

**ZASEBNI LABORATORIJ
ZA RASTLINSKO CITOGENETIKO**



***ALLIUM* METODA ZA TESTIRANJE OKOLJSKIH VZORCEV,
PITNE VODE IN KEMIČALI**

Naročnik:
OBČINA KRANJSKA GORA
Kolodvorska 1b
SI – 4280 Kranjska Gora

Vrednotenje kakovosti reke Pišnice z iztokom komunalno-meteorolnih vod,
Save Dolinke in primarnih odpadnih in sekundarnih čiščenih efluentov
ČN Tabre z metodo *Allium*,

(Delno poročilo – april 2013)

Raziskani vzorci:

Reka Pišnice in komunalno-meteorolne vode

*Reka Sava Dolinke in odpadna nečiščena (influentna) voda in čiščena (efluentna) voda iz ČN
TABRE*

Vzorčenje 25. april 2013; Citogenetske raziskave so potekale od 26. 04. 2013 do 01. 05. 2013

Stalni letni biomonitoring od leta 2001

DOMŽALE
02. 05. 2013

DELNO TESTNO POROČILO Z REZULTATI RAZISKAV

1. Podaja protokol *ALLIUM* metafaznega testa
2. Rezultate splošne strupenosti (toksičnosti) in raven genotoksičnosti vzorcev reke Pišnice, Save Dolinke in vzorcev odpadne urbano-komunalne nečiščene vode in čiščene vode iz ČN Tabre
3. Iztok komunalno-meteorolnih vod ne onesnaženje reke Pišnice
4. ČN Tabre deluje visoko optimizirano, čiščena iztočna voda iz ČN Tabre ne spremeni (ne vpliva) kakovosti reke Save Dolinke
5. Delno Poročilo obsega 10 strani, 3 preglednice in 3 fotografije.

Raziskave v rastlinski aplikativni citogenetiki

PETER FIRBAS *univ. dipl. biol.*

Ljubljanska c. 74, SI – 1230 Domžale

PROTOKOL METODE

ALLIUM METAFAZNI GENOTOKSIČNI TEST ZA TESTIRANJE OKOLJSKIH VZORCEV, KEMIKALIJ IN PITNE VODE

Peter Firbas, univ. dipl. biol., Zasebni raziskovalec, Laboratorij za rastlinsko citogenetiko
E-pošta: peter.firbas@siol.net

1. Uvod

ALLIUM metafazni test je test za ugotavljanje splošne celične strupenosti (citotoksičnosti) in ravni genotoksičnosti v vodnih, kopenskih in zračnih ekosistemih, kjer dokazujemo potencialne genotoksične snovi. Test je kratkotrajen in pokaže usklajen in celokupen učinek onesnaževanja in medsebojno delovanje med testno rastlino (*Allium cepa* L.) in potencialnimi genotoksiki, nakar se še rezultati statistično ovrednotijo. Rezultate raziskav s statistično kalkulacijo prikazuje Fisher's Exact Test. V 2x2 frekvenčnih tabelah dvosmerna p-vrednost determinira statistično značilnost ali neznačilnost dveh kategoričnih vzorcev.

Biološki test *ALLIUM* ali čebulni test razkriva celosten vpliv na rast in razvoj živih celic ali organizmov ter zaznava prisotnost škodljivih snovi v koncentracijah, ki so bistveno nižje od mejnih sposobnosti analitskih metod. Od približno 700 prepoznavnih toksičnih in genotoksičnih snovi, ki se lahko znajdejo na primer v pitni vodi, jih z običajnimi fizikalno-kemijskimi analizami nadzorujemo le slabih 10 odstotkov (Vir: EU Chemical Bureau, Natural Resources Defence Council: Think before you drink).

Že v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja sta ga priporočala Kraljevska švedska akademija znanosti (RAYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCE (1973) in program GENE - TOX PROGRAM (Grant 1982). Sočasno se s čebulnim testom ugotavlja splošna toksičnost in genotoksičnost. Test *Allium* pokaže odlično sorazmerje s testi kjer potekajo raziskave na ribah in sesalcih *in vivo* ali *in situ* (Fiskesjö 1985, Al-Sabti 1992, Firbas 2004). Rezultati se lahko z visoko zanesljivostjo prenesejo na človeka (Fiskesjö 1985, Al-Sabti 1992, Firbas 2004). Test je primeren tudi za opazovanje in nadzor obremenjenosti strupenih snovi v okolju INVITTOX - PROTOKOL 8 (IP - 8 © September 1989). Mednarodni program rastlinskih bioloških testov (International Program on Plant Bioassays IPPS) je čebulni (*Allium*) test sprejel za biomonitoring in testiranje okoljskih onesnaževalcev.

2. Material in metode

Test se izvaja po: Technical Methods Section 1993, 1994; INVITTOX - Protokol No. 8, 1989, Fiskesjö, 1985, Al-Sabti 1989, Nielsen & Rank 1994, Rank 2003, Firbas 2004, 2006, 2011; Kumar in Panneerselvam (2007); Ragunathan in Panneerselvam (2007).

Citogenetske raziskave potekajo na raziskovalnem mikroskopu znamke OLYMPUS – BX 41 (Japonska) s samodejnim foto sistemom PM 10 SP, pri povečavi 400X in 1000X.

Parametri *ALLIUM* metafaznega testa podajajo: splošno strupenost in raven genotoksičnosti

SPLOŠNA STRUPENOST (Slika 1) podaja dolžino korenin testnih rastlin mlade čebule (*Allium cepa* L.); je obratno sorazmerni z dolžino korenin testnih rastlin. Daljše kot so korenine manjša je splošna toksičnost in krajše kot so korenine testnih rastlin večja je splošna strupenost (toksičnost).

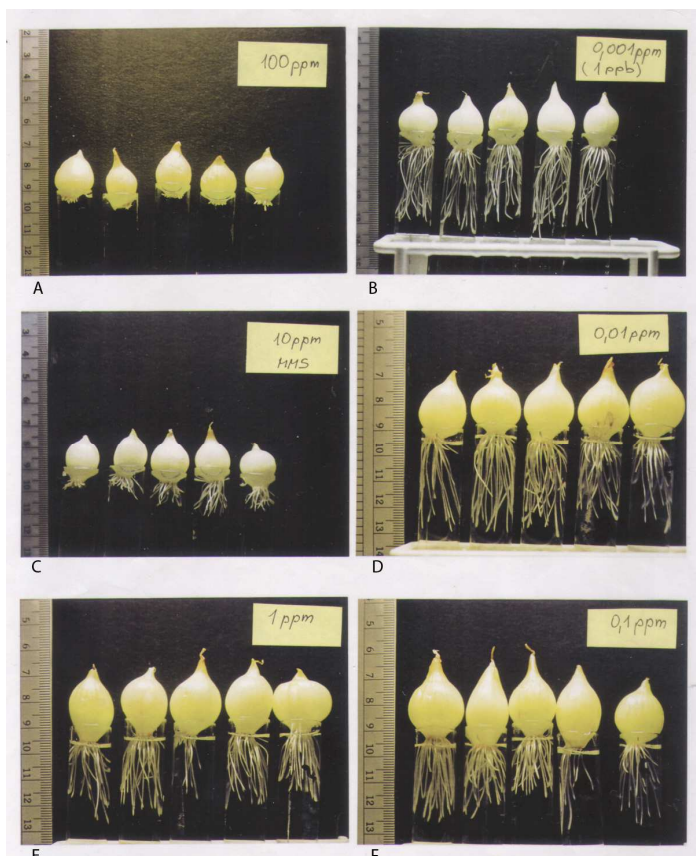
RAVEN GENOTOKSIČNOSTI (Slika 2 in 3) podaja poškodbe kromosomov v celicah koreninskih vršičkov testnih rastlin mlade čebule (*Allium cepa* L.); je odstotkovno razmerje med vsemi metafaznimi celicami in s celicami s poškodbami kromosomov (Al-Sabti 1985,

1989; Firbas 2004; 2006). Identificira se 200 ali več metafaznih celic. Pri visoki ravni genotoksičnosti pa manj. Rezultati se podajajo v odstotnih točkah (Odst. t.)

MITOZNI INDEKS: število celic v mitozni oz. delitvenih celic na 1000 vseh pregledanih celic

METAFAZNI INDEKS: število metafaznih celic na 1000 pregledanih celic. Rezultati se podajajo v promilnih točkah (prom. t. – ‰)

STATISTIČNA KALKULACIJA: Fisher's Exact Test. V 2x2 frekvenčnih tabelah dvosmerna p-vrednost determinira statistično značilnost ali neznačilnost dveh kategoričnih vzorcev.



Slika 1 – Inhibicijsko stimulacijski test mlade čebule *A. cepa* L. gojen 72 ur v različnih koncentracijah MMS 8metil metansulfonat; 1 ppm je 1mg/l): 100 ppm (1a), 10 ppm (1c), 1 ppm (1e), 0,1 ppm (1f), 0,01 ppm (1d) and 0,001 ppm (1b).

2. 1. Kontrola *ALLIUM* metafaznega testa in inhibicija rasti korenin

Ugotovitev, da test *ALLIUM* sploh deluje, potekata vzporedno ob raziskanem vzorcu še dva testa, ki nam zagotavljata: kakšna je sama odzivnost testa *ALLIUM* in to, ali test *ALLIUM* sploh deluje. Negativna kontrola je vodovodna voda, filtrirana s tri stopenjsko filtracijsko napravo (AQUA KRISTAL – AK 500 R.O.). Za pozitivno kontrolo pa 1 mg/L ali 1 ppm metil metansulfonat 66-27-3 200-625-5 – MMS 4016 SIGMA. **Negativna kontrola** pokaže, kolikšna je stopnja strupenosti pri neizpostavljenih čebulah in hkrati kontrola, da test sploh deluje. **Pozitivna kontrola** pa se uporablja z znano kemično snovjo, ki v večji meri povzroča stopnjo strupenosti in je potrebna za kontrolo odzivnosti testa.

2. 2. Parametri *ALLIUM* metafaznega testa

Parametri podajajo: splošno strupenost (toksičnost), raven genotoksičnosti in metafazni indeks. Ž in statistična kalkulacija: Fisher's Exact Test (Agresti 1992), ko v 2x2 frekvenčnih tabelah dvosmerna p-vrednost določa statistično značilnost ali neznačilnost dveh kategoričnih vzorcev.

2. 3. Kariotipizacija kromosomov mlade čebule (*Allium cepa* L.)

KROMATIDNE POŠKODBE

Enojni lom kromatide (ELK) – Single break chromatide (SBC)

Dvojni lom kromatide (DLK) – Double break chromatide (DBC)

Večkratni lomi kromatide (VLK) – Multiple break chromatide (MBC)

CENTROMERNE POŠKODBE

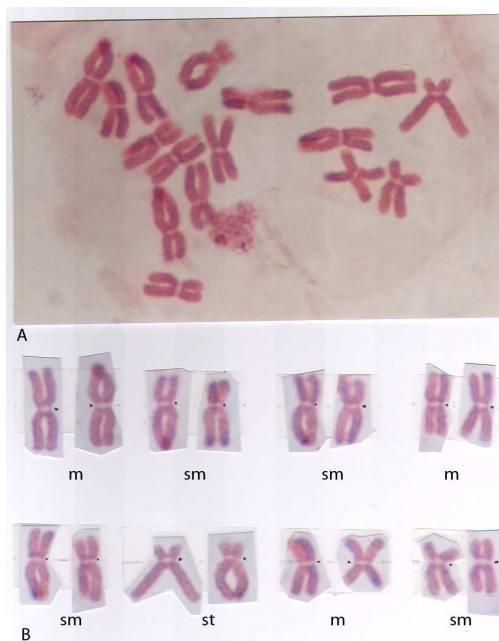
Lom v centromeru (LC) – Break centromere (BC)

Špranjasti (gap) lom kromatide (GK) – gap break chromatide (GBC)

KROMOSOMSKE POŠKODBE

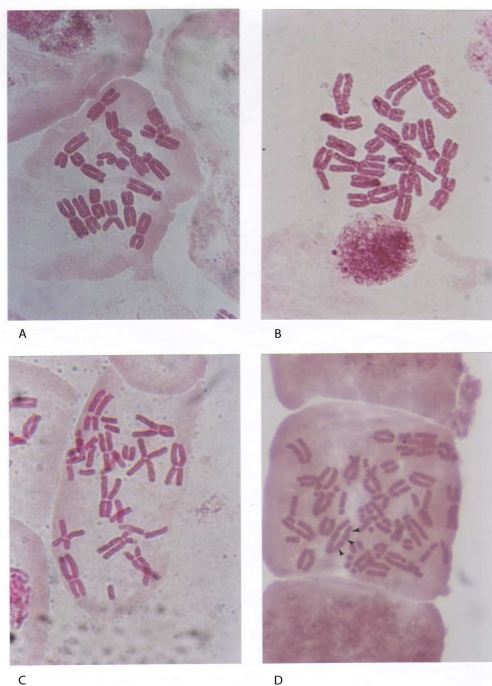
Krožni kromosom (KK) – Ring Chromosom (RC)

Dicentrični kromosom (DK) – Dicentric Chromosom (DC)



Slika 2 –Metafazni kromosomi (2A) in kariotip mlade čebule (*Allium cepa* L.) vsebuje 16 kromosomov ($2n=16$) z 6 m (metacentrični), 8 sm (submetacentrični) in 2 st (subtelocentrični) kromosomi (2B).

Poškodbe v kromosomski garnituri prizadenejo enega do dva kromosoma, nadalje 3 do 7 ali 8, redkeje tudi do 12. Poškodovani pa so lahko tudi vsi kromosomi v kromosomski garnituri. Višja kot je raven genotoksičnosti, več je tudi poškodovanih kromosomov v garnituri. Prav tako se pojavlja tudi več različnih poškodb na posamičnem kromosomu v garnituri. Celica je aberantna, ko je v kromosomski garnituri poškodovan vsaj en kromosom (Slika 3a-d).



Slika 3a-d. Različno število poškodovanih kromosomov v metafaznih celicah koreninskih vršičkov mlade čebule (*Allium cepa* L.): ena kromosomska poškodba (3A), štiri kromosomske poškodbe (3B), osem kromosomskih poškodb (3C), poškodovani vsi kromosomi v kromosomski garnituri (3D).

3. REZULTATI RAZISKAV, ZAKLJUČEK IN RAZPRAVA

Rezultati splošne strupenosti in ravni genotoksičnosti so podani v Preglednici 2.

Vzorčenje: 25. 04. 2013

Z metodo *Allium* so bili raziskani naslednji vzorci:

- I. Pišnica (Čičare)
- II. Iztok komunalno-meteoroidnih vod v reko Pišnico
- III. Pišnica – 100 m za izpustom komunalno-urbane odpadne vode
- IV. Odpadna komunalno-urbana nečiščena voda (vtočna voda ČN Tabre)
- V. Iztočna čiščena voda iz ČN Tabre
- VI. Sava Dolinka: 100 m po sotočju Belce in Bistrice za krajem Mojstrana

4.1. Splošna strupenost (Makroskopska opazovanja in meritve)

Rezultati splošne strupenosti so podani v preglednici 2 in 3.

Raziskani vzorci (Vzorci I, II, III, V in VI) glede splošne strupenosti (dolžina korenin testne rastline) ne kažejo statistično značilne razlike ($p < 0,05$). Povečano raven splošne strupenosti je značilen za odpadne urbano-komunalne vode (Vzorec IV), ki vodijo na ČN Tabre.

Raven splošne strupenosti se čiščeni vodi iz ČN Tabre (Vzorec V) bistveno zmanjša, kar potrjuje statistično signifikantna razlika ($p < 0,01$).

4.1.1. Mitozni indeks

Mitozni indeks (MI) je vezan na splošno strupenost in je parameter citotoksičnosti. Pomeni odstotkovno razmerje med delitvenimi celicami (celicami v mitozni ali celičnimi delitvami) na številčno osnovo pregledanih celic. MI je določljiv, če je v mitozni vsaj 1% celic. Primarni efluent oz. odpadne vode so visoko mitodepresivne in imajo nizek MI. Čiščene iztočne vode imajo v primerjavi z odpadnimi vodami višji MI (Preglednica 1).

Preglednica 1. Mitozni indeks dotočnih in iztočnih vod in vzorcev reke Pišnice in Save Dolinke

Lokaliteta	Mitozni indeks (%) (januar)	Mitozni indeks (%) (april)
PIŠNICA (Čičare)	7,1	7,3
Iztok komunalno-meteorolnih vod	3,9	6,3
PIČNICA 100 m za iztokom	4,9	6,9
Dotok na ČN Tabre (primarni efluent)	2,9	4,5
Iztok iz ČN Tabre (sekundarni efluent)	4,6	5,9
SAVA DOLINKA (za krajem Mojstrana)	7,0	7,2

Preglednica 2. Povprečna dolžina korenin testne rastline *Allium cepa* L. – raziskava splošne strupenosti in citološki učinki raziskanih vzorcev - raziskava ravni genotoksičnosti

VZOREC MERNO MESTO	Mitozni indeks (odst. t - %)	Metafazni indeks (promil. t. - ‰)	Razmerje identificiranih metafaznih celic in celicami s poškodovanimi kromosomi	Raven Genotoksičnosti (odst. t.)	Povprečna dolžina korenin (mm)
I- PIŠNICA (pod mostom)	7,3	95	200/8	4,0*	43
II – IZTOK komunalno-meteorolnih vod	6,3	71	200/21	10,5	35
III – PIŠNICA 100 m za iztokom kom.-met. vod	6,9	85	200/11	5,5	40
IV – Dotok odpadne vode na ČN Tabre	4,5	59	200/44	22,0	27
V – Izток čiščene vode iz ČN Tabre	5,9	87	200/15	7,5	38
VI – Sava Dolinka ; za krajem Mojstrana (pod mostom)	7,2	99	200/8	4,0*	42
VII-neg.kontrola	7,5	95	200/5	2,5	41
VIII-pozit.kontrola	3,1	31	200/38	19,0	23*

4.2. Raven genotoksičnosti (Mikroskopska citogenetska opazovanja)

Rezultati citogenetskih raziskav so podani v preglednici 2.

Reki Pišnici se v primerjavi na lokaciji pred in po iztoku komunalno-meteoroloških vod (Vzorec IV) in pred iztokom komunalno-urbanih odpadnih vod (Vzorec II) kakovost vode ne spremeni ($p = 0,6394 > 0,05$).

Veliko signifikantno razliko pokaže vtočna (influentna) odpadna voda (Vzorec IV) in čiščena (efluentna) voda (Vzorec V). Iztočna (efluentna) čiščena voda ima veliko nižji raven genotoksičnosti kot odpadna vtočna (influentna) voda ($p = 0,00005 < 0,05$).

5. Zaključek

Reka Pišnica ne kaže poslabšanje kakovosti po iztoku odpadne komunalno-meteorološke vode (Čičare; na lokaciji ob golfišču).

Delovanje ČN TABRE je zelo visoko optimizirano, saj se raven genotoksičnosti surovi odpadni nečiščeni (primarni efluent) vodi iz 22,0 odst. t. zniža na manj kot 7,5 odst. točk.

Iz rezultatov študije lahko zaključimo, da sanacijski program ČN TABRE optimizirano deluje, in zagotavlja veliko čistilno moč komunalno-urbani poluciji okoliških krajev.

Kakovost Save je Dolinke za krajema Dovje in Mojstrana se obdrži na visoki kakovostni ravni površinskih tekočih voda.

6. Priloga Monitoring ravni genotoksičnosti s testom ALLIUM reke Save Dolinke

Primerjava rezultatov raziskav ravni genotoksičnosti v obdobju od leta 2001 do 2013: Zelenci, reka Sava Dolinka, reka Pišnica in učinek čiščenja ČN Tabre

Obdobje 2001 do 2003

Najnižjo raven genotoksičnosti dosega izvir Nadiže (2002). Po letu 2001 se opazno znižuje raven genotoksičnosti v Zelencih, še bolj pa se kakovost vode reki Savi Dolinki izboljša na lokaciji po sotočju s Pišnico. Najvišjo raven genotoksičnosti pa še vedno dosega Sava Dolinka pred sotočjem z reko Pišnico, ki pa se že po 300 m dolvodno raven genotoksičnosti bistveno upade. Nekoliko naraste, 300 m za iztokom ČN Tabre, vendar so na odzemni lokaciji v bližini reke Save Dolinke gnojni travniki (izcejanje v reko) nivo genotoksičnosti na lokaliteti po sotočju z Bistrico pod krajem Dovje ponovno upade. Opaža se tudi vsakoletno izboljšanje Save Dolinke na vseh analiziranih lokalitetah v obdobju od leta 2001 do leta 2003. Kakovost Save Dolinke se je izboljšala v letu 2003 na lokaciji po sotočju z reko Pišnico za krajem Kranjska Gora, saj ima reka Pišnica tu veliko večji pretok od Save Dolinke.

Leto 2004 in 2005

V primerjavi z rezultati iz leta 2003 (odvzem vzorcev 02. 04. 2003) se je kakovost reke Save Dolinke v letu 2004 bistveno izboljšala. Najverjetneje so k temu prispevale obilne padavine pozimi in spomladi. ČN Tabre pa po zagonu leta 2003 deluje v maksimalni učinkovitosti. Ta se pokaže v rezultatu, kjer se reki Savi Dolinki na lokaciji 80 m dolvodno pred in 80 m od ČN kakovost in iztok čiščene vode iz ČN po kakovosti ne razlikuje. Izток čiščene vode iz ČN Tabre tako ne poslabšuje kakovosti Reke Save Dolinke.

Velika je tudi sprememba izboljšanja kakovosti vode v Zelencih. K temu najverjetneje prispeva ne uporaba kemične snežne preparacije planiške letalnice (Svetovni pokal) ob veliki zalogi snežnih padavin v letu 2004.

Leto 2005

Najvišja stopnja splošne toksičnosti in ravni genotoksičnosti je v Zelencih (mogoče na to stanje le trenutno vpliva prireditev smučarskih poletov v Planici).

Čiščena voda iz ČN Tabre ni slabše kakovosti od reke Save Dolinke na tem območju in ne poslabša kakovosti Reke Save Dolinke. Delovanje ČN Tabre je tako zelo učinkovito. Po spektru rezultatov splošne toksičnosti in ravni genotoksičnosti Sava Dolinka na lokaciji pod krajem Dovje zapuša območje občine Kranjska Gora visoke kakovosti.

Leto 2006 in 2007

Iz rezultatov je razvidno, učinkovito delovanje ČN TABRE saj se raven genotoksičnosti surovi neprečiščeni vodi iz 29 odst. t. zniža na 6 odst. t., ter da iztok čiščenih voda iz ČN TABRE ne kaže negativnega strupenostnega (toksičnega) in genotoksičnega vpliva na vodotok Save Dolinke, saj je raven genotoksičnosti pred iztokom 6 odst. t., iztok ima tudi 6 odst. t. in lokacija za iztokom le 5,5 odst. t.

Leto 2008

Vzorčenje je potekalo bolj zgodaj (marec), tri dni po Svetovnem pokalu v smučarskih poletih v Planici (vedeti moramo da vsak obiskovalec prireditve odloži dnevno 1 mg nitratov), kar se nedvomno pokaže v Zelencih, ali vsaj do sotočja Save Dolinke s Pišnico. Dolvodno pa je potrebno iskati vzroke drugje. Ni izključena še ne končana smučarska sezona, morebitna kemična preparacija proge za Svetovni pokal Vitranc, povečani promet, taljenje deloma onesnaženega snega in verjetno tudi zunaj-mejno onesnaževanje, ki ga prinašajo vremenske fronte. Razlika v kakovosti reke Save Dolinke med letom 2007 in 2008 je ne značilna, sploh če še dodamo učinkovito delovanje ČN Tabre.

Leto 2009 in 2010

Vzorčenje je potekalo v marcu (14. 03. 2009) in v letu 2010 v aprilu (13. 04. 2010). Iz rezultatov raziskav v primerjavi z letom 2007 (vzorčenje 18. 04.) in 2010 je razvidno, da je kakovost reke Save Dolinke enako kakovostna, kar je najverjetneje daljši časovni odmik od končane zimske (smučarske) sezone. Podobno sliko pokažejo tudi odpadne komunalne vtočne in nato čiščene vode iz ČN Tabre.

Leto 2011

V primerjavi z celotnim obdobjem raziskav (2001-2010), dosega reka Sava Dolinka (v resorju vzorčnih lokalitet) v letu 2011 najvišjo kakovost.

Leto 2012

Vzorčenje v letu 2012 je potekalo v marcu (09. 03. 2012). Zaznamuje ga sušno obdobje, saj je struga reke Save Dolinke na večjih lokacijah suha. Merno mesto za krajema Dovje in Mojstrana je v letu 2012 v bistvu določena kakovost pritokoma Belci in Bistrici, saj je pred omenjenima pritokoma struga reke presahnjena. Iztočna odpadna voda v reko Pišnico na lokaciji Čičare nekoliko poslabša kakovost reke, vendar se dolvodno reka Pišnica hitro sonaravno samoočisti, kar je sploh značilno za gorske vodotoke. Ali na nekoliko poslabšano kakovost vpliva gradbišče Nordijskega centra v Planici, pa lahko le ugibamo ali predvidevamo.

Leto 2013 – januar / april

V letu 2013 je bila analiza opravljena v januarju (zimski sezona – vzorčenje 21. 01. 2013) in aprilu (po zimski sezoni – vzorčenje 25. 04. 2013). Rezultati raziskav so pokazali, da so bile v zimski sezoni večje obremenitve predvsem na iztočne odpadne vode, in sicer iztok komunalno-meteoroloških vod, ki je bil speljan v reko Pišnico (iztočna voda je imela rahli vonj po pralnem detergentu!) in stalni dotok odpadnih vod na ČN Tabre. V aprilu je bila tovrstna obremenjenost zmanjšana na ČN Tabre. Iztok komunalno - meteoroloških vod pa v aprilu ne kaže bistvene obremenjenosti, kar je tudi razvidno iz Preglednice 3.

ZASEBNI LABORATORIJ ZA RASTLINSKO CITOGENETIKO

Uporaba *Allium metode* za določanje kakovosti okolja in ocene tveganja

Preglednica 3. Primerjava rezultatov genotoksičnih raziskav reke Save Dolinke na območju občine Kranjska Gora v obdobju od 2001 do 2013

Lokacije in leto raziskave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 januar	2013 april
Izvir Nadiže v Tamarju	-	4,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Zelenci	15,15	13,20	12,90	5,50	11,5	-	4,0	12,0	5,5	4,0	3,5	6,5		
Pišnica	11,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Pišnica (Čičare) Iztok komunalno-meteotne vode v Pišnico												5,0	4,5	4,0
Pišnica – HE Pišenca												11,0	9,5	5,5
Sava Dolinka lok.: pred sotočjem Pišnice	-	-	16,0	8,50	9,5	7,0	6,0	9,0	6,0	6,0	4,0	6,0		
Sava Dolinka Lok.: po sotočju Pišnice	17,85	16,16	11,94	6,00	6,5	5,0	5,5	9,0	8,0	5,5	4,0	5,5		
Sava Dolinka – lok.: pred iztokom ČN (80 m)	-	-	-	6,00	6,5	5,5	6,0	8,0	8,0	6,0	4,5	-		
Pritočna surova voda	-	-	-	-	X*	46	29	32,0	44,0	27,0	25,0	37,0	27,0	22,5
Iztočna čiščena voda iz ČN	-	-	-	6,50	7,5	8,5	6,0	10,0	9,0	6,5	5,5	6,0	8,5	7,5
Sava Dolinka – lok.: po iztoku ČN Tabre (80 m)	-	-	-	6,00	5,5	6,0	5,5	9,0	8,0	6,0	5	-		
Sava Dolinka – lok.: po iztoku ČN Tabre (300 m)	-	-	14,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sava Dolinka – lok.: po sotočju Bistrice pod krajem Dovje	14,28	13,33	12,05	5,50	5,5	5,5	5,0	8,5	7,5	5,5	4,5	4,5	5,0	4,0

*Raven genotoksičnosti v surovi nečiščeni vodi se ne dá določiti, zaradi inhibicije rasti korenin testne rastline

7.Literatura

- ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCE (1973). *Ambio* 3.
FISKESJÖ G. (1985). *Hereditas*, 102.
AL-SABTI K. (1985). *Environ. Contam. Toxicol.* 34
ADAMIČ Š. (1989). Medicinska fakulteta, Ljubljana
AL-SABTI K. (1989). *Cytobios*, 58.
AGRESTI A. (1992). *Statistical Science*, 7, 131-153
NIELSEN M. H., RANK J. (1994). *Hereditas* 121.
FIRBAS P. (1999). *DELO - Znanost*, 08. Dec. 1999.
FIRBAS P. (2003). *DELO - Znanost*, 07. Apr. 2003.
FIRBAS P. (2007). *DELO. Znanost*, 04. Jan. 2007
RANK J. (2003). *Ekologija* 1, 38-42.
FIRBAS P. (2004). *ARA založba*, Ljubljana
FIRBAS P. (2006). Izobraževalni portal DZS Ljubljana: www.vedez.dzs.si
KUMAR P., PANNEERSELVAM N. (2007). *Facta Universitatis Series: Medicine and Biology*, Vol. 14(2).
RAGUNATHAN I., PANNEERSELVAM N. (2007). *Journal of Zhejiang University Science B*. 8(7)
FIRBAS P. (2011). *Kemizacija okolja in citogenetske poškodbe. ALLIUM METODA: indikativna metoda za identifikacijo ksenobiotikov v okoljskih vzorcih*. 1. ponatis; EKSLIBRIS, Ljubljana.

02. 05. 2013

Peter Firbas

Raziskave v rastlinski aplikativni citogenetiki

PETER FIRBAS

Univ. dipl. biol.

Ljubljanska c. 74

SI – 1230 Domžale

E-pošta: peter.firbas@gmail.com