



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,  
GOZDARSTVO IN PREHRANO



»Izvedba demonstracijskega projekta – primarna kmetijska proizvodnja, veterina in predelava živil na kmetijah«

## Sklop G – NAMAKANJE

# DEZINFEKCIJA VODE ZA NAMAKANJE

Avtorji: Marko Černe, KGZS Zavod Ptuj

Recenzent: dr. Rozalija Cvejoč



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Za vsebino je odgovorna Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije.

Organ upravljanja, določen za izvajanje Programa razvoja podeželja 2014-2020 je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

## KAZALO VSEBINE

<b>1. UVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2. LASTNOSTI VODE ZA NAMAKANJE .....</b>	<b>3</b>
<b>3. DEZINFEKCIJA VODE ZA NAMAKANJE.....</b>	<b>5</b>
<b>4. PREDSTAVITEV RAZLIČNIH NAČINOV ČIŠČENJA IN MOŽNOSTI ZA UPORABO RAZLIČNIH TEHNOLOGIJ DEZINFEKCIJE VODE ZA NAMAKANJE .....</b>	<b>6</b>
<b>5. ZAKONODAJNE PODLAGE GLEDE LASTNOSTI VODE ZA NAMAKANJE .....</b>	<b>7</b>
<b>7. PARAMETRI ONESNAŽENOSTI VODE ZA NAMAKANJE .....</b>	<b>8</b>
<b>8. MOŽNOSTI UPORABE PREČIŠČENIH ODPADNIH VODA ZA NAMAKANJE .....</b>	<b>8</b>
Literatura:.....	9

# 1. UVOD

Voda za namakanje ima različne lastnosti, ki vplivajo na pridelek kmetijskih rastlin, okolje (tla, podzemne vode), potrošnike (ljudi in živali) ter tudi namakalni sistem in namakalno opremo. Voda za namakanje vsebuje – ne glede na svoj izvor (površinske vode, podzemne vode, voda iz javnega vodovoda, deževnica, prečiščene odpadne vode iz čistilnih naprav) – določeno količino različnih snovi in mikroorganizmov, ki lahko zmanjšajo pridelek in poslabšajo rodovitnost tal. Te snovi in mikroorganizmi lahko pridejo v vodo iz naravnega okolja ali pa so posledica človeške dejavnosti. Količina teh snovi je zelo različna, v glavnem pa gre za raztopljene soli, nečistoče in trdne delce. V vodi so tudi nekateri organizmi, kot npr. bakterije, virusi, alge in praživali, ki lahko vplivajo na okolje ali ogrozijo zdravje človeka in živali.

Če voda za namakanje vsebuje nezaželene sestavine, ki lahko vplivajo na pridelek in okolje, jih moramo pred rabo odstraniti z ustrežno tehnologijo ali vsaj omiliti njihov učinek do te mere, da ne vplivajo na pridelek ali celo ogrožajo zdravje ljudi in živali.

## 2. LASTNOSTI VODE ZA NAMAKANJE

Kakovost vode za namakanje ima velik vpliv na količino in kakovost našega pridelka. Na lastnosti vode za namakanje vplivajo geološka podlaga, klimatske razmere, tla in človek. Voda ima svoje fizikalne, kemične in biološke lastnosti, ki vplivajo na tla, naravno okolje, kmetijsko pridelavo, namakalno opremo in kakovost ter količino pridelka.

*Fizikalne lastnosti vode so:*

- temperatura vode; optimalna temperatura za namakanje je od 22 do 28 °C, minimalna od 15 do 20 °C, maksimalna od 33 do 35 °C,
- barva, vonj in kalnost; so pokazatelj vsebnosti nekaterih snovi v vodi,
- okus;
- vsebnost trdnih snovi; pesek, melj in glina, vplivajo na namakalni sistem in opremo ter izvajanje namakanja,
- prisotnost organskih substanc; listi rastlin, alge, bakterije, praživali, zooplankton,
- elementi; železo in mangan, in
- druge nečistoče.

Fizikalne lastnosti vode za namakanje vplivajo na količino in kakovost pridelkov ter lastnosti tal, kot so struktura, vsebnost hranil, zadrževanje vode v tleh, spiranje hranil in sredstev za varstvo rastlin, infiltracijsko sposobnost tal in erodibilnost.

*Kemične lastnosti vode za namakanje so:*

- vsebnost različnih kationov; kalcij, magnezij, bor, magnezij, kalij,
- vsebnost anionov; klor (nad 100 mg/l je toksičen), bor, sulfati, nitrati (v mg/l, moramo upoštevati v gnojilni bilanci), fosfati, fluoridi, karbonati, bikarbonati,
- elementi v sledovih,
- težke kovine; kadmij, živo srebro, svinec, arzen, krom, kobalt, nikelj,
- pH vrednost; optimalna od 6,5 do 7,5, primerna še od 6,0 do 8,5,
- trdota, vsebnost kalcijevega karbonata v mg/l,

- električna prevodnost; predstavlja vsebnost raztopljenih kationov v vodi (natrij, aluminij, baker, kalcij, magnezij, cink, vodik, železo, amonijev ion, mangan), merimo v v dS/m pri 25 °C, vsakih 10 meq/l raztopljenih kationov ustvari 1 dS/m, od 0,7 do 4.000 mg/l,
- TDS; skupna količina raztopljenih soli v vodi (Total Dissolved Salts), od 200 do 4.000 mg/l,
- vsebnost natrija, vrednost SAR (Sodium Adsorption Ratio),  $Na/V(Ca+Mg)/2$ , <1 do <35,
- organske snovi, in
- raztopljeni plini.

V postopkih analize vode je treba upoštevati primernost vode za namakanje glede na vsebnost navedenih snovi, preprečiti pa moramo uporabo onesnažene vode z industrijskimi odpadki (olja, maziva, barve, ipd.) ter upoštevati vpliv različnih kemičnih lastnosti vode za namakanje na pridelke in tla.



Slika: Lastnosti vode za namakanje so odvisne od vira vode (Foto: M.Č.)

*Biološke lastnosti vode so:*

- biokemična potreba po kisiku v mg/l,
- kemična potreba po kisiku v mg/l,
- število različnih vrst praživali in virusov,
- prisotnost alg in drugih rastlinskih organizmov v vodi,
- prisotnost različnih sevov bakterij *Campylobacter* spp., *Listeria* spp., *Clostridium* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Legionella* spp. *Escherichia coli*,
- prisotnost črevesnih zajedalcev (intestinalni enterokoki),
- vsebnost koliformnih bakterij v MPN/l (Most Probable Number).

Pred rabo vode za namakanje moramo poznati biološke lastnosti vode za namakanje in njihov vpliv na zdravje ljudi in živali, kakovost in količino pridelka, stanje okolja (tla, zrak, podzemne vodne vire, vodotoke) in namakalno opremo (potrebna filtracija).

### 3. DEZINFEKCIJA VODE ZA NAMAKANJE

Za namakanje uporabljamo vodo iz različnih virov in različne kakovosti. Da bi preprečili pojav nezaželenega učinka na zdravje ljudi je potrebno zagotoviti, da voda, uporabljena za namakanje sadja in zelenjave, ne bo mikrobiološko onesnažena.

Voda iz različnih vrst vodnih virov ima lahko različne zahteve glede čiščenja. Tehnologije dezinfekcije in čiščenja vode v grobem delimo na:

- spreminjanje kemične sestave,
- odstranjevanje delcev,
- odstranjevanje alg in
- dezinfekcijo.

Orodja in tehnike za spreminjanje kemične sestave vključujejo različne fizikalne metode za odstranjevanje neželenih kemičnih sestavin, kot so povratna osmoza, ionska izmenjava, elektrodializa, nanofiltracija, in kemične metode, kot je prilagajanje pH. Tehnike za odstranjevanje delcev vključujejo široko paleto metod filtracije. Za zatiranje alg v vodnih zbiralnikih lahko uporabljamo različne kemikalije, vnašamo bakterije in encime za razgradnjo ali uporabljamo ultrazvočne tehnologije. Podobno široka paleta različnih tehnik je na voljo za dezinfekcijo vode za namakanje.



Slika: Naprave za dezinfekcijo vode za namakanje namestimo v črpališču namakalnega sistema (Foto: M.Č.)

## 4. PREDSTAVITEV RAZLIČNIH NAČINOV ČIŠČENJA IN MOŽNOSTI ZA UPORABO RAZLIČNIH TEHNOLOGIJ DEZINFEKCIJE VODE ZA NAMAKANJE

Dezinfekcija je postopek obdelave vode, ko je potrebno zmanjšati število patogenih mikroorganizmov pod določeno mero ali jih popolnoma odstraniti. V primeru mikrobiološke onesnaženosti vode za namakanje lahko uporabljamo različne bolj ali manj cenovno ugodne tehnološke možnosti za dezinfekcijo vode za namakanje:

- Najcenejša metoda je *kloriranje*, ki ima tudi nezaželene stranske učinke (fitotoksičnost, kancerogenost, reakcija klora s spojinami v vodi), uporabljamo plinski klor, natrijev hipoklorit ter občasno klordioksid, potrebno je natančno upoštevati odmerke in mejne vrednosti. Kloriranje vode opravljajo laboratoriji NLZOH. Kloriranje vode s hipokloritom ( $\text{NaClO}$ ) je najcenejši način dezinfekcije pitne vode.
- Zelo učinkovita in primerna, a dražja je metoda *UV osvetljevanja*, s katerim dosežemo čisto in mikrobiološko varno vodo za namakanje, vgradnja UV dezinfekcijskega sistema v kompletu s filtrirnim sistemom, dezinfekcija z UV svetlobo je učinkovita metoda dezinfekcije vode brez uporabe kemičnih oksidacijskih sredstev in brez stranskih produktov, sterilizacija z UV svetlobo poteka pri prehodu vode skozi reaktor, kjer so mikroorganizmi izpostavljeni energiji fotonov svetlobe v UV-C spektru (200-280 nm), UV sistemi se lahko uporabljajo za lastna zajetja, za vodo iz vodotokov, kapnico, za mikrobiološko onesnažene vodne vire in na drugih področjih, kjer želimo zagotoviti učinkovito dezinfekcijo vode za namakanje. Kalnost vode za namakanje lahko zmanjša učinkovitost UV dezinfekcije.
- *Reverzna osmoza* je sodobna in hkrati ena najučinkovitejših tehnologij filtriranja vode, ki zagotavlja najčistejšo možno vodo za namakanje, postopek filtriranja vode z reverzno osmozo temelji na filtraciji vode skozi izredno majhne pore tankofilmske kompozitne polprepustne membrane s porami premera 0,1 nanometra (0,0001 mikrona), ki omogočajo prehod samo izredno majhnim molekulam čiste vode, na ta način reverzna osmoza očisti vodo kemično in mikrobiološko na naravni mehanski način, brez dodajanja kemikalij. Metoda reverzne osmoze je učinkovita in široko uporabna.
- *Ozonifikacija* je način oksidacija z dodajanjem močnega oksidanta ozona, je eden izmed naprednejših oksidacijskih postopkov, ki omogoča učinkovito dezinfekcijo vode, generiranje ozona je odvisno od potrebe po  $\text{O}_3$  za oksidacijo posameznega onesnažila in obremenitve z onesnažilom, izražamo ga z g/uro, za dezinfekcijo zadostuje 1 mg/l in kontaktni čas približno 1 min. Ozonifikacija je učinkovita in uporabna metoda dezinfekcije vode za namakanje.
- *Membranska filtracija*, je kompaktna tehnologija dezinfekcije za odstranjevanje patogenih organizmov, življenjska doba membran je od 10 do 15 let, je energetska zahtevna metoda.

## **5. ZAKONODAJNE PODLAGE GLEDE LASTNOSTI VODE ZA NAMAKANJE**

V aprilu leta 2017 je prenehala veljati Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Uradni list RS, št. 84/05, 62/08, 62/08, 113/09, 99/13 in 19/17), ki je v svoji vsebini opredeljevala tudi namakanje kmetijskih zemljišč in določala mejne vrednosti nekaterih parametrov vode za namakanje.

Po prenehanju veljavnosti navedene uredbe ni bilo več predpisa, ki bi na območju Slovenije določal mejne vrednosti določenih pomembnih lastnosti vode za namakanje. V maju 2017 je evropska komisija objavila Smernice za odpravljanje mikrobioloških tveganj pri svežem sadju in zelenjavi v primarni proizvodnji z dobro higieno (Uradni list Evropske unije 2017/C, 163/01). Te smernice predstavljajo praktično usmeritev in pomoč pridelovalcem. Indikatorski organizem za fekalno kontaminacijo je bakterija *Escherichia coli*, meje za fekalno onesnaženost so določene v najvišjih koncentracijah *E. coli* CFU (Colony Forming Unit)/100 ml vode za namakanje.

## **6. SMERNICE DOBRE PRAKSE NAMAKANJA GLEDE MIKROBIOLOŠKE USTREZNOSTI VODE ZA NAMAKANJE**

Smernice dobre prakse namakanja kmetijskih zemljišč z vidika mikrobiološke ustreznosti so bile objavljene v novembru leta 2017. Smernice ponujajo pridelovalcu vrsto ukrepov, da se izogne tveganju mikrobiološke okužbe. Navedeni so možni vodni viri, ki jih lahko pridelovalci uporabljajo za namakanje in različni načini namakanja oziroma različne namakalne tehnologije ter prednosti in pomanjkljivosti vsake od njih glede tveganja okužbe pri človeku ali živalih.

Tveganja so odvisna od načina namakanja, od vrste in faze rasti rastline ter od vrste vodnega vira. Če voda za namakanje ne pride v stik z deli rastlin, ki se zaužijejo, je tveganje minimalno. Pri načinih namakanja, kjer pride voda v neposredni stik s pridelkom, ki ga uživamo surovega in takoj, je tveganje večje. Tveganja pri namakanju v zgodnejših fazah rasti rastline so manjša od tistih pred spravilom. Pri pridelkih, ki jih uživamo neprekuhane, so tveganja večja, kot pri tistih pridelkih, ki jih pred uživanjem prekuhamo. Tveganja pri namakanju iz površinskih vodnih virov so večja, kot pri uporabi podzemnih voda. Največja so tveganja pri uporabi odpadnih voda iz čistilnih naprav, ki morajo biti pod stalno kontrolo pooblaščenih ustanov.

Pri namakanju je indikatorski organizem *Escherichia coli*, ki je zaradi svojih bioloških posebnosti izredno genetsko heterogena in nagnjena k mutiranju, tako nam »navadna« *E. coli* ni nevarna, lahko pa so zdravju precej nevarni nekateri njeni sevi, ki lahko povzročajo driske, komplicirana vnetja sečil, lahko pa povzročijo tudi vnetje in odpoved ledvic.

Dopustne vrednosti za *E. coli* v vodi za namakanje po smernicah so:

- 100 CFU/100 ml vode, če se pridelek ne kuha in hkrati voda za namakanje pride v stik s plodom;
- CFU/100 ml vode, če se pridelek ne kuha in hkrati voda za namakanje ne pride v stik s plodom; in
- 10.000 CFU/100 ml vode, če se pridelek kuha.

Analizo kakovosti vode opravljajo regionalni laboratoriji NLZOH (Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano). Informacije o odvzemu vzorca vode za namakanje najdete na povezavi:

<https://www.nlzoh.si/storitve/vode/vode-za-namakanje/>.

Mejna vrednost in pogostost preskušanja sta odvisni od načina uporabe svežega sadja in zelenjave, vrste namakanja in vira vode. Vzorec vode lahko odvzame strokovna ekipa NLZOH ali pa vzorec vode v analizo dostavite sami. Če se odločite, da boste vzorec vode odvzeli sami, je treba vzorec vode odvzeti v sterilno embalažo, ki jo dvignete na NLZOH.

## 7. PARAMETRI ONESNAŽENOSTI VODE ZA NAMAKANJE

Ker rastlinska pridelava poteka v naravnem (t.j. nesterilnem) okolju, je popolna sterilnost vode za namakanje nesmiselna, če seveda pomislimo tudi na druge vplive (gnojenje, škropljenje, ptice in druge divje živali, žuželke, itd.) v pridelavi. Poleg tega je bakterija *Escherichia coli*, ki se uporablja kot indikatorski organizem, sestavni del človeškega okolja in ima pomembno vlogo pri njegovi prebavi, saj je del običajne mikrobne združbe prebavil. Običajno se kot parameter onesnaženosti vode uporablja bakterija *E. coli*, lahko pa tudi druge. Indikatorski organizmi in njihove mejne vrednosti, ki so pomembne za določanje primernosti vode za namakanje se izražajo v enoti oblikovanja kolonij CFU (Colony Forming Unit) na 100 ml vode.

## 8. MOŽNOSTI UPORABE PREČIŠČENIH ODPADNIH VODA ZA NAMAKANJE

Prečiščene odpadne vode lahko predstavljajo pomemben vodni vir za namakanje kmetijskih zemljišč v prihodnosti. V sredozemskih državah imajo dolgoletno prakso pri uporabi odpadnih voda za namakanje. Ob tem je nujno poudariti, da bi odpadne vode morale biti primerno prečiščene, pod stalno kontrolo in monitoringom in v uporabi na tak način, da bi preprečevali onesnaženje tal in naravnega okolja ter predvsem preprečili okužbe pri ljudeh in drugih živih bitjih.

Odzivanje EU na vse večje obremenitve vodnih virov se lahko izboljša z bolj razširjeno ponovno uporabo očiščene odpadne vode, omejevanjem odvzemanja iz vodnih teles površinskih voda in vodnih teles podzemnih voda, zmanjševanjem vpliva odvajanja očiščene odpadne vode v vodna telesa in spodbujanjem varčevanja z vodo preko številnih uporab komunalne odpadne vode, ob hkratnem zagotavljanju visoke ravni varstva okolja. Po direktivi EU je ponovna uporaba vode skupaj s spodbujanjem uporabe tehnologij za učinkovito rabo vode v industriji in z vodo varčnih metod namakanja omenjena kot eden od dopolnilnih ukrepov, ki jih lahko države članice uporabljajo za doseg ciljev navedene direktive, in sicer dobrega kakovostnega in količinskega stanja vodnih teles površinskih voda in vodnih teles podzemnih voda.

**V skladu z evropsko direktivo je treba očiščeno odpadno vodo znova uporabiti, kadar koli je to mogoče.**



Kakovost vode za namakanje in njen vpliv na tla, pridelek, okolje in zdravje človeka je zelo kompleksna tema, s katero se bodo v prihodnosti ukvarjali strokovnjaki različnih področij, vsi pa s ciljem, da se pridelovalcem omogoči pridelava zdrave, varne in okusne hrane.

## Literatura:

Ayers R.S., Westcot D.W. 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, 29 Rev. 1.

Smernice dobre prakse namakanja kmetijskih zemljišč z vidika mikrobiološke ustreznosti (Černe, M., Salobir, G., Bizjak, V., KGZS, Ljubljana 2017).

Guidance document on addressing microbiological risks in fresh fruits and vegetables at primary production through good hygiene (European Commission, UL EU C163/1, Brussels 2017).

Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Uradni list RS, št. 84/05, 62/08, 62/08, 113/09, 99/13 in 19/17),

Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta<sup>1</sup>.

Direktiva Sveta 91/271/EGS<sup>2</sup>.

Water reuse (European Parliamentary Research Service, PE 625.171 – April 2020).

Water Reuse in Europe, Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation (Laura Alcalde Sanz, Bernd Manfred Gawlik, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2014).

Voda za namakanje. NLZOH 2023.