

Utjecaj Europskog zelenog plana na smanjenje onečišćenja u tekstilnoj industriji s naglaskom na oplemenjivanje tekstila

Bruna Orsag, univ.bacc.ing.techn.text.

Mislav Majdak, univ.bacc.ing.techn.text.

Tomislav Strmečki, univ.bacc.ing.techn.text.

Jana Juran, univ.bacc.ing.techn.text.

Dr.sc. **Zorana Kovačević**, mag.ing.techn.text.

Prof.dr.sc. **Sandra Bischof**, dipl.ing.

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju

Zagreb, Hrvatska

e-mail: sbischof@ttf.hr

Prispjelo: 27.12.2019.

UDK 677.011

Pregled

Rad obuhvaća globalnu problematiku smanjenja onečišćenja s naglaskom na tekstilnu industriju. Europski zeleni plan nalaže i u detalje razrađuje točke kojima bi se do 2050. godine uspjela u što većoj mjeri ukloniti onečišćenja okoliša, vode, zraka i tla. Zeleni plan jasno ističe poveznicu između kružnog gospodarstva i okoliša. Sve je više načina na koje čovjek negativno djeluje na okoliš te je bilo nužno izraditi strategiju i akcijski plan za osiguravanje nulte razine onečišćenja. Jedan od značajnih ciljeva je smanjiti iscrpljivanje šuma, voda i tla, kako bi očuvali održivi razvoj eko sustava. Problematika tekstilne industrije s gledišta smanjenja onečišćenja okoliša izuzetno je značajna s obzirom da je ona jedan od većih zagađivača. U radu su navedena najčešće primjenjiva sredstva koja uzrokuju onečišćenje, općenito i posebno u tekstilnoj industriji. Dodatno su prikazana i rješenja za čišću proizvodnju koja obuhvaćaju primjenu ekološki prihvatljivijih sredstava, uređaja i visoko učinkovitih postupaka te maksimalno iskorištenje svake sirovine sa što većim stupnjem ponovne upotrebe, recikliranja, kompostiranja, povratom energije te na kraju i pravilnim odlaganjem, odnosno odlaganjem koje ne šteti okolišu.

Ključne riječi: *Europski zeleni plan, smanjenje onečišćenja, oplemenjivanje tekstila, visoko učinkovite tehnologije*

1. Uvod

Najnoviji europski izvještaj o okolišu [1] navodi da naše blagostanje i zdrav okoliš proizlaze iz inovativnog, kružnog gospodarstva u kojem se gotovo ništa ne gubi i u kojem se prirodnim resursima upravlja na održiv način. Pri tome se štiti, vrednuje i održava bioraznolikost. Jedino se smanjenjem

razine emisije CO₂ može ostvariti sigurno i održivo globalno društvo. Europska komisija predstavila je Europski zeleni plan [2] i dala je jasni Akcijski plan sve do 2050. godine, kako bi se uklonilo onečišćenje okoliša, vode, zraka i tla do nulte razine sa svrhom zaštite europskih građana i ekosustava, ali uz istovremeno poticanje gospodarstva. Akcijski plan

uključuje očuvanje biološke raznolikosti u jezerima, rijekama i močvarnim područjima, smanjenje posebno štetnog onečišćenja uzrokovanog mikroplastikom i farmaceutskim proizvodima, smanjenje onečišćenja uzrokovanog viškom hranjivih tvari, a i upotrebom pesticida i gnojiva zahvaljujući strategiji „od polja do stola” [3]. Što se zraka tiče, važno je

preispitivanje standarda kvalitete zraka u skladu sa smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije (engl. *World Health Organization*, WHO) i pružanje potpore lokalnim tijelima u osiguravanju čisteg zraka za građane Europske Unije. Nadalje, nužno je povećavanje prevencije industrijskih nesreća i smanjenje onečišćenja iz velikih industrijskih postrojenja. Naposljetku, vrlo je važna i zaštita građana od opasnih kemikalija te se novom strategijom za kemikalije za održivost nastoji smanjiti negativan učinak na okoliš, potaknuti razvoj više održivih alternativnih rješenja, bolje povezati zdravstvenu zaštitu sa sve većom globalnom konkurentnošću te poboljšati pravila za procjenu sigurnosti tvari koje se stavljaju na tržište. Na ovaj bi se način do 2050. godine trebala postići harmonija u skladu s održivim razvojem. Sve navedene mjere za cilj imaju samo jedno, da Europa postane prvi, klimatski neutralni kontinent [4].

2. Značaj biološke raznolikosti za gospodarski razvoj

Biosfera predstavlja dio zemlje nastanjen živim bićima, a sastoji se od vodenih i kopnenih bioma čija karakteristika je biološka raznolikost. Biološka raznolikost definira se kao varijabilnost, odnosno različitost između živih organizama. Ta raznolikost uključuje razlike unutar vrsta, između različitih vrsta te između ekosustava. Ekosustav predstavlja dinamički kompleks zajednica biljaka, životinja, mikroorganizama i neživog okoliša na nekom prostoru koji je definiran određenim dimenzijama. Primjeri dimenzija su taksonomska raznolikost, filogenetska raznolikost, funkcionalna raznolikost, raznolikost interakcije i raznolikost krajolika. U konačnici, jedan ekosustav djeluje kao savršena cjelina biološki raznolikih, ali međusobno ovisnih organizama. Ekosfera predstavlja sljedeću razinu, a definira se kao skup svih ekosustava na zemlji. Vrlo je važno pažnju usmjeriti na interakciju i me-

đusobnu ovisnost između svih živih bića, tj. svih komponenata ekosustava na nekom prostoru, sa svrhom održavanja života na zemlji. Upravo interakcija, koja je s jedne strane neophodna, s druge strane može biti pogubna, jer ako jedna komponenta ekosustava djeluje nekom vrstom onečišćenja negativno na okoliš, sve preostale komponente će biti pogođene. Pristupi temeljeni na ekološkoj prihvatljivosti upotrebljavaju rješenja utemeljena na prirodi. Jedan od primjera je nastojanje u ublažavanju negativnih učinaka klimatskih promjena, očuvanjem ili povećanjem zaliha ugljika čime se povećava otpornost komponenata ekosustava.

Strategije koje primjenjuju bioraznolikost i usluge ekosustava dio su Zelene infrastrukture koja predstavljaju sveukupnu strategiju u očuvanju okoliša. Ekološke mreže također su dio Zelene infrastrukture, a prikazuju biotske interakcije u ekosustavu. Kao i kod svih infrastrukture, tako i kod Zelene infrastrukture važnu ulogu imaju nacionalna tijela. Nacionalna tijela definiraju jasne smjernice o planiranju i provođenju direktiva koje se dalje prosljeđuju na lokalnu razinu, odnosno na lokalni razvoj neke države. Uloga regionalnih ili lokalnih vlasti je važna jer u većini europskih zemalja upravo oni snose odgovornost za odluke o prostornom planiranju pri čemu različite grane, poput okolišnih, planskih, poljoprivrednih i socijalnih, trebaju surađivati. Lokalne vlasti smatraju se vodećom organizacijom koja provodi detaljno planiranje Zelene infrastrukture u ovisnosti o njihovoj lokaciji, ograničenjima i prioritetima. Dobar primjer države iz EU je Danska, koja je već 2008. godine donijela nacionalnu strategiju o klimatskim promjenama [5]. U strategiji Danske detaljno je opisano kako će se pridonijeti ublažavanju klimatskih promjena, a napominje se da će biti potrebna ekonomska analiza u određenim područjima, uključujući:

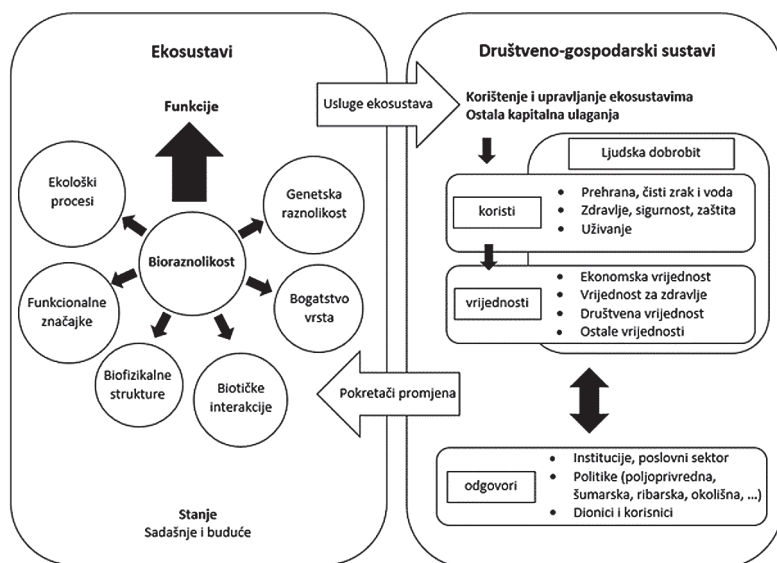
- Analizu troškova i koristi promicanja vlastite prilagodbe klimat-

skim promjenama kroz planiranje i reguliranje. To će rezultirati manjom fragmentacijom, osiguravanjem koridora rasta i smanjenjem broja postojećih faktora stresa;

- Prilagođavanje klimatskim promjenama zbog zaštite prirode i okoliša u sektorima koji su važni za prirodu. To su poljoprivreda, šumarstvo i obalno upravljanje;
- Određivanje cijene određenog broja dobara i usluga iz prirode koji nemaju izravnu tržišnu vrijednost. To se odnosi na smanjenje zagađenja zraka, pročišćavanje voda, očuvanje tla te na modele za izračunavanje društveno-ekonomske koristi i troškova upravljanja prirodom.

Biološka raznolikost je izuzetna raznolikost ekosustava, vrsta i gena koji se nalaze u okružju. Ona je životno osiguranje ljudske populacije, pruža hranu, slatku vodu i čisti zrak, sklonište i lijekove, a doprinosi i regulaciji klime. Priroda je nedvojbeno vrijednost i kapital, a razvojem uslužnih djelatnosti u prirodi podupire se gospodarstvo. Usluge ekosustava dostižu vrijednost od trilijun eura. Propadanje i gubitak ekosustava ugrožava pružanje tih usluga, smanjenje bioraznolikosti tj. gubitak vrsta. Dodatno, to utječe i na gubitak radnih mjesta vezanih za prirodu čime se ugrožava vlastita dobrobit [6]. Na sl.1 prikazan je odnos ekosustava, društva i gospodarstva. Najvažnija globalna prijetnja okolišu je gubitak biološke raznolikosti zajedno s klimatskim promjenama, a one su neraskidivo povezane. Iako biološka raznolikost ključno doprinosi ublažavanju i prilagodbi klimatskim promjenama, postizanje cilja „dva stupnja“ zajedno s odgovarajućim mjerama prilagodbe za smanjenje utjecaja neizbježnih učinaka klimatskih promjena također su od velikog značaja za sprječavanje gubitka biološke raznolikosti.

Nažalost, trenutačne stope izumiranja vrsta su velike i to uglavnom zbog posljedica ljudskih aktivnosti. Vrste se trenutno gube 100 do 1.000 puta



Sl.1 Odnos ekosustava i društveno-gospodarskih sustava [6]

brže od prirodne stope. Prema Organizaciji za hranu i poljoprivredu (engl. *Food and Agricultural Organization*, FAO), 60 % svjetskih ekosustava se degradira ili neodrživo iskorištava, 75 % ribljih zaliha prekomjerno se iskorištava ili se značajno troši, a 75 % genetske raznolikosti poljoprivrednih kultura u svijetu je izgubljeno u razdoblju od 1990. Procjenjuje se da se svake godine uništi 13 mil. ha tropskih šuma, a 20 % tropskih koraljnih grebena već je nestalo. U EU je zakonodavstvom zaštićeno samo 17 % staništa i vrsta i 11 % ključnih ekosustava. Neizravni pokretači, poput rasta stanovništva, ograničene svijesti o biološkoj raznolikosti i činjenice da se ekonomska vrijednost biološke raznolikosti ne odražava u donošenju odluka, također imaju znatan utjecaj na biološku raznolikost. Radi sprječavanja gubitka biološke raznolikosti 2001. godine je postavljen cilj bioraznolikosti EU 2010. U ožujku 2010. čelnici EU-a prepoznali su da cilj biološke raznolikosti za 2010. godinu neće biti ostvaren usprkos nekim velikim uspjesima, poput uspostavljanja Natura 2000, najveće svjetske mreže zaštićenih područja.

Stoga su podržali dugoročnu viziju i ambiciozni glavni cilj koji je predložila Komisija u svom priopćenju „Mogućnosti za viziju EU-a i cilj

biološke raznolikosti nakon 2010. godine“ [7]. Naknadno je objavljena i Europska strategija o bioraznolikosti do 2020 [8], a Hrvatski Sabor je u 2017. donio Strategiju i akcijski plan zaštite prirode Republike Hrvatske, kojom se provode mjere sukladne EU preporukama [9].

Što se ekosustava i bioraznolikosti tiče Hrvatska je izuzetno bogata prirodnim resursima. Obveza svih građana Hrvatske prije svega je očuvanje prirodnih resursa i poticanje održivog razvoja. Najveći problem koji se javlja je recikliranje otpada. Iako prosječni hrvatski građanin stvara manje komunalnog odnosa u odnosu na građane većine europskih zemalja samo 21 % otpada se reciklira. Dakle, pravilno gospodarenje otpadom danas zahtjeva punu posvećenost sa svrhom ostvarivanja kružnog gospodarstva.

Sukladno strategiji Europskog zelenog plana do 2050. godine bioraznolikost i prirodna bogatstva te same usluge ekosustava moraju biti zaštićeni, vrednovani i obnovljeni. Tim akcijama, ekosustavi bi se mogli vratiti u prvobitno neoštećeno stanje s očuvanom bioraznolikošću koje bi doprinijelo napretku društva [7].

Europski zeleni plan i akcije vezane uz njega mogu se ostvariti jedino sinergijom država unutar EU. Međutim, niti samostalno djelovanje Euro-

pe, u vidu smanjenja onečišćenja okoliša i pokretanja kružnog gospodarstva, nije dostatno jer su uzroci klimatskih promjena i poremećaja bioraznolikosti problem na globalnoj razini. Dakle, potrebno je sudjelovanje svih država svijeta poglavito onih koje prednjače u količini ispuštanja onečišćujućih tvari kako bi svijet došao u stanje održivosti. Kako su zemlje članice EU, zemlje iznimne stručnosti i ekonomske jakosti njihova uloga u održivom razvoju je značajna i izvan granica EU. To se odnosi na mogućnost stvaranja saveza s ostalim državama svijeta u cilju poboljšanja trenutnog stanja okoliša [2].

3. Utjecaj onečišćenja na okoliš

3.1. Onečišćivači zraka

Tvari koje su u djelu atmosfere, a kemijski ne pripadaju sastavu zraka nazivamo onečišćenim zrakom. Danas je teško naći područje gdje je zrak jednak prirodnom sastavu, tj. da nije onečišćen. Zrak se pokazuje kao posebno onečišćen ako sadrži tvari u koncentracijama koje mogu izazvati štetne posljedice za zdravlje čovjeka, biljaka i životinja te ako nanosi štetu okolišu. Ozbiljan utjecaj na ljudsko zdravlje mogu imati tvari poput lebdećih čestica (morska sol, čađa, prašina i čestice određenih kemikalija). Onečišćenje zraka može uzrokovati razne bolesti poput bolesti dišnog i krvožilnog sustava te druge kronične bolesti.

Onečišćivači zraka mogu se svrstati u dvije skupine [10]:

- primarni onečišćivači su oni koji svoje štetne produkte stvaraju i otpuštaju direktno u atmosferu,
- sekundarni onečišćivači nastaju iz primarnih štetnih tvari na dva načina: u međusobnoj interakciji ili u interakciji s uobičajenim tvarima atmosfere (npr. kisele kiše koje nastaju reakcijom plinova SO_2 , NO_2 i NO_3 i vode).

Izvori onečišćenja vrlo su različiti, a dijele se na lokalne i globalne. Lokalna onečišćenja vezana su uz gra-

Tab.1 Prikaz štetnih posljedica uzrokovanih različitim onečišćivačima u vodama [16]

Vrsta onečišćenja otpadnih voda	Štetne posljedice	Ostvarena društvena korist od pročišćavanja otpadnih voda
Krupni kruti materijal: tkanine, plastika	Neuredan krajolik; opasnosti po zdravlje ljudi i životinja	Obale, rijeka, jezera, mora i njihova okolica postaju sigurni za radne aktivnosti i rekreaciju
Organske tvari: otpaci hrane, fekalne tvari, netoksične industrijske otpadne vode	Prisutnost bakterija i drugih viših vrsta vodenog svijeta, smanjuje količinu otopljenog kisika u vodi, pa može doći do pomora riba i drugih organizama te općenito do poremećaja hranidbenog lanca	Zaštita ribarstva i sportskog ribolova; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju
Organske tvari: ulja i masti	Na površini vode formira se opasan tanak nepropusni sloj, koji smanjuje mogućnost apsorpcije kisika iz atmosfere	Poboljšano otapanje kisika u vodi pomaže održavanju vodene flore i faune
Nutrienti: dušik, fosfor i tragovi štetnih tvari	Djeluju kao gnojiva koja stimuliraju rast algi, morskih trava i ostalog vodenog bilja	Poboljšani i sigurniji uvjeti za uzgoj riba i školjaka; ugodniji okoliš za život, rad i rekreaciju
Bakterije i virusi	Onečišćenje voda koje se koriste za vodoopskrbu ili natapanje poljoprivrednih površina	Sigurniji opći zdravstveni uvjeti za uzgoj školjaka, riba i drugih organizama
Toksične tvari iz industrijskih otpadnih voda	Pojava uništenja ili oštećenja vodene flore i faune; akumulacije štetnih tvari u mesu riba i školjaka, mogu štetno djelovati na zdravlje ljudi	Poboljšani uvjeti za život vodene flore i faune; poboljšani opći i zdravstveni uvjeti

dove i neka veća industrijska područja, no često se lokalna onečišćenja mogu prenijeti na globalnu razinu. Putem vjetra se štetne tvari s mjesta nastanka vrlo lako šire i to na velike udaljenosti. Glavni izvori onečišćenja zraka dijele se na one prirodnog i antropogenog podrijetla. Od prirodnih izvora, za onečišćenje atmosfere značajnu ulogu imaju vulkani koji tijekom erupcije izbacuju znatnu količinu različitih plinova i čestica guste vulkanske prašine. Na Zemlji ima oko 700 aktivnih vulkana. Brojne erupcije tijekom evolucije Zemlje mogu poremetiti kemijski sastav atmosfere i to lokalno u blizini vulkana, ali i na većim udaljenostima. Antropogeni utjecaji su oni koji nastaju djelovanjem ljudi (čovjeka) na okoliš. Čovjekovo djelovanje počelo je ozbiljno narušavati kemijski sastav atmosfere. U zrak se otpuštaju znatne količine različitih plinova, aerosola i prašine iz različitih izvora. Najčešći plinovi oslobođeni u atmosferu koji su nastali djelovanjem čovjeka su: sumporov dioksid (SO_2), ugljikov dioksid (CO_2), ozon (O_3), dušikov oksid (NO), dušikov dioksid (NO_2) i ugljikovodici (CH_x). Nabrojani plinovi najčešće se nalaze u dimnim plinovima kemijske industrije, ali i nekih drugih izvora, npr. plinovi, pare

i aerosol, a mogu nastati i u procesima spaljivanja fosilnih goriva u domaćinstvima i prometlima [10]. Tekstilna industrija je također jedan od velikih onečišćivača vanjskog i unutarnjeg zraka. Emisija štetnih kemikalija i tekstilne prašine ne šteti samo radnicima već i okolnoj populaciji. Zbog loše ventilacije, radnici u tekstilnim tvornicama su izloženi velikom riziku udisanja tekstilne prašine koja može uzrokovati oboljenja poput bisinoze (bolest koja uzrokuje sužavanje dišnih puteva), respiratornih problema i azbestoze. Često postoje problemi izloženosti parama raznih metala, npr. kroma [11], para kiselina i lužina, plinova iz kotlovnice, para ulja i para hlapivih organskih ugljikovih spojeva (VOC) [12]. U državama trećeg svijeta, npr. Bangladešu, plinovi poput NO i SO_2 predstavljaju veliku prijetnju. Hassan i sur. su u svome istraživanju zaključili da ti plinovi predstavljaju najveću prijetnju stanovništvu koje živi u blizini tekstilnih tvornica [13]. Kako bi se smanjila potencijalna opasnost po ljudsko zdravlje potrebno je poduzeti nekoliko koraka. Müezzinoğlu je u svome radu [14] naveo, da se smanjenje onečišćenja može postići smanjenjem ili sprječavanjem:

- emisije prašine i kratkih vlaknaca,
 - direktnog ispuštanja štetnih plinova,
 - korištenja štetnih hlapivih kemikalija,
 - prevelikog korištenja energenata.
- No isto tako valja napomenuti da se korištenjem elektrostatičkih taložnika, kondenzatora, te ventilacijskog sustava i adekvatnog sustava za izbacivanje zraka iz prostora, unutarnje i vanjsko zagađenje zraka može drastično smanjiti [12].

3.2. Onečišćivači voda

Glavnim uzročnicima onečišćenja vode smatraju se štetne tvari koje se nalaze u nepročišćenim otpadnim vodama iz industrije i kućanstva. One nastaju prekomjernim korištenjem gnojiva i otrova u poljoprivredi, asfaltiranjem i betoniranjem, sječom šuma, gubicima u vodoopskrbnom sustavu, nemarom itd. Urbanizacija ima posebno loš utjecaj na ekosustav. Posljedica razvoja ljudskih zajednica je rast broja stanovnika u velikim gradovima, a samim time se i količina otpadnih voda značajno povećava. Krajem 19. i početkom 20. stoljeća, kao posljedica razvitka industrije, dolazi do povećanog korištenja vode te ujedno dolazi i do povećanog one-

čišćenja vode. Dvije milijarde ljudi u svijetu je uskraćeno za osnovne sanitarne jedinice, a problem zagađenja pitke vode pogađa sve više i više zemalja, ne samo one u razvoju već i mnoge razvijene zemlje. Procijenjeno je kako dnevno umre 4000 ljudi od bolesti koje su izazvane konzumiranjem zagađene vode [15]. U tab.1 prikazana su neka onečišćenja voda, njihove štetne posljedice na okoliš, ljude, biljke i životinje te korist od pročišćavanja otpadnih voda.

Tekstilna industrija se nalazi na vrhu svjetske liste proizvođača otpadnih voda. Više od 80 % proizvedenih otpadnih voda u svijetu dolazi pročišćavanjem otpadne vode što se pokušava riješiti primjenom različitih rješenja poput smanjenja omjera kupelji i regeneracijom otpadne vode iz pojedinih procesa.

Zagađenje vode u tekstilnoj industriji prvenstveno je uzrokovano nečistoćama koje proizlaze iz procesa proizvodnje i oplemenjivanja tekstila. U procesima oplemenjivanja iz tekstilnog materijala se izdvajaju nečistoće, a glavni uzroci onečišćenja su kemijska sredstva korištena u samom procesu te u naknadnoj obradi i ispiranju. Najznačajnija onečišćenja javljaju se u procesima mokrog oplemenjivanja, a najviše u procesima predobrada. Važno je napomenuti kako se vrijednosti KPK (kemijske potrošnje kisika) i BPK (biokemijske potrošnje kisika) linearno povećavaju s povećanjem zagađenja otpadnih voda [17]. Nadalje, za proces bojadisanja se prosječno potroši oko 150 m³ vode za tonu obrađenog materijala. Danas se u tekstilnoj industriji koristi oko 3600 različitih bojila te 8000 različitih kemikalija, a mnoge od njih predstavljaju prijetnju ljudskom zdravlju te ugrožavaju okoliš. Tekstilne tvornice s prosječnim kapacitetom prerade od 8000 kg tkanine dnevno troše i do 1,6 mil. L vode dnevno. Povećanje svijesti o pitanjima okoliša rezultiralo je pooštavanjem zakonske regulative i povećanjem troškova ispuštanja otpadnih voda što je rezultiralo investicijama u sustave za pročišćavanje

otpadnih voda. Prvenstveno se nastoji što više smanjiti nastajanje otpadnih voda te se zagovara regeneracija otpadnih voda iz procesa i njihovo ponovo vraćanje u sustav. Naravno, za takve prilagodbe treba vremena i financijskih sredstva kako bi se tekstilne tvornice adaptirale i pridružile globalnom pokretu smanjenja onečišćenja voda [18].

3.3. Onečišćivači tla

Neki od izvora onečišćenja tla su urbana područja, poljoprivreda, industrija, incidentne situacije, atmosferska depozicija i prirodne pojave. Onečišćenje i oštećenje tla, za razliku od zraka i voda nije toliko popraćeno u javnosti, a iz raznih istraživanja doznajemo kako je onečišćena gotovo jedna trećina ukupnog tla. Onečišćenje tla nastaje modernizacijom društva i industrijalizacijom. Onečišćenjem tla dolazi do promjene sastava i strukture tla, a te promjene znatno utječu na razvoj biljnog i životinjskog svijeta. Može nastati izravnim dodiranjem između objekta onečišćenja i tla ili neposrednim kontaktom pomoću „posrednika“ ili „nositelja“. Šume su temelj bioproizvodnog sustava i one su izvor mnogih važnih sirovina - goriva, građevnih materijala, mineralnih tvari, a posebno su važne jer štite tlo od erozije i reguliraju vodeni balans, kao i klimatske prilike. Na primjerima ogoljelih padine Himalaje i Anda, jasno se uočava koliko uništenje šumskih površina utječe na eroziju tla, velike nanose mulja i poplave. U slučaju tekstilne industrije, ali i svih ostalih industrija, direktno ispuštanje otpadnih voda u tla može biti izuzetno štetno, posebno kada otpuštene tvari iz tla dospiju u vodu. Zbog onečišćenja koje sadrže često koloidne tvari u mješavini s bojilima i raznim masnim tvarima dolazi do zamućenja vodotokova, sunčeva svijetlost slabije prodire kroz vodenu masu pa se smanjuje proces fotosinteze te posljedično i razvoj vodenih biljaka. Samim time dolazi do ometanja mehanizma za prijenos kisika na relaciji voda - zrak. Dodatno, kada ovakve

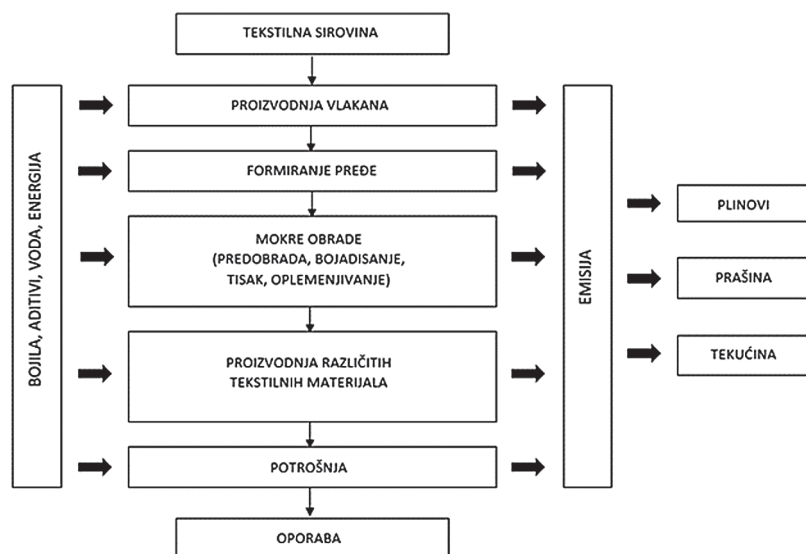
vrste otpadnih voda dođu u doticaj sa suhim tlom one ga praktički uništavaju, dolazi do zatvaranja pora – odnosno smanjenja poroznosti tla i ono više nije produktivno već je nepogodno za rast i razvoj biljaka. Tekstura tla se stvrdnjava i postaje manje propusna te tako sprječava prodiranje vode do korijena biljke [19].

4. Važnost Europskog zelenog plana za tekstilnu industriju

4.1. Problematika tekstilne industrije

Tekstilni procesi, počevši od mehaničke prerade sirovine, proizvodnje vlakana, preko dobivanja plošnih tvorevina, njihovim mokrim obradama te zaključno s konfekcioniranjem gotovih proizvoda mogu imati značajan negativan utjecaj na okoliš.

Na sl.2 su prikazane emisije/ispuštanje u okoliš iz kompletnog procesa tekstilne proizvodnje. Posebna se pažnja posvećuje smanjenju negativnih utjecaja konvencionalnih procesa mokrog oplemenjivanja što uključuje predobradu, bojadisanje i završno oplemenjivanje. Velika potrošnja vode, energije i različitih kemikalija (kiselina, soli, lužine, tekstilna pomoćna sredstva, bojila, sredstva za završno oplemenjivanje) smještaju tekstilnu industriju u sam vrh industrija koje zagađuju vode. Osim toga 20-25 % ukupne svjetske proizvodnje kemikalija koristi se upravo u procesima oplemenjivanja tekstila. Otpadne vode tekstilne industrije imaju visoke vrijednosti kemijske i biokemijske potrošnje kisika (KPK i BPK), sadrže velike količine ukupno otopljenih, odnosno suspendiranih tvari (TDS i TSS), često su obojene, povišene temperature, te širok raspon pH vrijednosti u ovisnosti o procesu obrade, a često sadrže tvari koja su teško biorazgradive (sintetička bojila, pigmenti i tekstilna pomoćna sredstva), te mogu sadržavati i teške metale. Tekstil i tekstilne proizvode karakterizira vrlo velika raznolikost, kako po sirovinskom sastavu tako i



Sl.2 Shematski prikaz ulaznih sirovina i emisije/ispuštanje u okoliš tijekom određenih faza proizvodnje tekstilne industrije i upotrebe tekstilnih proizvoda [20]

po vrstama završnih obrada. Primjenjuju se brojne obrade, npr. obrada za zaštitu od UV zračenja, pirofobna, antimikrobna, vodoodbojna i uljeodbojna obrada, obrade za dobivanje mekog opipa, za lakšu njegu pamučnih tekstila i dr. Navedene završne obrade troše veliku količinu raznovrsnih kemikalija, aktivnih i pomoćnih sredstava te naravno i značajne količine vode i energije. Brojne kemikalije koje se koriste u procesima tekstilne industrije potencijalni u onečišćivači voda. Primjeri takvih spojeva

su sredstava koja sadrže formaldehid, razni teško biorazgradivi aditivi, toksični biocidi, spojevi koji sadrže fluor, organo-fosforni usporivači gorjenja, polisiloksani, fluorkarbonske smole i kationski tenzidi. S gledišta zaštite okoliša, ispuštanje tekstilnih otpadnih voda iz procesa oplemenjivanja, s raznim štetnim komponentama kao što su kemikalije, teški metali, bojila i pomoćna sredstva, direktno u okolišni vodeni sustav zasigurno bi doveo do pojave smanjenja kvalitete vode, eutrofikacije, neuravnoteženo-

sti u vodenom ekosustavu i posljedično do smanjenja bioraznolikosti [20]. Iz navedenog je evidentno da se prije ispuštanja u vodene tokove industrijske otpadne vode obavezno moraju pročitati, kako bi se umanjilo ili u potpunosti spriječilo štetno djelovanje na okoliš. U tab.2 je prikazan negativan i neodrživi utjecaj tekstilne industrije, koji svakako treba izbjeći. Osim utjecaja tekstilne industrije na okoliš, ona utječe i na društvo. Glavni problem tekstilne industrije su niske plaće. U većini zemalja iznos minimalne plaće u sektoru je najčešće niži od prosječne plaće. Uz niske plaće problem je i nizak standard rada što se poglavito odnosi na lošije uvjete rada, nesigurnost na radu, pretjerano dugo radno vrijeme te dječji rad. Kako neke zemlje ne daju pravo na formiranje sindikata ti loši uvjeti rada se teško ili gotovo nikako ne mogu poboljšati.

Nedostatak pravedne trgovine je sljedeća negativna karakteristika [21]. To se u prvom redu odnosi na zemlje u razvoju pri čemu se proizvođačima onemogućuje stabilnost proizvodnje i pravedna trgovina tekstila (engl. *fair trade*). To je pokret kojim se nastoje smanjiti nedostaci siromašnih zajednica na međunarodnom tržištu s ciljem smanjenja siromaštva na globalnoj razini uz poticanje održivog razvoja, socijalne pravednosti, boljih radnih uvjeta i nadnica [22].

Osim navedenog, u današnje se vrijeme sve više govori o mikroplastici kao globalnom problemu onečišćenja vodenog sustava. U Zelenom planu ona je posebno naglašena kao vrlo štetno onečišćenje, kako za životinje u vodama, tako i za ljude. Mikroplastika se može definirati kao "čestice manje od 5 mm" iako neki znanstvenici navode da su veličine uglavnom manje od 1 mm. Zbog svoje malene veličine, ali i različitog kemijskog sastava, mikroplastika je veliki problem za morsku faunu. Naime, pri probavi čestice mogu zaostati u tkivu i organima životinja te uzrokovati probleme, poput karcinoma, sterilnosti čime dolazi do značajnih vari-

Tab.2 Negativni utjecaj tekstilne industrije na okoliš [21]

Utjecaji tekstilne industrije na okoliš koji se nastoji ublažiti ili ukloniti
Utjecaj na klimatske promjene
• Spaljivanje fosilnih goriva za dobivanje potrebne električne energije
Toksične kemikalije
• Gnojiva i pesticidi
• U fazama proizvodnje kao što su ekstrakcija vlakana, bojadisanje, oplemenjivanje i tisak
Povećanje tekstilnog otpada
• Teško biorazgradljivi otpad
• Velike količine otpada zbog brze promjene modnih trendova
Potrošnja vode
• Upotreba velikih količina vode kod npr. uzgoja pamuka te kod procesa oplemenjivanja, bojadisanja i njege
Neobnovljive sirovine
• Fosilna goriva (ugljen, nafta, plin) koji se koriste kao glavne sirovine u proizvodnji sintetskih vlakana
Zauzimanje prostora
• Velika polja za uzgoj vlakana ili ispašu životinja mogu zauzeti prostor potreban za proizvodnju hrane



Sl.3 Hijerarhija gospodarenja otpadom. Dostupno uz licencu The Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) licence (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) na: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_it

jabilnosti između vrsta [23]. Zbog naglog rasta korištenja plastike u zadnjih 60 godina, te zbog nesavjesnog zagađenja plastikom, čestice mikroplastike danas prekrivaju morsko dno. L. van Cauwenberghe i sur. navode da u nekim dijelovima morskog dna ili dna jezera, na 25 cm² nalazi 1 čestica [24]. M. Sighicelli i sur. su u svome istraživanju naveli, da je uzrok nekontroliranog onečišćenja rijeka, izravno ispuštanje kanalizacijskih voda, ali i kontaminiranih industrijskih voda [25]. Kako bi se destruktivni utjecaj mikroplastike mogao smanjiti, potrebno je provesti značajne mjere, kao što su sprječavanje zagađenja rijeka, jezera, pročišćavanjem otpadnih voda; smanjenjem i sprječavanjem zagađenja uzrokovanog ribarskim mrežama, bovama, brodskim otpadom itd., odnosno smanjenjem plastičnog otpada i recikliranjem [23]. Međutim, mikroplastika ne predstavlja samo problem za okoliš i zdravlje životinja, već se može pokazati opasnom po ljudsko zdravlje. Naime, velikom riziku udisanja čestica mikroplastike su, prema radu J. Gasperi i sur. [26], izloženi radnici u tekstilnoj industriji. Budući da prašina od umjetnih sintetičkih vlakna, poput PA, PES, PE, PP, PAN i dr., kao ni sama vlakna, nisu topiva u izvansatničnoj tekućini pluća, oni zaostaju u plućima te uzrokuju niz problema poput res-

piratornih iritacija, pojave kašlja, dispneje te smanjenja kapaciteta pluća uz pojavu simptoma alergijskog alveolitisa. Pretpostavlja se, da kao i kod udisanja azbesta, čestice mikroplastike u plućima mogu uzrokovati fibrozu i pojavu raka.

4.2. Smanjenje onečišćenja u procesima oplemenjivanja

4.2.1. Čišća proizvodnja

Otpadom iz tekstilne industrije, kao i iz ostalih industrija, trebalo bi gospodariti kao što je prikazano na sl.3. Nezaobilazan i najvažniji stupanj u hijerarhiji upravljanja otpadom je odlagalište. Neuporabljiv otpad odlaze se u zabrtvljeno odlagalište, ne stvara neugodne mirise i nije opasan niti za podzemne vode i okoliš, kao ni za čovjeka.

Idealno bi bilo proizvoditi što je moguće manje otpada, pravilno ga razvrstati i odvojeno odlagati te ako je moguće, dio ponovo upotrijebiti [27]. Na sl.3 je vidljivo kako je potrebno unaprijed planirati, odnosno smanjiti otpad na izvoru nastajanja. Čišća proizvodnja je proaktivna ekološka strategija, odnosno strategija kontinuirane primjene zaštite okoliša kako, u konačnici, ne bi došlo do onečišćenja i kako bi se ono maksimalno smanjilo.

Svrha takve strategije je poboljšanje ukupne učinkovitosti, profitabilnosti i konkurentnosti te zaštita okoliša,

zdravlja, sigurnosti radnika i potrošača, odnosno općenito smanjenje negativnog utjecaja na okoliš uz produženje životnog ciklusa proizvoda. Najveći prioritet predstavlja smanjenje upotrebe vode i sirovina, zajedno sa smanjenjem i uklanjanjem otpada. Gospodarskim se mjerama, definiranim u Zelenom planu, teži postići čišća proizvodnja za okoliš nepogodne tekstilne industrije. Stoga, potrebno je planiranje proizvodnje i metoda pročišćavanja otpadnih voda i otpadnog zraka, a potreba za razvijanjem sveobuhvatnog integriranog pristupa problemu zagađenja je neophodna. Prvi korak uvođenja čišće proizvodnje je pregledavanje cjelokupne postojeće tehnologije te procjena izbora postupka, redoslijeda obrade i korištene opreme kako bi se jasno utvrdilo što treba unaprijediti, odnosno što najviše stvara probleme u pogledu okoliša. U prvom redu čišća proizvodnja odnosi se na adekvatan odabir, pohranu i rukovanje tekstilnim sirovinama; materijalima i kemikalijama, izolaciju cijevi te poboljšanje kontrole samog postupka. Aktivnosti čišće proizvodnje uključuju ekološki pristup proizvodnji, što se odnosi na rekuperaciju kemikalija i vraćanje u proces te smanjenje potrošnje energije i vode za pojedine procese. Vrlo očit problem tekstilne industrije su upotreba velikog broja kemikalija i velike količine korištene vode. U mjerama Zelenog plana tome se pridodaje najviše pažnje. Stoga je, osnovni cilj optimizirati proces smanjenjem vremena obrade, korištenjem jedne kupelji za više postupaka npr. bojadisanje i oplemenjivanja (multifunkcionalno oplemenjivanje) te uvođenje visoko učinkovitih procesa oplemenjivanja tekstila.

4.2.2. Mjere za uvođenje čišće proizvodnje u procese oplemenjivanja

Smanjenjem potrošnje vode i rekuperacijom kemikalija smanjuju se troškovi oplemenjivanja, pročišćavanja otpadnih voda, potrošnje toplinske i električne energije. Potrošnja vode u

Tab.3 Vrste enzima za različite procesima oplemenjivanja tekstila

Enzimi	Primjena	Literatura
Amilaze, α -amilaze, celulaza, maltaza, lipaze	Odškrobljavanje	[33-35]
Pektinaze, celulaze, proteaze, lipaze, ksilanaze	Iskuhavanje	[33-36]
Hidrolaze, pektinaze	Mercerizacija	[33]
Celulaza, katalaze, glukozi oksidaze, peroksidaze, lakaze, arilesteraze	Bijeljenje	[33-36]
Lakaze, lipaze, proteaze, amilaze	Bojadisanje	[32]
Celulaze	Omekšavanje pamuka	[32,33]
Celulaze, endoglukonaze	Obrada džinsa	[32-35]
Lipaze, proteaze, heksokinaze, celulaze, pektinaze, ksilanaze	Poliranje	[32,34]
Lignin peroksidaze, lakaze, mangan peroksidaze	Uklanjanje bojila	[32,33]
Lignin peroksidaze, lakaze, mangan peroksidaze, tirosinaze	Bioremedijacija otpadnih voda	[32,35]

procesima oplemenjivanja može se smanjiti primjenom manjih omjera kupelji u različitim strojevima [28]. U procesu bojadisanja hidrofobnih vlakana, može se koristiti i superkritični CO_2 . Općenito, u procesu bojadisanja hidrofobnih vlakana koriste se veliki omjeri kupelji i mnogo kemikalija zbog težeg vezanja bojila na vlakno. Stoga je superkritični CO_2 odlična alternativa klasičnom bojadisanju jer se u takvom procesu ne koristi voda niti pomoćna sredstva. Osim toga, nakon procesa nije potrebno sušenje materijala, što uvelike smanjuje količinu korištene energije [29, 30]. Većinu kemikalija korištenih u procesima oplemenjivanja moguće je rekuperirati i ponovno upotrijebiti u proizvodnom procesu. Rekuperirati se može NaOH iz procesa mercerizacije i drugih procesa oplemenjivanja, bojila, NaCl i Na_2SO_4 iz procesa bojadisanja, a iz procesa odškrobljavanja rekuperirati se mogu škrob, poliakrilati i polivinilalkoholi (PVA). Iz procesa pranja vune zaostaje lanolin koji može poslužiti kao sirovina u drugim granama industrije [31]. Postoje mogućnosti ponovnog iskorištavanja vode nakon provedenog procesa obrade, npr. kod procesa bijeljenja, bojadisanja, procesa pranja i ispiranja materijala ili rashladne vode. Voda se, nakon procesa oplemenjivanja, najčešće pročišćava po-

stupkom reverzne osmoze ili membranskim postupcima (ultrafiltracija i nanofiltracija) te se, kao takva, ponovno uvodi u proces [19]. N. Eerdumlu i sur. istražili su mogućnost ponovne upotrebe otpadnih voda iz različitih postupaka oplemenjivanja za bijeljenje pamuka [32]. Dobivenim rezultatima dokazana je mogućnost ponovne upotrebe otpadnih voda za bijeljenje pamuka bez utjecaja na kvalitetu. Zaključeno je kako ponovna upotreba otpadnih voda dovodi do uštede vode i smanjenja potrošnje energije. U ovom je istraživanju korišten postupak mikrofiltracije koja je u odnosu na druge membranske postupke najjeftinija opcija uklanjanja bojila i smanjenja KPK vrijednosti voda. Postoji mogućnost korištenja i naprednih membranskih tehnologija koje bi mogle koristiti za mekšanje vode (uklanjanje tvrdoće), smanjenje elektrovodljivosti, KPK vrijednosti vode i otklanjanje bojila odjednom. Međutim, te napredne tehnologije zahtijevaju veće troškove ulaganja pa je iz tog razloga u ovom istraživanju korišten zeolit za uklanjanje tvrdoće i smanjenje elektrovodljivosti otpadne vode. Zeolit je prirodni mineral koji je široko dostupan i cjenovno prihvatljiv. Iz navedenog istraživanja vidljivo je kako se otpadna voda ponovno može upotrijebiti za procese oplemenjivanja bez previsokih troš-

kova pročišćavanja, a što u konačnici osigurava i ekonomsku, ekološku i energetska isplativost. Osim rekuperacije i korištenja kupelji više puta predlaže se korištenje nekih manje toksičnih kemikalija u odnosu na one koje se trenutno koriste u svim procesima proizvodnje i obrade pamučnih materijala (npr. uzgoj organskog pamuka bez upotrebe pesticida, korištenje biorazgradivih tenzida u obradama, korištenje H_2O_2 umjesto oksidacijskih sredstava na bazi klora u procesu bijeljenja i korištenje peroctene kiseline umjesto Na-hipoklorita, smanjenje količine pomoćnih sredstava u obradama i korištenje ekološki prihvatljivijih, u procesu mercerizacije koristiti tekući amonijak umjesto natrijeve lužine). Uz ovakve adekvatne zamjene kemikalija i ekološkog unapređenja već postojećeg procesa postoje i novije tehnologije za obradu materijala poput biotehnologije i nanotehnologije. Implementacijom biotehnologije uvode se enzimatska sredstva u procese umjesto toksičnih kemikalija (npr. α -amilaze, pektinaze, lipaze, glukozi oksidaze, katalaze) [33-35]. U tab.3 prikazani su vrste enzima i njihova primjena u različitim procesima oplemenjivanja tekstila. Jedan od primjera razvoja alternativnog rješenja za smanjenja onečišćenja je primjena tehnologije plazme za modifikaciju površine tekstilnog materijala čime se znatno smanjuje potrebna količina vode i kemikalija za predobradu ili završno oplemenjivanje materijala [37]. To plazmu čini energetski i ekološki povoljnom. Djelovanjem plazme na površinu tekstila može se opisati reakcijom čišćenja, nagrizanja, aktivacije ili polimerizacije površine. Ovisno o željenim efektima i o svojstvima tekstilnog supstrata podešavaju se parametri plazme - vrste primijenjenog plina, tlaka, radne frekvencije, vremena obrade [38]. Plazmom se postižu različita poboljšana svojstva materijala, a da se pri tom ne mijenjaju njegove osnovne karakteristike. U tab.4 dana je uspo-

Tab.4 Usporedba plazma tehnologije i konvencionalnih postupaka oplemenjivanja tekstila [38-39]

Parametar	Plazma	Konvencionalni postupci
Otapalo	Nema otapala	Voda
Energija	Električna	Toplinska
Dubina obrade	Tanak površinski sloj materijala (~10 nm)	Vlakno
Upotreba vode i energije	Niska	Visoka
Onečišćenje	Vrlo nisko	Visoko

redba plazma tehnologije i konvencionalnih metoda oplemenjivanja. Plazma se može primijeniti za postizanje hidrofilnosti i hidrofobnosti, uljeodbojnosti, za smanjenje skupljanja uzrokovanog pustenjem, povećanja sposobnosti bojadisanja i tiska, povećanja otpornosti na gorenje, poboljšanja antimikrobnih svojstva i adhezije, za sterilizaciju, poboljšanje antistatičkih svojstava, regulaciju sjaja, UV zaštitnih svojstava i dr. Svi navedeni primjeri za unaprjeđenje procesa oplemenjivanja doprinose smanjenju potrošnje energije. Troškovi energije su jedan od glavnih troškova u tekstilnoj industriji, zbog toga bi poboljšanje energetske učinkovitosti trebao biti prioritet svakog tekstilnog postrojenja. Postoji čitav niz mogućnosti postizanja poboljšanja energetske učinkovitosti. Međutim, čak se i troškovno isplative opcije često ne provode u tekstilnim pogonima zbog ograničene informiranosti o načinu provedbe mjera energetske učinkovitosti, ali i zbog činjenice da su ipak većine tekstilnih postrojenja kategorizirane kao mala i srednja poduzeća [40]. Unaprjeđenju energetske učinkovitosti doprinosi uvođenje novijih visoko učinkovitih metoda obrade tekstilija, poput prethodno navedenog bojadisanja superkritičnim CO₂ ili uvođenja tehnologije obrade plazmom i miktovalne tehnologije u procese obrada. Jedan od primjera je i ultrazvučna obrada u procesima bijeljenja, mercerizacije, odškrobljavanja i dr. Ova metoda je prikladna jer se smanjuje temperatura kupelji i vrijeme obrade, odnosno troši se manje energije a otpadne vode se smanjuju za 20-30 % u odnosu na

konvencionalne procese. Primjenom digitalnog tiska isto tako se smanjuje korištenje vode i energije. Prethodnim kationiziranjem pamuka, odnosno korištenjem alternativnih pomoćnih sredstava, dolazi do smanjenja negativnog naboja pamučnog vlakna čime se trošak energije smanjuje za 75 %, a upotreba vode za 90 %, uz dodatno smanjenje upotrebe pomoćnih sredstava i bojila u postupku bojadisanja. Ako se u procesu bijeljenja koristi ozon dolazi do znatnog smanjenja potrošnje energije, budući da se proces odvija na sobnoj temperaturi, a i vrijeme obrade je kraće od uobičajenog. Osim toga emisija CO₂ se ovim postupkom bijeljenja smanjuje za 50% [40, 41]. Primjena mikrovalne energije u procesima sušenja tekstila, predobrade, iskuhavanja i bijeljenja, te bojadisanja također može doprinijeti smanjenju utroška energije. Kod mikrovalnog sušenja troši se 60-70% manje nego kod konvencionalnog sušenja, zbog lokaliziranog i jednoličnog zagrijavanja i manjeg gubitka energije. Osim navedenog, sušenje je brže nego konvencionalno i nema direktnog zagađenja zraka [42].

Uz navedene primjere smanjenja onečišćenja iz industrijskih postrojenja i brigu o životnom ciklusu proizvoda, potrebno je i provoditi o kontinuiranu edukaciju svih sudionika u proizvodnom lancu.

5. Zaključak

Zemlja je čovjekovo prirodno stanište i ljudi bi trebali učiniti sve što je u njihovoj moći da je očuvaju. Suprotno tome, ljudi zagađuju, sijeku šume, izlovljavaju životinje i sami

svoj planet, korak po korak, vode prema uništenju. Europski zeleni plan teoretski je dobro zamišljen, ali je izvediv samo ako ćemo ga se svi pridržavati u potpunosti. Svakako bi se trebalo više pažnje posvećivati očuvanju okoliša nego gomilanju enormnih količina otpada na raznim lokacijama. Također bi daleko više pozornosti trebalo davati očuvanju raznolikosti životinjskih vrsta umjesto masovnom lovu morskih i kopnenih životinja te poticati očuvanje šuma i zelenih površina umjesto masovnog uništavanja zbog potreba industrije. Upravo su zbog ljudskog faktora danas vode, zrak i tlo onečišćeni i uništeni gotovo do točke bez povratka. Tekstilna industrija jedna je od većih zagađivača te potrošača vode u svijetu. Činjenica da se 20-25 % ukupne svjetske proizvodnje kemikalija koristi za obradu tekstila pokazatelj je velikog utjecaja tekstilne industrije na okoliš. Izuzetno važno je da se ulože naponi za što skorijim smanjenjem negativnog utjecaja, a pritom je najvažnije smanjiti otpad odmah na izvoru nastajanja, reciklirati, kompostirati, regenerirati i tek onda kada je postignuto maksimalno iskorištenje potrebno je preostali otpad pravilno odložiti. Pravilno odložiti, znači da se otpad odlaže na najbolji i najsigurniji način za čovjeka i za okolinu. U procese proizvodnje sve više treba uvoditi manje štetne spojeva i kemikalije, a naročitu pažnju treba obratiti na uporabu i njihovu ponovnu upotrebu u procesima. Primjena ekološki prihvatljivih sredstava, učinkovitih uređaja i postupaka obrade sa smanjenom potrošnjom energije, vode i drugih sirovina te razvijanje svijesti i edukacija o značaju očuvanja bioraznolikosti, odnosno očuvanju okoliša moraju postati naša svakodnevica koja će osigurati budućnost, kako tekstilne industrije tako i svih ostalih industrija. Upravo Europski zeleni plan u tome može odigrati značajnu ulogu. Definiranjem zakona, mjera i smjernica koje svaka država članica mora implementirati u industriju omogućava se lakše djelovanje u po-

gledu smanjenja onečišćenja. Uključivanjem svih zemalja članica i pridržavanjem mjera Europa bi mogla postati prvi klimatski neutralan kontinent, a ako se u Europski zeleni plan uključe i države izvan Europe pozitivne promjene mogle bi se osjetiti i na globalnoj razini. Samo zajednički uloženi napor i usmjeravanje cijelog čovječanstva na pravi put, može naš planet vratiti u stanje u kojem je bio prije masovnog onečišćenja i nepovoljnog antropogenog utjecaja.

Literatura:

- [1] Europsko izvješće o okolišu – stanje i izgledi 2020, dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/hr/publications/europsko-izvjesce-okolisu>, doi: 10.2800/219679
- [2] EU Zeleni plan, COM(2019) 640 final, dostupno na: https://ec.europa.eu/info/files/communication-european-green-deal_en
- [3] Biološka raznolikost: Europski zeleni plan, (2019), Europska komisija, doi:10.2775/69891
- [4] Uklanjanje onečišćenja: Europski zeleni plan, (2019), Europska komisija, doi:10.2775/415604
- [5] Danish strategy for adaptation to a changing climate, (2008), The Danish Government, ISBN: 978-87-7844-741-8
- [6] Kartiranje i procjena ekosustava i procjena njihovih usluga u Hrvatskoj, Agencija za zaštitu okoliša, (2015), ISBN: 978-953-7582-15-9
- [7] Our life insurance, our nationl capital: an EU biodiversity strategy to 2020, COM(2011) 244 final, dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0244>
- [8] Strategija i akcijski plan zaštite prirode Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2025. godine, NN 72/2017 (21.7.2017.), dostupno na :https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2017_07_72_1712.html,
- [9] Strategija Europske unije o bioraznolikosti do 2020., dostupno na : http://publications.europa.eu/resource/cellar/54584304-3354-494b-84cf-13e921f7e50f.0024.02/DOC_3
- [10] Bečvardi Lj.: Onečišćenje okoliša, Završni rad, Sveučilište J.J. Strossmayer, Osijek, 2015.
- [11] Vallero D.: Fundamentals of Air pollution, Elsevir Inc. Oxford, 2014, 191-302
- [12] Chavan R.B.: Indian textile industry-Environmental issues, Indian Journal od Fibre & Textile Research, 26 (2001) 11-21
- [13] Hassan M.M.et.al.: Assesment od Nitrogen Oxides and Sulphur Dioxide Content in the Ambient Air near the Garments Industries of Bangladesh, Journal of Environmental and Social Sciences 5 (2018) 1, 1-4
- [14] Müezzinoğlu A.: Air pollutant emission potentials of cotton textile manufacturing industry, Journal of Cleaner Production 6 (1998) 339-347
- [15] Novaković K.: Izvori zagađenja i onečišćenja vode, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb 2017.
- [16] Štrkalj A.: Onečišćenje i zaštita voda, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak, (2014)
- [17] Jurac Z. i sur.: Otpadne vode u Pamučnoj industriji Duga Resa, Sigurnost 50 (2008), 129-138
- [18] Hussain T., A. Wahab: A critical review of the current water conservation practices in textile wet processing, Journal of Cleaner Production, 198 (2018), 806–819
- [19] Kant R.: Textile dyeing industry an environmental hazard, Natural Science 4 (2012) 1, 22-26
- [20] Nabil A. I., M.E. Basma: Emerging Technologies for Source Reduction and End-of-Pipe Treatments of Cotton Based-Textile Industry in *Handbook of Textile Effluent Remediation*, Pan Stanford Publishing, Singapore 2018, 185-214
- [21] Pavunc M. i sur.: Tekstil u kontekstu održivog razvoja, Tekstil 63 (2014) 5-6, 195-203
- [22] Stenzel L. P.: Mainstreaming Fair Trade: From Coffee and Chocolate to Clothing and Beyond, Global Edge Business Review 5 (2011) 5, 1-2
- [23] Wagner M., S. Lambert: Freshwater Microplastics Emerging Environmental Contaminants? Springer, Cham 2018, 273-298
- [24] Van Cauwenberghe L. et.al.: Microplastic pollution in deep-sea sediments, Environmental Pollution 182 (2013), 495-499
- [25] Sighicelli M. et. al.: Microplastic pollution in the surface waters of Italian Subalpine Lakes, Environmental Pollution 236 (2018), 645-651
- [26] Gasperi J. et al.: Microplastics in air: Are we breathing it in? Current Opinion in Environmental Science & Health 1 (2018), 1-5
- [27] Požega M.: Procjena stanja okoliša u Republici Hrvatskoj s obzirom na izvore zagađenja i onečišćenja, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb 2018.
- [28] Shaikh A.M.: Water conservation in textile industry, Pakistan Textile Journal, 58 (2009), 48-51
- [29] Saus W., D. Knittel, E. Schollmeyer: Dyeing of Textiles in Supercritical Carbon Dioxide, Textile Research Journal 63 (1993) 3, 135–142
- [30] Liu G. et al.: Development of CO₂ utilized flame retardant finishing: Solubility measurements of flame retardants and application of the process to cotton, Journal of CO₂ Utilization 37 (2020), 222–229
- [31] Gaeza S.N., U. Fedele: Recovery of water and auxiliary chemicals from effluents of textile dye houses, Desalination 83 (1991) 1-3, 183-194
- [32] Eerdumlu N. et al.: Reuse of effluent water obtained in different textile finishing processes, Autex Research Journal 12 (2012) 1, 23-28
- [33] Chatha S.A.S., et al.: Enzyme-based solutions for textile processing and dye contaminant biodegradation- a review, Eviron. Sci. Pollut. Res. 24 (2017), 14005-14018.
- [34] Kirk O. et al.: Industrial enzyme applications, Current Opinion in Biotechnology 13 (2002) 4, 345-351
- [35] Madhu A., J.N. Chakraborty: Developments in application of enzymes for textile processing, Journal of Cleaner Production 145 (2017), 114-133
- [36] Soares J.C. et al.: Application of immobilized enzyme technologies for the textile industry: a review, Biocatalysis and Biotranformation 29 (2011) 6, 223-237
- [37] Ercegović Ražić S., R. Čunko: Modifikacija svojstava tekstilija

- primjenom plazme, *Tekstil* 58 (2009) 3, 55-74
- [38] Choudhary U. et al.: A Brief Review on Plasma Treatment of Textile Materials, *Adv Res Text Eng.* 3 (2018) 1, 1-4
- [39] Peran J., S. Ercegović Ražić: Application of atmospheric pressure plasma technology for textile surface modification, *Textile Research Journal* 90 (2020), 1174-1197
- [40] Hasanbeigi A., L. Price: A review of energy use and energy efficiency technologies for the textile industry, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012), 3648-3665.
- [41] Hasanbeigi A., L. Price: A technical review of emerging technologies for energy and waterefficiency and pollution reduction in the textile industry, *Journal of Cleaner Production* 95 (2015), 30-44
- [42] Katović D. i sur.: Primjena mikrovalova u procesima oplemenjivanja, *Tekstil* 54 (2005) 7, 319-325

SUMMARY

Impact of the European Green Deal on pollution reduction in the textile industry with an emphasis on textile finishing

B. Orsag, M. Majdak, T. Strmečki, J. Juran, Z. Kovačević, S. Bischof

The paper covers the global issue of pollution reduction with an emphasis on the textile industry. The European Green Deal prescribes and elaborates in detail points that would be able to eliminate environmental, water, air and soil pollution as much as possible by 2050. The Green Deal clearly shows the connection between the circular economy and the environment. There are more and more ways in which man has a negative impact on the environment and it was necessary to develop a strategy and action plan to ensure zero pollution levels. One of the important goals is to reduce the depletion of forests, water and soil in order to preserve the ecosystem. From the point of view of reducing the pollution, the problem of the textile industry is extremely important since it is one of the major industrial polluters. The paper lists the most commonly used contaminants that cause pollution in general and in the textile industry in particular. Additionally, solutions for cleaner production are presented. They include the use of environmentally friendlier agents and devices, highly efficient procedures and maximum utilization of each raw material, with the highest possible degree of reuse, recycling, composting, energy recovery and finally proper disposal which does not harm the environment.

Key words: The European Green Deal, pollution reduction, textile finishing, high performance technologies

University of Zagreb

Faculty of Textile Technology

Zagreb, Croatia

e-mail: sandra.bischof@ttf.unizg.hr

Received December 27, 2019

Auswirkungen des Europäischen Green Deal auf die Verringerung der Umweltverschmutzung in der Textilindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Textilveredelung

Der Artikel behandelt das globale Thema der Verringerung der Umweltverschmutzung mit Schwerpunkt auf der Textilindustrie. Der European Green Deal schreibt detailliert Punkte vor und arbeitet sie detailliert aus, die in der Lage wären, die Umwelt-, Wasser-, Luft- und Bodenverschmutzung bis 2050 so weit wie möglich zu beseitigen. Der Green Deal zeigt deutlich den Zusammenhang zwischen Kreislaufwirtschaft und Umwelt auf. Es gibt immer mehr Möglichkeiten, wie der Mensch negative Auswirkungen auf die Umwelt hat, und es war notwendig, eine Strategie und einen Aktionsplan zu entwickeln, um ein Null-Verschmutzungsniveau zu gewährleisten. Eines der wichtigsten Ziele ist es, die Erschöpfung von Wäldern, Gewässern und Böden zu reduzieren, um das Ökosystem zu erhalten. Das Problem der Textilindustrie unter dem Gesichtspunkt der Verringerung der Schadstoffe der Umwelt ist äußerst bedeutend, da sie einer der größeren Umweltverschmutzer ist. In dem Artikel werden die am häufigsten verwendeten Stoffe aufgelistet, die Umweltverschmutzung im Allgemeinen und in der Textilindustrie im Besonderen verursachen. Darüber hinaus werden Lösungen für eine sauberere Produktion vorgestellt, einschließlich der Verwendung umweltfreundlicherer Mittel, Geräte und hocheffizienter Prozesse sowie der maximalen Nutzung jedes Rohstoffs mit ebenso viel Wiederverwendung, Recycling, Kompostierung, Energierückgewinnung und letztendlich ordnungsgemäßer Entsorgung oder Entsorgung, die die Umwelt nicht schädigt.