraju se vrste koje imaju brz i bujan rast u ranom razvoju. Nedostatak pionirskih brzorastućih vrsta je njihova kratkotrajnost i krhkost naspram konačnih klimazonalnih vrsta.

Podizanje vjetrozaštitnih pojasa u Hrvatskoj najčešće se izvodilo sadnjom jedne vrste drveća (Kisić, 2013). Takvi pojasevi sastavljeni od jedne vrste mogu pružati vrlo dobru zaštitu od vjetra. Zbog prirodi bliskog gospodarenja dobrima, održivog razvoja, buđenja svijesti o očuvanju biološke raznolikosti, ali i boljih tehničkih i vjetrozaštitnih značajki u Hrvatskoj i svijetu počelo se osnivati vjetrozaštitne pojase koji uključuju više vrsta drveća i grmlja. Glavni razlog podizanja mješovitih pojasa u svijetu vezan je za poljoprivredne površine. Kada bi se pojas podignuo samo jednom vrstom nakon nekog vremena krošnje bi se uzdigle od tla i dozvolile rast i razvoj

korovske vegetacije koja zasijava i nanosi štetu na usjevima i poljoprivrednoj proizvodnji. Kombinacijom više vrsta drveća i grmlja i njihovim odnosima prema zasjeni postigao se potpun sklop koji puno bolje provodi zaštitu od vjetra i sprječava pojavu korovske vegetacije (Beltram, 1949).

Za podizanje šumskih zaštitnih pojasa i nasada u obzir se mogu uzeti različite vrste grmlja i drveća, no konačni izbor vrste ovisi o klimatskim i terenskim prilikama. (Rapajić, 1959) navedeni autor u svom djelu o organizaciji poljoprivrednih površina donosi popis vrsta pogodnih za podizanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada na poljoprivrednim površinama. Taj popis vidljiv je u tablici 1.

Tablica 1. Popis vrsta pogodnih za podizanje vjetrozaštitnih pojasa (Rapajić, 1959)

<i>Acer sp.</i>	<i>Malus sylvestris</i>
<i>Aesculus hyppocastanum</i>	<i>Picea abies</i>
<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Picea pungens</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Castanea sativa</i>	<i>Pinus pinaster</i>
<i>Cornus mas</i>	<i>Pinus nigra</i>
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Pistacia therebinthus</i>
<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Cupressus arizonica</i>	<i>Populus sp.</i>
<i>Euonymus sp.</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Ficus carica</i>	<i>Prunus cerasifera</i>
<i>Fragaria sp.</i>	<i>Prunus domestica</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Prunus armeniaca</i>
<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Prunus dulcis</i>
<i>Hamaecyparis lawsoniana</i>	<i>Prunus spinosa</i>

<i>Juglans nigra</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>
<i>Juglans regia</i>	<i>Quercus sp.</i>
<i>Larix decidua</i>	<i>Salix sp.</i>
<i>Maclura pomifera</i>	<i>Tilia sp.</i>
<i>Malus domestica</i>	<i>Ulmus minor</i>

Kisić (2012) donosi pregled vrsta pogodnih za podizanje vjetrozaštitnih pojaseva s obzirom na režim vlaženja tla što je vidljivo u tablici 2.

Tablica 2. Vrste pogodne za podizanje vjetrozaštitnih pojaseva (Kisić, 2012)

Izrazito vlažna tla	Tla s normalnim vlaženjem	Izrazito suha tla
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Acer campestre</i>	<i>Cupressus sempervirens</i>
<i>Populus nigra</i>	<i>Carpinus betulus</i>	<i>Pinus sp.</i>
<i>Populus alba</i>	<i>Populus nigra</i>	<i>Laurus nobilis</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Ostrya carpinifolia</i>
<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Celtis australis</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Taxodium distichum</i>	<i>Acer obtusatum</i>	<i>Sorbus aria</i>
<i>Salix sp.</i>	<i>Ulmus sp.</i>	<i>Quercus ilex</i>
	<i>Quercus sp.</i>	<i>Carpinus orientalis</i>
	<i>Platanus orientalis</i>	<i>Buxus sempervirens</i>
	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Ceratonia siliqua</i>
	<i>Corylus avellana</i>	<i>Spartium junceum</i>
	<i>Cotinus coggygria</i>	<i>Myrtus communis</i>

	Aesculus hyppocastanum	Punica granatum
	Cornus mas	Acer monspessulanum
	Sambucus nigra	Ilex aquifolium
	Robinia pseudoacacia	Arbutus unedo
	Tilia cordata	

4. 2. 3. Odabir načina podizanja vjetrozaštitnog pojasa i nasada

Vrlo bitan faktor podizanja zaštitnog pojasa odnosi se na odabir načina osnivanja i formiranja pojasa. Uspješnost rasta i razvoja pojasa upravo ovisi o pravilnom odabiru načina. Hoće li se koristiti sjetva sjemena, sadnja sadnica ovisi i o ekonomskom aspektu podizanja pojasa. Uvažavajući isplativost i funkcionalnost načina podizanja pojasa potrebno je odabrati pravilan način podizanja pojasa. Odabir načina podizanja pojasa ovisi i o ekološko – klimatskim uvjetima na terenu, geološkim, pedološkim i terenskim karakteristikama lokaliteta, ali i zahtjevima vrste koja se koristi.

U različitim radovima spominju se neki načini i metode sjetve i sadnje (Matić, 1994, Španjol, 2009, Barčić 2006)

Načini i metode sjetve:

- sjetva omaške
- sjetva na krpe
- sjetva u gnijezda ili kuverte
- sjetva na ubod ili pod motiku
- sjetva na opožarenim površinama
- ekološka sjetva

Načini i metode sadnje:

- sadnja u jame
- sadnja u jarke
- sadnja na gradone

- kordon sadnja
- podrivanje ili riperanje

Kada se je već odabrao način podizanja vjetrozaštitnog pojasa vrlo je bitno paziti na sjemenski ili sadni materijal. Vrlo je bitno pogoditi pravu provenijenciju i kvalitetu sadnog i sjemenskog materijala. Bitnu stavku predstavlja i odabir vrste sadnog materijala. Vrsta i kvaliteta sadnog materijala uvelike utječe na rast i razvoj budućeg vjetrozaštitnog pojasa. Postoje različite vrste sadnog materijala, ali najvažnije i one koje se najčešće koriste su: sadnice golog korijena, sadnice obloženog korijena.

4. 2. 4. Odabir vremenskog razdoblja za osnivanje vjetrozaštitnog pojasa

Kako bi osnivanje vjetrozaštitnog pojasa bilo što uspješnije i kako bi biljne vrste što bolje i što brže osigurale vlastiti opstanak potrebno je odabrati pravo vremensko razdoblje za sadnju sadnica ili sjetvu sjemena. Vrijeme za sadnju je definirano kao vremenski period u kojem su ostvareni takvi uvjeti okoline koji najviše pogoduju preživljavanju i rastu biljaka. Početak i kraj sadnje najviše su definirani vlagom tla i temperaturom. Idealno, potencijal vlage u tlu na dubini od 25 cm trebao bi biti veći od -0,1 MPa u vrijeme sadnje. Osim toga, temperatura tla ispod 5°C zaustavlja rast korijena pa je s toga idealna temperatura za rast korijena između 5 i 20°C (Mitchell i sur. 1990). Za razliku od kontinenta (gdje temperaturne razlike lako određuju trajanje i prestanak vegetacijskog razdoblja) na području Mediterana znatno je teže odrediti sadnju biljaka golog korijena. Takve se biljke sade u jesen i proljeće. Sadnja u jesen i zimi omogućava iskorištavanje pogodnih i obilnih padalina te povoljnih temperatura u tlu i iznad tla. Za sadnju biljaka obloženog korijena vodi se jesenska, zimska i proljetna sadnja, a u iznimnim slučajevima uz prisutnost povoljnih stanišnih uvjeta na terenu može se provoditi i ljetna sadnja. Sjetva sjemena se obavlja u jesen. Razlog tome je što se omogućuje dublje zakorjenjivanje i veću otpornost na ljetne suše jer ponik klije i stabilizira se tokom jeseni, zime i proljeća (Vlahoviček, 2018)

4. 2. 5. Priprema staništa za podizanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada

Podizanje vjetrozaštitnih pojasa karakteristično je za područja s oskudnom vegetacijom, degradiranim stadijima vegetacije. Takva područja karakteriziraju teški uvjeti za prihvatanje novih, mladih sadnica koje bi trebale tvoriti vjetrozaštitni pojas. Baš zbog takvih ekološko – stanišnih uvjeta u nekim slučajevima i na određenim lokalitetima potrebno je provesti pripremu staništa za prihvatanje novih biljnih vrsta. Priprema tla podrazumijeva sve fizičke aktivnosti koje se vode na području koje se planira pošumiti prije same sadnje kako bi se povećala uspješnost pošumljivanja i sama brzina pošumljivanja (LRI, A guide to reforestation best practices, 2014). U poslove pripreme staništa ubrajaju se poslovi izgradnje ili poboljšanja pristupa mjestu podizanja vjetrozaštitnog pojasa, zaštita mjesta podizanja pojasa, obrada tla i moguća tehnička poboljšanja poput navodnjavanja.

Poslovi izgradnje ili poboljšanja pristupa odnosi se na poslove izgradnje prometnica, šumskih prosjeka kako bi se olakšao pristup pojasu i obavljanje poslova njege i održavanja pojasa. Ako već postoje prometnice koje omogućuju pristup i vršenje uzgojnih zahvata potrebno je provjeriti uporabljivost takvih prometnica.

Na poslove zaštite prvenstveno se odnosi posao ograđivanja kako bi se spriječile štete od divljači i stoke. Takve poslove najbolje je provesti u dogovoru s lokalnim stanovništvom i korisnicima tog prostora. Ograđivanje se može provesti različitim materijalima i na više načina, ograđivanjem pojedinih biljaka ili kompletnog ograđivanja prostora pojasa.

Obrada tla za potrebe pošumljivanja predstavlja svaki mehanički zahvat u pedosferi s ciljem stvaranja antropogenog (kulturnog) sloja tla, postizanje povoljnih vodozračnih odnosa i za biljku povoljnih mikroklimatskih uvjeta (akumulacija, konzervacija i odvodnja) te pozitivnog utjecaja na fizikalni, kemijski i biološki kompleks tla (Barčić i sur., 2012).

4. 2. 6. Odabir vrste vjetrozaštitnog pojasa

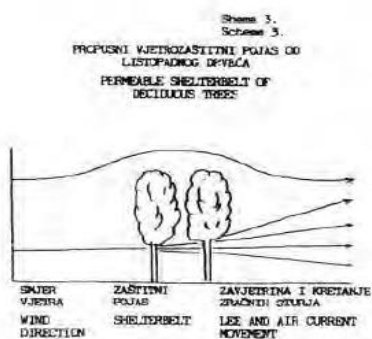
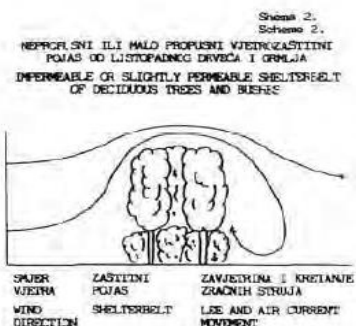
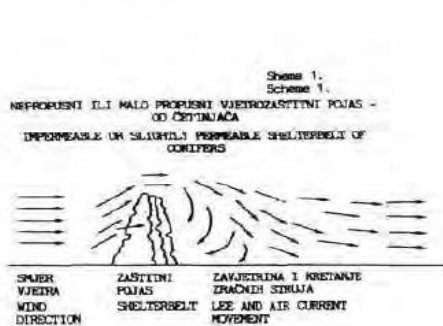
Najvažnije svojstvo vjetrozaštitnog pojasa je njegova propusnost vjetra. Gustoća vjetrozaštitnog pojasa najviše utječe na njegovu propusnost. Gustoća pojasa najviše ovisi o vrstama od kojih je pojas osnovan, obliku i formi vjetrozaštitnog pojasa te razmacima sadnje prilikom osnivanja pojasa.

Postoje 3 glavne vrste vjetrozaštitnih pojasa s obzirom na njihovu propusnost (Tomašević, 1996.) Prema istom autoru postoje nepropusni pojas, polupropusni pojas i propusni pojas.

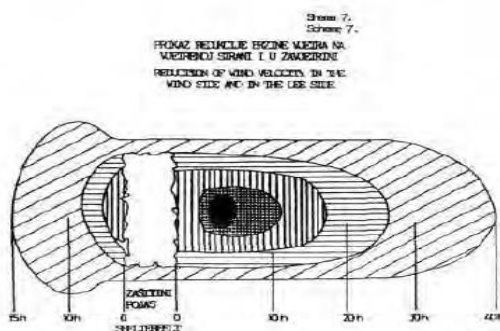
Nepropusni i malopropusni pojasi uzrokuju velike turbulencije u zavjetrini i zaštita od vjetra je na kratkoj udaljenosti od pojasa. U principu nepropusne pojaseve koji se ponašaju poput zida treba izbjegavati, osim kada to traže prilike na terenu i kada to ima opravdanje glede bržeg rasta i brzog postavljanja pojasa u funkciju.

Kod polupropusnog pojasa zračne struje dijele se u dva smjera. Jedan dio prelazi preko vrha pojasa i ponaša se kao kod nepropusnog pojasa, dok drugi dio prolazi kroz sami pojas, između stabala, granja, lišća i djeluje kao aerodinamička rešetka. Ovo strujanje odbacuje vihor, zračni valjak, koji se stvara na zavjetrinoj strani pojasa, uslijed čega zračni valjak, vihor, slabi i spušta se prema zemljištu na većoj udaljenosti u odnosu na nepropusni pojas.

Kod propusnog pojasa dio zračnih masa prolazi većom brzinom između debala ispod krošanja drveća i na zavjetrinoj strani djeluje poput difuzora. Na taj način se strujanje zračnih masa povećava, a brzina vjetra opada. Ovo strujanje odbacuje vihor, zračni valjak, od površine tla i štiti zemljište od ispuhivanja. Smatra se da propusni pojasevi osiguravaju najveću širinu područja zaštićenog utjecaja.



Slika 6. Shematski prikaz vrsta vjetrozaštitnih pojaseva (Tomašević, 1996)



Slika 7. Shematski prikaz vrsta vjetrozaštitnih pojaseva (Tomašević, 1996)

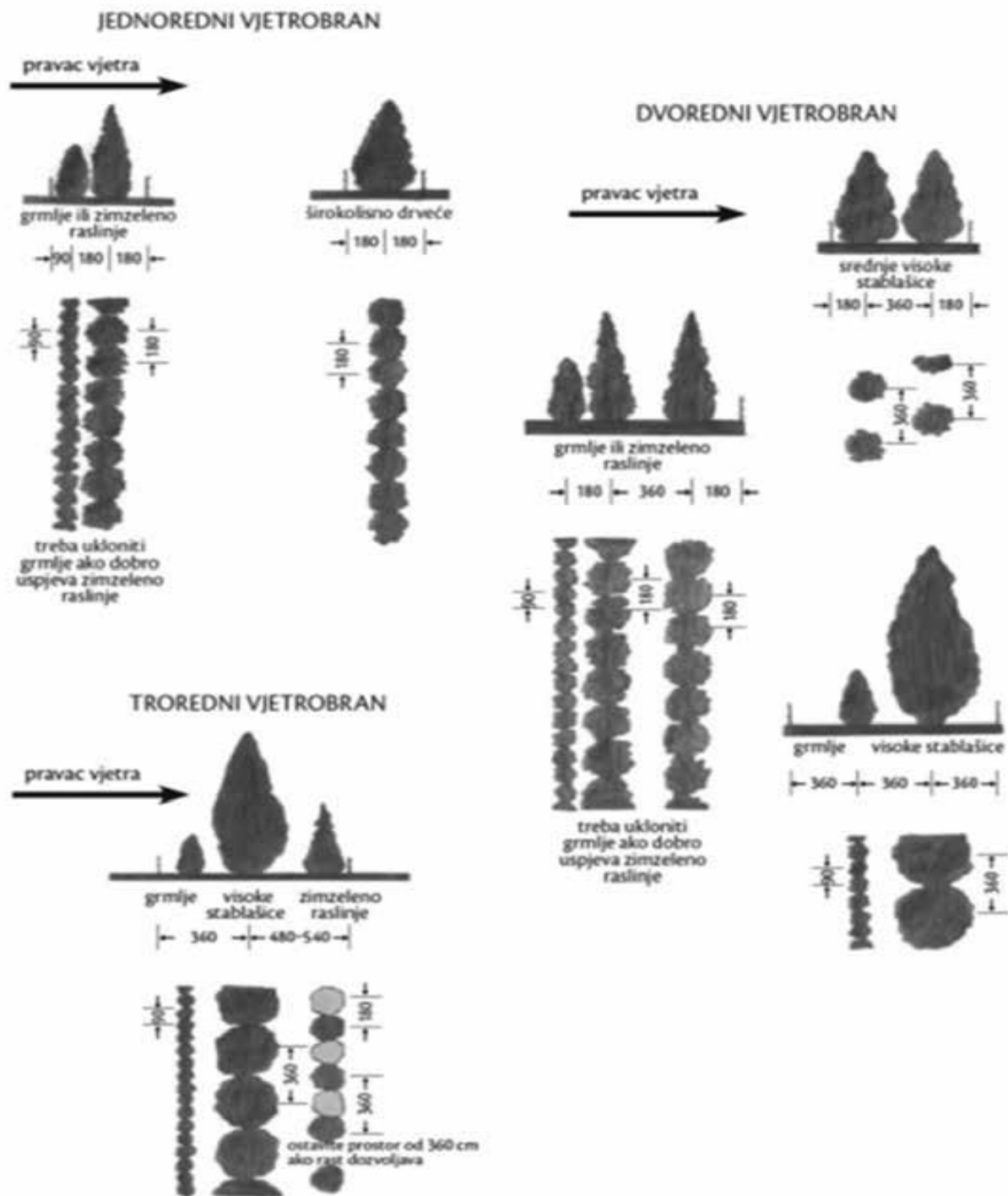
4. 2. 7. Prostorni raspored i dimenzioniranje vjetrozaštitnih pojaseva

Prilikom podizanja vjetrozaštinog pojasa vrlo je bitno obratiti pažnju na prostorni raspored biljaka kojima se vrši osnivanje pojasa. Vjetrozaštitni pojasevi se sade u redovima pa stoga potrebno je voditi računa o razmacima između biljaka u redovima i razmacima između redova.

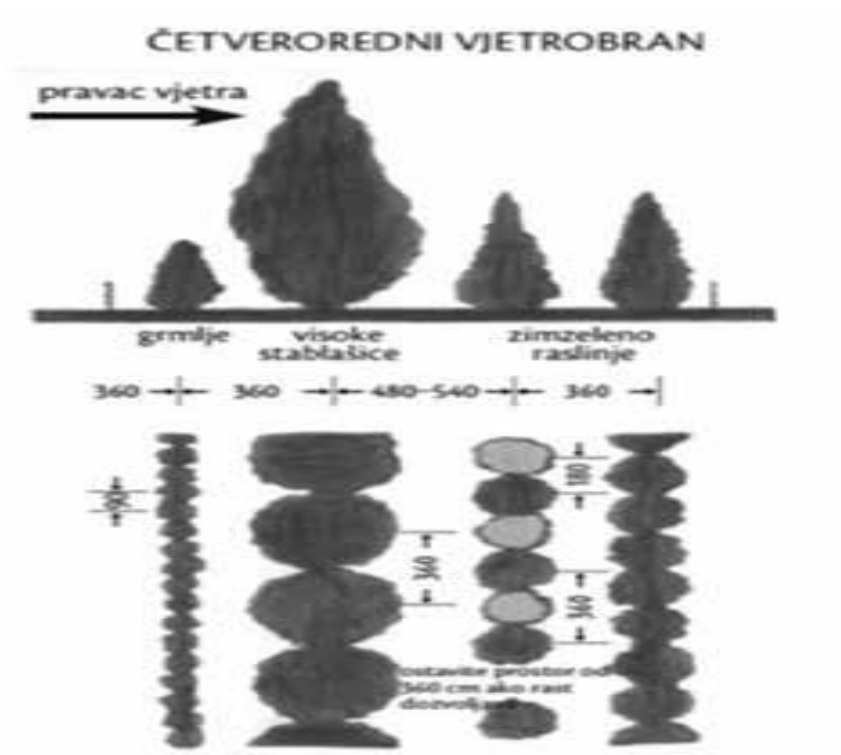
Odnos funkcionalnosti i zauzimanja proizvodne površine ili površine na kojoj se obavlja određena ljudska djelatnost vrlo je bitan prilikom određivanja dimenzija pojasa, prostornog rasporeda biljaka u pojasu. (Rapajić, 1959) Navedeni autor u svo mradu iznosi najkorištenije i najfunkcionalnije primjere dimenzioniranja pojasa odnosno razmaka biljaka u redovima i razmaka između redova. U dimenzioniranje pojasa spada i određivanje broja redova u zaštitnom pojasu, najčešći i najoptimalniji brojevi redova su od 1 -5 redova u jednom zaštitnom pojasu ovisno o biljnim vrstama koje se sade.

Smatra se da je najbolji razmak između redova 1, 5 m do 4 m. Upotrebom što manjeg razmaka između redova postiže se što ranije zatvaranje sklopa, stvaranje zasjene i što manje potrebe za njegom. S povećanjem razmaka između redova povećava se vrijeme formiranja sklopa i produljuje razdoblje njege. Razmak između redova ovisi i o vrstama koje se sade i njihovim zahtjevima za svjetlošću i mogućnošću podnošenja zasjene. Prilikom određivanja razmaka između redova treba voditi računa o načinu provođenja poslova njege. Ako se njega vrši strojno potrebno je širinu redova prilagoditi mehanizaciji koja će vršiti njegu.

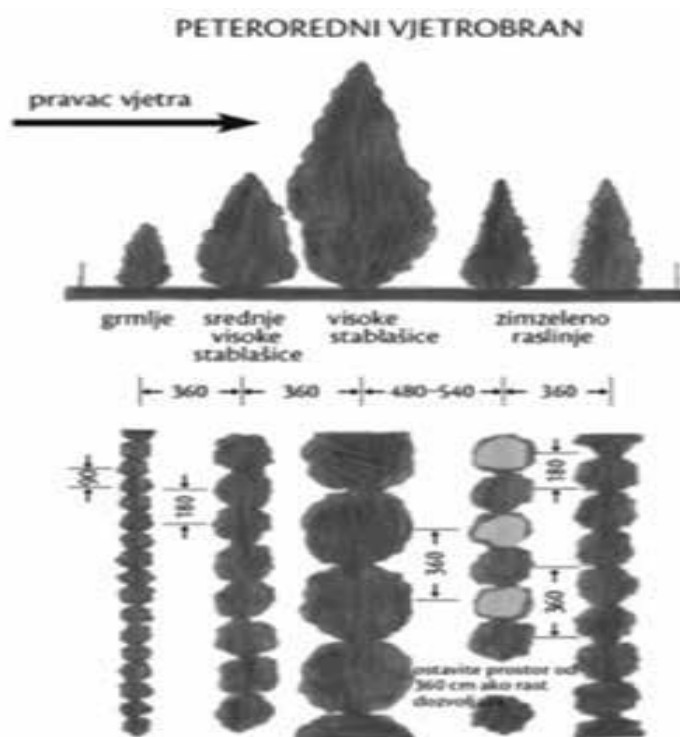
Prema (Rapajić, 1959) autoru razmak između biljaka u jednom redu najprije ovisi o biljnoj vrsti koja se sadi, njezinim ekološko – stanišnim zahtjevima, a zatim o vrsti zaštitnog pojasa koji se podiže. Razmakom između biljaka u redu regulira se gustoća pojasa, a samim time i propusnost. Na temelju odabrane biljne vrste i odabranog tipa propusnosti određuju se razmaci između biljaka u redu. Najčešći razmaci između biljaka u redu iznose od 0. 70 m do 2 m (Zlatarić, 1949)



Slika 8. Shematski prikaz jednorednog, dvorednog i trorednog pojasa (Kisić, 2012)



Slika 9. Shematski prikaz četverorednog vjetrozaštitnog pojasa (Kisić, 2012)



Slika 10. Shematski prikaz petorednog vjetrozaštitnog pojasa (Kisić, 2012)

4. 3. Princip djelovanja vjetrozaštitnog pojasa

Samo djelovanje i učinkovitost vjetrozaštitnog pojasa ovisi o značajkama, ranije navedenih, vjetrozaštitnog pojasa. Postoje istraživanja, (Bodrov i Zepalov, Bates, Pjatnicki), kojima se htjelo spoznati koliko je stvarno djelovanje vjetrozaštitnog pojasa, odnosno na kojoj udaljenosti, s obzirom na visinu vjetrozaštitnog pojasa, možemo očekivati povoljan utjecaj vjetrozaštitnog pojasa. U istraživanjima mjerile su se brzine vjetra na ulasku u zaštitni pojas, na izlazu iz pojasa te na različitim udaljenostima na zavjetrini. Takvim mjerenjima saznalo se na koliko maksimalnu udaljenost pojas pruža zaštitu branjenom području.

Različiti autori u svojim istraživanjima su dobili različite vrijednosti udaljenosti pružanja zaštite vjetrozaštitnog pojasa. Tomašević (1996) u svom radu uspoređuje rezultate istraživanja više autora. Matematičkom formulom ($x = 2,5 \times H_2$) dobiveni su podaci u tablici 3.

Tablica 3. Ovisnost duljine zaštićene površine o visini vjetrozaštitnog pojasa

Visina vjetrozaštitnog pojasa	Dužina zaštićene površine
3.0 m	22.5 m
5.7 m	81.225 m
6.0 m	90.0 m
9.0 m	202.5 m

Zaštićenu površinu karakterizira smanjena brzina vjetra u odnosu na onu na ulazu u vjetrozaštitni pojas. Kako su se mjerile brzine vjetra na ulasku i izlazu vjetra iz zaštitnog pojasa dobiven je matematički model dužine zaštićene površine.

Tomašević (1996) spominje kut upada vjetra kao bitan parametar pri formiranju zaštitnog pojasa. provedeno je istraživanje na 25 visina udaljesnosti od zaštitnog pojasa i dobiveni su sljedeći podaci postotka brzine vjetra u zaštićenoj površini u odnosu na ravnu površinu.

Tablica 4. Postotak brzine vjetra zaštićene površine od brzine vjetra na otvorenom ovisno o kutu upada vjetra

Kut upada vjetra	Postotak brzine vjetra
90°	54 %
68°	63 %
45°	80 %
23°	95 %

Iz navedenog proizlazi da je brzina vjetra više reducirana što je kut upada veći, odnosno da se pojasevi ne bi smjeli postavljati pod kutem manjim od 68° u odnosu na kut upada vjetra.

Pomoću ovih saznanja došlo se je do nekoliko bitnih stvari koje su potrebne prilikom osnivanja vjetrozaštitnog pojasa. Kada vjetrozaštitne pojaseve podižemo na neravnom terenu s uzvišenjima, zaštitni pojas se postavlja na samoj uzvisini okomito na pravac vjetra. Na taj način postizemo kut uzvisine na kojoj se pojas nalazi i vjetar se usmjerava vertikalno u zrak. Na taj način smanjena su turbulentna kretanja zračnih masa, a vjetar se spušta na većoj udaljenosti od zaštitnog pojasa, nego kada je teren ravan. Želimo li smanjiti turbulentna stanja u zavjetrini, kretanje zračnih masa, pojasevi se izvode na način da se biljke sade u etažama. Na taj način dobivamo postupno uzvišenje od tla do vrha zaštitnog pojasa (Tomašević, 1996)

Najvažnija svrha vjetrozaštitnog pojasa ogleda se u reduciranju brzine vjetra koji jednim dijelom prolazi kroz zaštitni pojas. Vjetar gubi brzinu prolaskom kroz pojas te postepeno prolaskom kroz zavjetrinu ponovo povećava brzinu.

4. 4. Primjeri vjetrozaštitnih pojaseva u Hrvatskoj

U prvoj polovici 20 – og stoljeća velika pažnja se pridavala vjetrozaštiti, o čemu izvještava mnoštvo autora. Mnogi radovi bili su posvećeni istraživanju vjetrozaštitnih pojasa i pronalasku najboljih oblika vjetrozaštite. U posljednje vrijeme vrlo malo se pažnje posvećuje vjetrozaštiti. Zbog zanemarivanja vjetrozaštite, uglavnom zbog ekonomskog aspekta, danas imamo jako narušene vjetrozaštitne pojase. Njega i održavanje vjetrozaštitnih pojasa je vrlo bitno, no tome se je pridavalo premalo pažnje. Vjetrozaštitni pojasevi su za lokalno stanovništvo bili izvor ogrjevnog drva što je također narušilo stanje podignutih vjetrozaštitnih pojasa. Podizanje vjetrozaštitnih pojasa u Hrvatskoj najčešće je bilo na individualnoj razini bez prethodno osmišljenog plana. Svega nekoliko primjera pokazuje plansko sađenje i podizanje vjetrozaštitnih pojasa, ali zbog zanemarivanja i manjka njege i održavanja danas imamo vjetrozaštitne pojase kakve imamo. Plansko sađenje i podizanje vjetrozaštitnih nasada u Hrvatskoj ipak je karakteristično za zaštitu prometnica od vjetra. Uz pojedine lokalne ceste i autoceste postoje vjetrozaštitni pojasevi koji pružaju adekvatnu zaštitu.

4. 4. 1. Vjetrozaštita Sinjskog polja

Tomašević (1996) u svom radu iznosi pregled podignutih vjetrozaštitnih pojasa na području Sinjskog polja, njihovo tadašnje stanje i razmatra mjere i metode poboljšanja pojaseva. Za Sinjsko polje karakteristični vjetrovi su bura i jugo, ti vjetrovi mogu imati veliku razornu moć i njihovim štetnim djelovanjem dolazi do mehaničkih oštećenja kultura koje se uzgajaju na Sinjskom polju, također veliku prijetnju predstavlja eolska erozija. 30- ih godina prošlog stoljeća zbog sve većih šteta podignuti su vjetrozaštitni pojasevi kako bi se umanjilo štetno djelovanje vjetra, odnosno kako bi se postigla adekvatna vjetrozaštita. Vjetrozaštitni pojasevi osnivali su se samo jednom biljnom vrstom i to crnom topolom klon I 214 (*Populus nigra*). Takva vrsta uzgaja se u ophodnjama 20 – 25 godina i u takvoj ophodnji ova vrsta pruža kvalitetnu zaštitu od vjetra. Zbog zapuštanja pojasa, nebrige oko rasta i razvoja, manjka ili čak nikakve njege Tomašević (1996) izvještava o katastrofalnom stanju zaštitnih pojasa. Većina pojasa crne topole debelo je prešla ophodnju i pojedini pojasevi imaju starost od 60 godina. U toj dobi stabla topole odumiru i narušenog su fiziološkog stanja. Zbog manjka njege, nepoštivanja ophodnje, ilegalne krađe lokalnog stanovništva vjetrozaštitni pojasevi ne ispunjavaju svoju funkciju i potrebno je reakcijsko djelovanje i podizanje novih zaštitnih pojasa kako bi se uspostavila pravilna i optimalna vjetrozaštita. Najveći problem vjetrozaštitnih pojasa Sinjskog polja je odabir pogrešne vrste u takvim nasadima. Sinjsko polje prema DHMZ – u najveće djelovanje vjetra odvija se u zimskim mjesecima kada stabla topole gube svoju lisnu površinu i ne mogu zadovoljavati potrebe vjetrozaštite. Na takvim područjima javlja se potreba za biljnim vrstama koje ne gube lisnu površinu zimi. Tomašević (1996) donosi pregled poboljšanja vjetrozaštite kroz sadnju novih zimzelenih vrsta u mješovitim nasadima s listopadnim vrstama. Već u samom početku bilo je vidljivo kako je preživljavanje u prvim godinama odlično preko 95 %. Svojim bujnim rastom i pogođenom biljnom vrstom, već nakon prvih nekoliko godina takvi pojasevi pružaju zaštitu od vjetra. Pogođene su biljne vrste, tip vjetrozaštitnog pojasa je pogođen, preostaje jedino pravilno

provođenje njege i održavanje nasada kako bi u budućnosti mogli pružati ono što se od njih očekuje.

Tablica 5. Popis vrsta korištenih u podizanju vjetrozaštitnih pojaseva (Tomašević, 1996)

Cupressus sempervirens	Cupressus arizonica	Pinus nigra
Cedrus atlantica	Abies cephalonica	Pinus halepensis
Sequoia gigantea	Fraxinus excelsior	Fraxinus angustifolia
Salix alba	Taxodium distichum	Alnus glutinosa
Quercus robur	Quercus petraea	Celtis australis

4. 4. 2. Vjetrozaštita Čepić polja

U Hrvatskoj se vrlo malo pažnje daje vjetrozaštiti i njenom održavanju, tek kada nastanu velike štete od djelovanja vjetra postavljaju se pitanja o vjetrozaštiti. Jedno takvo štetno djelovanje vjetra dogodilo se na Čepić polju 2012. godine kada je došlo do eolske erozije koja je prema istraživanju Kisića (2012) svojom količinom odnešenog materijala zaprepastila mnoge i nanijela znatne ekološke i finacijske štete. Kišić izvještava kako je prosječno odnosšenje čestica tla vjetrom iznosilo 25 do 30 kg / m², odnosno 175 / 225 tona/ ha ili 0.50 – 0.60 m³ tla / m².

Nakon toliko intenzivne eolske erozije Kisić je donio pregled vjetrozaštite na Čepić polju. Stanje na terenu pokazivalo je katastrofalno stanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada. Vjetrozaštita na Čepić polju podizana je različitim klonovima crne topole (*Populus nigra*) u 50 – im godinama prošlog stoljeća. Klonovi crne topole najbolju vjetrozaštitu pružaju kada se uzgajau u ophodnji od 25 – 30 godina, a prosječna starost na terenu iznosila je 60 godina. U takvim pojasiima vidno je oslabljena fiziološka moć stabala što utječe na njihov vanjski izgled, postupnim odumiranjem grana i cijelih stabala. Takva stabla nisu u mogućnosti pružiti adekvatnu zaštitu i smjesta je potrebno napraviti konverziju vrste drveća i podići nove vjetrozaštitne nasade ako želimo uspostaviti pravilnu vjetrozaštitu kako se više eolska erozija ne bi pojavljivala u ovakvom obujmu.



Slika 11. Primjer lošeg vjetrobranog pojasa na Čepić polju (Kisić, 2012)

Kao rješenje problema loše vjetrozaštite Kišić na sličan način kao Tomašević (1996) donosi plan za poboljšanje trenutnog stanja vjetrozaštitnih nasada. Rješenje vidi u potpunoj konverziji vrsta drveća i sadnji mješovitih nasada od zimzelenih i listopadnih vrsta kako bi nasadi osigurali cijelogodišnju zaštitu od štetnog djelovanja vjetra. Biljne vrste koje bi se trebale koristiti u osnivanju takvih nasada navedene su u tablici 2.

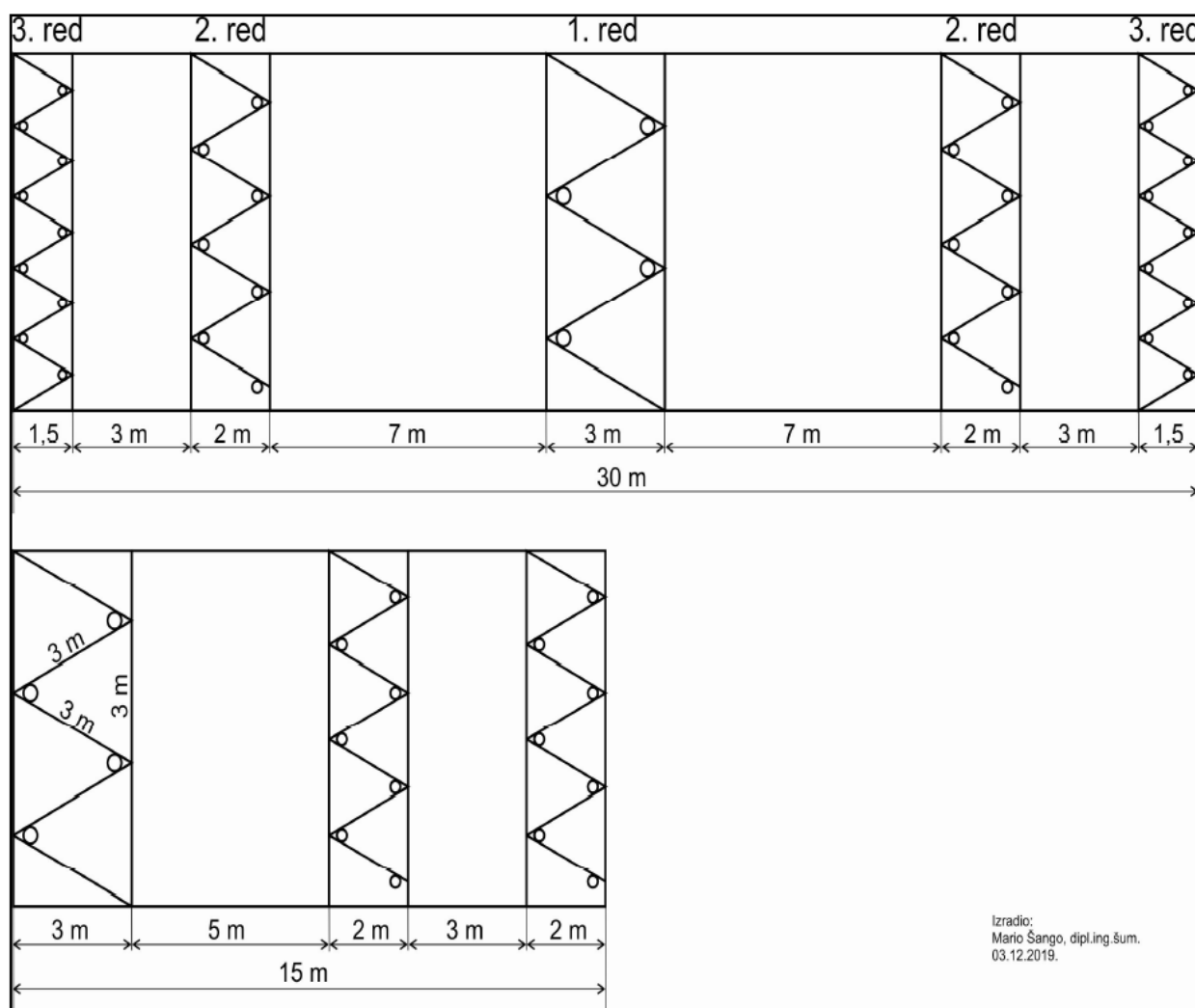
4. 4. 3. Vjetrozaštita trase autoceste A1 na dionici tunel sv.Rok-Maslenica

Primjer pravilnog pristupa osnivanju i podizanju vjetrozaštitnog pojasa odnosi se na vjetrozaštitu navedene trase autoceste. Podizanju svakog oblika vjetrozaštite trebala bi prethoditi izrada plana i programa odnosno izrada idejnog rješenja za pružanje zaštite od vjetra. Takav plan izradili su Barčić, Španjol i Šango (2019). Takav plan sadrži podatke o području podizanja nasada, donosi moguća rješenja i oblike vjetrozaštite te ekonomski pregled, isplativost podizanja vjetrozaštite. Takav znanstveni pristup trebao bi biti uobičajen za podizanje vjetrozaštitnih pojasa i nasada jer samo kvalitetnim pristupom potkrijepljenim stvarnim stanjima na terenu može uroditi kvalitetnom i funkcionalnom vjetrozaštitom.

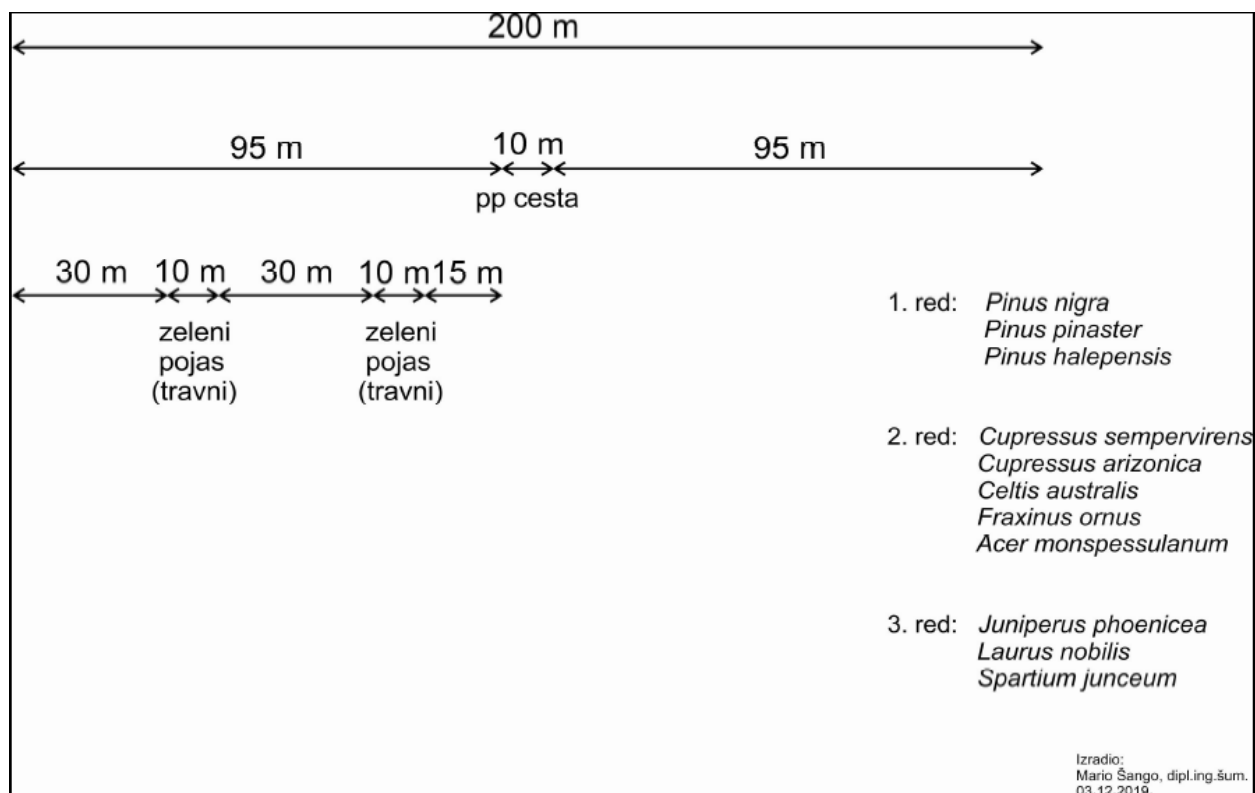
Trasa autoceste A1 sv. Rok – Maslenica najpoznatija je trasa autoceste što se tiče snažnih udara bure. Baš na toj dionici izmjereni su najveći udari bure u Hrvatskoj. Nepredvidivost bure i njezina razorna snaga uvelike utječu na odvijanje prometa tom trasom. To područje karakteriziraju teški uvjeti za nastanak prirodne vegetacije. Znanjima šumarske struke i poznavanjem prirodnih zakonitosti cilj je bio odrediti najbolji oblik podizanja vjetrozaštitnog pojasa na toj dionici autoceste.

Primjer kvalitetno izrađenog projekta podizanja vjetrozaštitnog pojasa: U zoni postavljanja vjetrobranog pojasa od 200 m, sredinom pojasa prolazi protupožarna cesta (širine 10m). S lijeve i desne strane od te ceste je 95 m predviđeno za podizanje pojasa. Projektom se predviđa podizanje četiri petoredna pojasa svaki širine 30 m i dva troredna pojasa svaki širine 15 m. Razmak između pojasa je 10 m. Unutar razmaka između pojasa od 10 m ostavlja se zeleni;

zatravljeni dio s eventualnom sadnjom smilja. Razmak sadnica u prvom redu pojasa je 3x3 metra, a gustoća sadnje 3333 sadnice po hektaru. Omjer sadnog materijala je 60% crnoga bora, 20% alepskog bora i 20% primorskog bora. Razmak sadnica u drugom redu pojasa je 2x2 metra, a gustoća sadnje 5000 sadnica po hektaru. Omjer sadnog materijala je 35% običnog čempresa i 35% arizonskog čempresa, te po 10% koprivića, crnog jasena i maklena. Razmak sadnica u trećem redu petorednog pojasa je 1,5x1,5 metara, a gustoća sadnje je 6.666 sadnica po hektaru. Omjer sadnog materijala je 40% primorskesomine i 40% lovora, te 20% brnistre. U trorednom pojasu razmaci sadnje u prvom i drugom redu su isti, a razlika je u trećem redu gdje je razmak 2x2 metra. Visine sadnog materijala su od 20 do 50 cm (Barčić, Španjol, Šango, 2019)



Slika 12. Razmaci i plan postavljanja vjetrobranih pojasa (Barčić, Španjol, Šango, 2019)



Slika 13. Širina zaštitnog pojasa i raspored vjetrozaštitnog pojasa (Barčić, Španjol, Šango, 2019)

4. 4. 4. Analiza troškova podizanja vjetrozaštitnih pojasa u Hrvatskoj

Poslovi podizanja vjetrozaštitnih pojaseva mogu se poistovjetiti s poslovima pošumljivanja, stoga će analiza troškova biti okrenuta analizi troškova pošumljivanja.

U Hrvatskoj su troškovi pošumljivanja svedeni na pripremu staništa, proizvodnju sadnica, transport sadnica kao i na samu sadnju. Kako je Hrvatska jako razvedena zemlja, troškovi pošumljivanja i pripreme staništa mogu jako varirati, pogotovo u teže pristupačnim područjima ili ako je u samom procesu pošumljivanja potreban poseban postupak koji zahtijeva dodatne troškove.

Prema šumsko – odštetnom cjeniku Hrvatskih šuma (2015.) u sljedećim tablicama prikazan je troškovnik podizanja sastojina prema vrstama drveća koja se u Hrvatskoj najčešće koriste za podizanje vjetrozaštitnih pojasa.

Tablica 6. Troškovi podizanja kulture smreke (*Picea abies*)

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Trošak kn/ha
Priprema staništa – ručno	7 rd/ha	ručno-strojni rad	4.340
Postavljanje zaštitne ograde	1 km/20.111 kn	125 m/ha	2.517
Sadnja sadnog materijala – sadnice ob. korijena	26 Nd/ha	2.500 kom./smreka	24.842
Popunjavanje sadnjom sadnica	20% površine	500 kom./smreka	4.968
Njega pomlatka	8 Nd/ha	rad ručnim alatom	4.286
Njega mladika	6 Nd/ha	motorna pila/lakša	3.215
Čišćenje sastojina	4 Nd/ha	motorna pila/lakša	2.143
Njega orezivanjem grana	12 Nd/ha	rad ručnim alatom	7.452
Trošak podizanja kultura smreke I dobni razred (sadnja sadnica)			53.763
Uređivanje šuma/revizija + obnova Osnove	2 godine	101 kn/ha	202
Čuvanje šuma	20 godina	52 kn/ha	1.040
Sveukupno troškovi podizanja I dobni razred/do 20 godina			55.005

Tablica 7. Trošak podizanja kulture crnog bora (*Pinus nigra*)

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Trošak kn/ha
Priprema staništa – ručno	15 rd/ha	ručno-strojni rad	12.200
Priprema strojno/riperanje	1,2500 sd/ha	stroj + priključak	6.500
Postavljanje zaštitne ograde	1 km/20.111 kn	125 m/ha	2.517
Sadnja sadnog materijala – sadnice ob. korijena	20 Nd/ha	3.000 kom./cr. bor	24.842
Popunjavanje sadnjom sadnica	20% površine	600 kom./ cr. bor	4.968
Njega borovih kultura (njega + okopavanje)	22,65 Nd/ha	rad ručnim alatom	14.172
Njega orezivanjem grana	12 Nd/ha	rad ručnim alatom	7.452
Suzbijanje biljnih štetnika	5 Nd/ha	ručni rad	2.265
Zaštita od biljnih bolesti i	0,2000 sd/ha	900 kn/ha × 2	1.800
Trošak podizanja kultura borova I dobni razred (sadnja sadnica)			76.716
Uređivanje šuma/revizija + obnova Osnove	2 godine	101 kn/ha	202
Čuvanje šuma	20 godina	52 kn/ha	1.040
Sveukupno troškovi podizanja I dobni razred/do 20 godina			77.958

Tablica 8. Trošak podizanja kulture primorskog bora (*Pinus pinaster*)

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Trošak kn/ha
Priprema staništa – ručno	15 rd/ha	ručno-strojni rad	12.200
Priprema strojno/riperanje	1,2500 sd/ha	stroj + priključak	6.500
Postavljanje zaštitne ograde	1 km/20.111 kn	125 m/ha	2.517
Sadnja sadnog materijala – sadnice	12,79 Nd/ha	1.000 kom./pr. borovi	12.165
Popunjavanje sadnjom sadnica	20% površine	200 kom./ pr. borovi	2.516
Njega borovih kultura (njega + okopavanje)	22,65 Nd/ha	rad ručnim alatom	14.172
Njega orezivanjem grana	12 Nd/ha	rad ručnim alatom	7.452
Suzbijanje biljnih štetnika mehanički	5 Nd/ha	ručni rad	2.265
Zaštita od biljnih bolesti i štetnika	0,2000 sd/ha	900 kn/ha × 2	1.800
Trošak podizanja kultura borova I dobni razred (sadnja sadnica)			61.587
Uređivanje šuma/revizija + obnova Osnove	2 godine	101 kn/ha	202
Čuvanje šuma	20 godina	52 kn/ha	1.040
Sveukupno troškovi podizanja I dobni razred/do 20 godina			62.829

Tablica 9. Troškovi podizanja kulture topole (*Populus sp.*)

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Trošak kn/ha
Priprema staništa – ručno	7 rd/ha	ručno-strojni rad	4.235
Priprema staništa – kemijski	0,1666 sd/ha	traktor + atomizer	858
Priprema staništa – strojno	1,2500 sd/ha	buldozer	6.229
Postavljanje zaštitne ograde	1 km/110.709 kn	125 m/ha	13.838
Sadnja sadnog materijala	6,82 rd/ha	273 kom./topola	18.824
Međuredna njega strojno	1 sd/ha	rotošjekač	1.690
Njega kultura okopavanjem	3 Nd/ha	rad ručnim alatom	2.100
Njega orezivanjem grana	5 Nd/ha	rad ručnim alatom	3.468
Zaštita od biljnih bolesti i štetnika	0,1666 sd/ha	900 kn/ha × 2	1.800
Trošak podizanja kultura topola I dobni razred (sadnja sadnica)			53.042
Uređivanje šuma/revizija + obnova Osnove	2 godine	101 kn/ha	202
Čuvanje šuma	20 godina	52 kn/ha	1.040
Sveukupno troškovi podizanja I dobni razred/do 20 godina			54.284

Tablica 10. Troškovi podizanja kulture vrbe (*Salix sp.*)

Rad – tehnologija	Normativ	Rad/jed. mj./količina	Trošak kn/ha
Priprema staništa – ručno	7 rd/ha	ručno-strojni rad	4.235
Priprema staništa – kemijski	0,1666 sd/ha	traktor + atomizer	858
Priprema staništa – strojno	1,2500 sd/ha	buldozer	6.229
Postavljanje zaštitne ograde	1 km/110.709 kn	125 m/ha	13.838
Sadnja sadnog materijala	6,82 rd/ha	273 kom./topola	18.824
Međuredna njega strojno	1 sd/ha	rotošjekač	1.690
Njega kultura okopavanjem	3 Nd/ha	rad ručnim alatom	2.100
Njega orezivanjem grana	5 Nd/ha	rad ručnim alatom	3.468
Zaštita od biljnih bolesti i štetnika	0,1666 sd/ha	900 kn/ha × 2	1.800
Trošak podizanja kultura topola I dobni razred (sadnja sadnica)			53.042
Uređivanje šuma/revizija + obnova Osnove	2 godine	101 kn/ha	202
Čuvanje šuma	20 godina	52 kn/ha	1.040
Sveukupno troškovi podizanja I dobni razred/do 20 godina			54.284

4. 5. Primjeri vjetrozaštitnih pojasa u svijetu

U svijetu se mnogo više pažnje pridavalo podizanju vjetrozaštitnih pojasa i nasada, nego u Hrvatskoj. Mnogi autori pišu o načinima i provođenjima istraživanja nad vjetrozaštitnim pojaseima (Brandle, Vacek, Bender, Bicknel..)

U slijedećih nekoliko poglavlja biti će prikazan pregled primjera podizanja vjetrozaštitnih pojaseva u svijetu prema stranim autorima.

4. 5. 1. Vjetrozaštitni pojasevi u SAD- u

U SAD –u veliku pažnju pridaju podizanju vjetrozaštitnih pojasa. Stručnjaci američkog agrošumarstva izvršili su mnogo istraživanja o načinu funkcioniranja vjetrozaštitnih pojasa. Pojedine američke regije imaju puno problema sa štetnim djelovanjem vjetra i prinuđeni su provoditi zaštitu od štetnog djelovanja vjetra. Brandle (1988) izdaje knjigu *Windbrake technology* u kojoj donosi rezultate više provedenih istraživanja i na temelju njih donosi prijedloge za poboljšanje zaštite od vjetra. Na temelju istraživanja Brandlea i njegovih suradnika u SAD – u je podignuto mnogo vjetrozaštitnih pojasa koji vrlo učinkovito obavljaju svoju funkciju.



Slika 14. Primjer višerednog zaštitnog pojasa u SAD-u (USDA - National agroforestry center)



Slika 15. Primjer vjetrozaštitnog pojasa uz prometnicu, SAD (USDA - National agroforestry center)

4. 5. 2. Vjetrozaštitni pojasevi u Australiji

Australija je tijekom druge polovice 20 – og stoljeća imala velike probleme u poljoprivredi izazvane štetnim djelovanjem vjetra. Najveći problem australske poljoprivrede predstavljala je eolska erozija. Zbog strukture tala i manjka vlažnosti australski tipovi tala spadaju u vrlo rizičnu skupinu kojoj prijeti eolska erozija. Tim australskih znanstvenika (Cleugh i sur., 2002) potaknut potrebama zaštite od vjetra donosi nacionalni program podizanja vjetrozaštitnih pojasa. U takvom programu obrađena su mnoštva istraživanja i dovedeni planovi i programi kako i na koji način poboljšati zaštitu od štetnog djelovanja vjetra. U tom nacionalnom programu dolaze do zaključka kako podizanje vjerozaštitnih pojaseva i nasada imam višestruku korist za ekosustav i čovjeka i kao takvi trebalo bi ih koristiti što je više moguće u skladu s nacionalnim program zaštite od vjetra.

4. 5. 3. Vjetrozaštitni pojasevi u Japanu

Ako je jedna država poznata po vjetrozaštitnim pojasevima onda je to Japan. Najpoznatiji i najveći sustav vjetrozaštitnih pojaseva je na otoku Hokaidu u blizini grada Nakashibetsu. Na tom području zbog učestalih problema nastalih djelovanjem vjetra japanske vlasti su naredile podizanje vjetrozaštitnih pojaseva. Pravokutnu mrežu ovih nasada karakterizira širina pojasa od 180 m i ukupna duljina svih pojaseva od 643 km. Glavnu vrstu u ovim nasadima čini japanski ariš (*Larix kaempferi*). Posebnost sustava ovih nasada je što je vidljiv iz svemira. Posebnost ovih nasada nije samo u estetici, već i u svojoj funkcionalnosti pružanja zaštite od vjetra, snijega i niskih temperatura. Ova japanska regija odlikuje se intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom, a vjetrozaštitni pojasevi uvelike utječu na povećani prinos.



Slika 16. Satelitski snimak sustava vjetrozaštitnih pojaseva, Japan (NASA, 2006)

4. 5. 4. Vjetрозаštitni pojasevi u Češkoj

Postoji nekoliko radova čeških znanstvenika koji su istraživali problematiku podizanja i osnivanja vjetрозаštitnih pojaseva. (Vacek i sur., 2018), (Stredova i sur., 2013) navedeni autori istraživali su učinkovitost vjetрозаštitnih pojaseva s obzirom na njihovu optički procijenjenu gustoću i poroznost. Svojim radovima dokazali su višestruku korisnost vjetрозаštitnih pojaseva i donjeli su planove za podizanje vjetрозаštitnih pojaseva u Češkoj. Glavne smjernice tih planova bile su u točnom odabiru biljne vrste, pravilnom odabiru prostornog rasporeda i pravovremenoj njezi i održavanju takvih nasada. Svojim istraživanjima potaknuli su podizanje i osnivanje novih vjetрозаštitnih nasada, ali i održavanje i njegu već postojećih.



Slika 17. Primjer vjetрозаštitnog pojasa uz poljoprivrednu kulturu, Češka (LESYČR)

4. 6. Sekundarne usluge i korisnosti vjetrozaštitnih pojasa

Primarna funkcija vjetrozaštitnih pojasa je zaštita od štetnog djelovanja vjtrta. Različiti autori u svojim radovima navode i sekundarne funkcije i pozitivne utjecaje vjetrozaštitnih pojaseva na ostale ekosustave i obavljanje ljudskih djelatnosti. Tako Brandle (2009) navodi pozitivne utjecaje poput regulacije mikroklimatskih uvjeta, sunčeve radijacije, temperature tla, održavanje optimalne vlažnosti tla, reguliranje evaporacije, pružanje zaklona i staništa divljim životinjama, zaštite od snijega. Kisić (2012) navodi kako vjetrozaštitni pojasevi utječu na povećanje prinosa u poljoprivrednim kulturama. Postoji i mogućnost povezivanja osnivanja vjetrozaštitnih pojaseva s lovnim gospodarenjem gdje bi vjetrozaštitni pojasevi ujedno predstavljali i remize za divljač. Vjetrozaštitni pojasevi su ujedno i izvor sirovine drva što osigurava dodatne prihode. Pojasevi svojim djelovanjem doprinose biološkoj raznolikosti ekosustava.

4. 6. 1. Utjecaj vjetrozaštitnih pojasa na elemente klime

Zaštitni pojasevi osim što smanjuju snagu vjetra, znatno utječu i na elemente klime. Tako, na primjer, utječu na temperaturu zraka i tla, na vlagu zraka, na akumulaciju vlage tijekom otapanja snijega. Kada puše vjetar, temperatura zraka u zaštićenom prostoru je u prosjeku veća za 0,2 do 1,4 C°. Kada puše topli vjetar temperatura zraka je za 0,3 do 0,4 C° niža, dok je ljeti za 0,1 do 2,8 C° manja u zaštićenom prostoru. Sličan odnos je i u sloju tla do dubine od 20 cm. Relativna vlaga zraka je za 2,2 do 20%, a apsolutna za 0,1 mm veća u zaštićenom prostoru. Evaporacija je u prostoru neposredno iza pojasa u zavjetrini osjetno manja, dok je evapotranspiracija veća s udaljenošću od pojasa, budući da se i brzina vjetra povećava (Tomašević, 1996). Ponekad zbog povećane vlažnosti i reducirane evaporacije mogu se stvoriti uvjeti koji pogoduju razvoju štetnih organizama za biljke u zaštitnom pojasu, ali i za biljke na poljoprivrednim površinama. Stoga je potrebno pronaći ravnotežu u regulaciji vlažnosti zraka i tla te evaporaciji (Brandle 2009). Regulirajući temperaturu i vlagu zraka vjetrozaštitni pojasevi imaju značajnu ulogu u zamrzavanju tla, ali i njegovom polaganom otapanju.

4. 6. 2. Utjecaj vjetrozaštitnih pojasa na povećanje prinosa poljoprivrednih kultura

Samim utjecajem na klimatske elemente vjetrozaštitni pojasevi osiguravaju optimalne klimatsko – stanišne uvjete za rast i razvoj poljoprivrednih kultura. Samim time vjetrozaštitni pojasevi utječu na povećanje prinosa poljoprivrednih kultura. U različitim istraživanjima na poljoprivrednim kulturama otkriveno je povećanje prinosa na zaštićenim površinama u odnosu na nezaštićene površine. Rapajić (1959) navodi rezultate ruskih istraživanja o utjecaju vjetrozaštitnih pojaseva na povećanje prinosa poljoprivrednih kultura što je vidljivo u tablici 11.

Tablica 11. Prikaz povećanja prinosa (mtc/ha) poljoprivrednih kultura s obzirom na zaštitu od vjetra (Rapajić, 1959)

Poljoprivredna kultura	Štićena kultura	Neštićena kultura	Povećanje prinosa
Ozima pšenica	23,8	16,5	7,3
Ozima raž	24,7	16,5	8,2
Jara pšenica	17,1	14,4	2,7
Zob	22,2	17,7	4,5
Suncokret	12,7	10,5	2,2
Krastavci	124	76	48
Mrkva	138	86	52
Rajčica	180	123	57
Cikla stolna	131	88	43

Iz tablice 11. vidljivo je kako su sve istraživane poljoprivredne kulture štićene vjetrozaštitnim pojasevima reagirale povećanjem prinosa u odnosu na neštićene poljoprivredne kulture. Kao mjernu jedinicu prinosa u ovoj tablici navedeni autor je koristio mtc/ ha odnosno metričku centu po hektaru što je ekvivalent 100 kg po hektaru.

4. 6. 3. Vjetrozaštitni pojasi kao remize za divljač

Veliki problem lovnog gospodarenja predstavlja trend opadanja brojnosti sitne divljači kako u svijetu tako i u Hrvatskoj. Zbog načina intenzivne poljoprivrede i promjenjenih uvjeta na poljoprivrednim površinama dolazi do vrlo male brojnosti sitne divljači. Glavni životni zahtjevi sitne divljači su dovoljna količina hrane i sklonište od predatora. Podizanjem vjetrozaštitnih pojasa ostvaruju se temeljni uvjeti za povratak sitne divljači u poljoprivredne ekosustave. Na područjima gdje je vrlo bitno vratiti sitnu divljač, osigurati zaštitu vjetra potrebno je integriranim pristupom osigurati adekvatnu zaštitu od vjetra i uz pravilan odabir biljnih vrsta i tipova vjetrozaštitnih pojasa osigurati stalan izvor hrane i zaklon vrstama sitne divljači.

Nije samo sitna divljač ovisna o zaklonu i izvoru hrane. Integriranim pristupom, uvažavajući zakonitosti lovnog gospodarenja, šumarske struke, agronomske struke moguće je osnovati vjetrozaštitne pojase koji će pružiti efikasnu zaštitu od vjetra i osigurati životni prostor i uvjete za nesmetan razvoj divljači.

5. ZAKLJUČAK

Vjetrozaštitni pojasevi najbolji su oblik zaštite ekosustava od štetnog djelovanja vjetra. Samom procesu podizanja vjetrozaštitnih pojasa prethodi: detaljno istraživanje područja na kojem se želi podići pojas, odabir tipova i vrsta pojasa, odabir biljnih vrsta, odabir tehnika i tehnologija. Razna istraživanja dolaze do zaključka kako vjetrozaštitni pojasevi nisu jednostavan oblik zaštite, već zahtjevaju integrirani pristup više znanstvenih disciplina i struka kako bi se na kraju formirao pojas koji će s najvećom učinkovitošću pružati zaštitu od štetnog djelovanja vjetra.

Postoje razlike u vjetrozaštitnim pojasi i vjetrozaštitnim nasadima. Podizanje vjetrozaštitnih nasada je skuplje od vjetrozaštitnih pojasa. Kroz primjenu vjetrozaštitnih pojasa koristi se veći broj stablašica i veći broj grmolikih vrsta što pridonosi manjem riziku od požara, ali i povećanju biološke raznolikosti. Podizanjem vjetrozaštitnih pojaseva formira se polupropusni pojas. Prednost nasada se ogleda u brzini podizanja i gustoći koja je mnogo veća nego u pojasi.

U SAD – u, Japanu, Australiji, Češkoj i još ponekim državama postoje odlični primjeri zaštite od vjetra, takav primjer trebala bi slijediti Hrvatska i naučiti mnogo o vjetrozaštitnim pojasevima.

Vjetrozaštitni pojasevi u Hrvatskoj najčešće su devastiranog stanja, narušene strukture i potrebna su velika ulaganja u njihovu obnovu kako bi mogli ispunjavati svoje funkcije. U Hrvatskoj postoje lokaliteti na kojima je primarno provesti podizanje novih vjetrozaštitnih pojasa, ali uz poštivanje struka koje daju doprinos podizanju vjetrozaštitnih pojasa i nasada

Koristi od vjetrozaštitnih pojasa i nasada su višestruke. Svojim djelovanjem na ekosustave i obavljanje ljudskih djelatnosti doprinose na mnoge načine, a ne samo ublažavanjem i zaštitom od vjetra. Integriranim pristupom uz uvažavanje prirodnih zakonitosti osnivanje i podizanje vjetrozaštitnih pojasa predstavlja najučinkovitiji način borbe protiv štetnog djelovanja vjetra. Sa sigurnošću možemo reći kako u današnje doba klimatskih promjena zaštita od štetnog djelovanja vjetra predstavlja neophodan posao u integriranoj zaštiti različitih ekosustava.

LITERATURA

1. Bajić, A. 2003: Očekivani režim strujanja vjetra na autocesti Sv. Rok (jug) – Maslenica. *Grđevinar*, vol. 55, br. 03.
2. Barčić D, Španjol Ž, Rosavec R, 2006: Uloga borovih kultura u zaustavljanju degradacije staništa na mediteranskom kršu. *Glasnik za šumske pokuse* vol. P5 s. 191.
3. Barčić D, Rosavec R, Španjol Ž, Šušnjar M. 2012: The application of undermining in the reforestation of the Mediterranean karst area. *FORMEC*.
4. Barčić D, Španjol Ž, Šango M. 2019: Izrada idejnog rješenja za podizanje vjetrobranskih nasada duž trase autoceste A1 na dionici tunel sv.Rok-Maslenica.
5. Beltram V, 1949: Šumski pojasi i pošumljavanje na pruge. *Šumarski list*. 1-2, s.3
6. Brandle J.R., Hintz D.L. and Sturrock J.W. 1988. *Windbreak Technology*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 598 pp.
7. Brandle J. R, Hodges L, Tyndall J, Sudmeyer, R. A, 2009: Windbreak practices. *American Society of Agronomy*.
8. Cleugh, H.A. 2002. Parameterising the impact of shelter on crop microclimates and evaporation fluxes. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 42:859-874.
9. Godišnji izvještaj Hrvatskih Šuma, 2015.
10. Janjiš I, 2013. Mala vertikalna vjetroelektrana. *Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb*
11. Kisić I, suradnici 2013: Erozijska tla vjetrom u Čepić polju – uzroci, posljedice i mjere ublažavanja. *Hrvatske vode* 21(2013) 81, 25 -38 str.
12. Kisić I, suradnici, 2017: Erozijska tla vjetrom. *Hrvatske vode*, 25 (2017) 99, 1 – 12 str.
13. Lebanon Deforestation Initiative (LRI) 2014: A guide to reforestation best practices.
14. Matić S, 1994. Prilog poznavanju broja biljaka i količine sjemena za kvalitetno pomlađivanje i pošumljavanje. *Š. L.* 71
15. Mitchell WK, Dunsworth G, Simpson DG, Vyse A. 1990: Seedling production and processing: container British Columbia's Forests. Vancouver, BC: University of British Columbia Press;235-253.
16. Penzar I, Penzar Branka, Orlić M. 2001: Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana. Dr. Feletar, Zagreb

17. Rapajić N. 1959: Organizacija teritorija poljoprivrednog poduzeća. Agronomski glasnik : Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, Vol. 7 No. 1-2 , 31 – 40 str.
18. Středová H, Podhrázská J, Litschmann T, Středa T, Rožnovský J. 2012: Aerodynamic parameters of windbreak based on its optical porosity. Contrib Geophys Geod 42:213-226
19. Španjol Ž, Barčić D, Rosavec R, Tomašević A, Marković N, Pokas S. 2009: Effects of pine cultures on a degraded site in the transitional submediterranean area. Glasnik za šumske pokuse vol. 43 s. 73
20. Tomašević, A., 1996: Vjetrozaštita sinjskog polja. Šumarski list. 1-2, s.19
21. Vacek Z, Vacek S, Cukor J, Kehl T. 2018: Windbreak Efficiency in Agricultural Landscape of the Central Europe: Multiple Approaches to Wind Erosion Control. Environmental management, 1 – 14.
22. Vlahoviček M, 2018: Analiza pripreme staništa za pošumljivanje. Diplomski rad, Šumarski fakulte sveučilišta u Zagrebu
23. Zlatarić B. 1949: Uloga šumarstva u borbi za povećani i stabilan prinos poljoprivrednih kultura. Šumarski list. br. 1 – 2.
24. https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska¶m=k1_8
25. <https://lesycr.cz/>
26. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146664/a-windbreak-grid-in-hokkaido>
27. <http://www.polirol.com/>
28. <https://www.usda.gov/>

