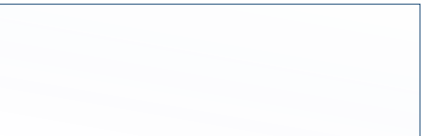


metodika izvođenja ekskurzija na vodnogospodarskim objektima

VODA ZA PIĆE



Sadržaj

Naslovnica	4
1 Opći uvod	5
1.1 Kako se pripremiti za ekskurziju?	8
1.2 Priprema prije izleta	14
1.2.1 Budite pripovjedač	14
1.2.2 Priča o vodi	15
1.2.3 Priča o materiji i energiji	18
1.2.4 Priča o novcu	22
1.2.5 Priča o narodu	24
2 Vlastiti izlet	26
2.1 Ključna pitanja	27
2.2 Kvaliteta vode	28
2.3 Izvor sirove vode	29
2.4 Opis tehnologije	30
2.5 Vodovodna mreža	33
2.5.1 Vodomjeri	34
3 Opis tehnologija	36
3.1 Sječivo	37
3.2 Prozračivanje	38
3.3 Taloženje	40
3.4 Flotacija	41
3.5 Bistrenje / koagulacija / flokulacija	42
3.6 Filtriranje	44
3.7 Ionski izmjenjivači	45
3.8 sorpcija	46
3.9 Higijenska opskrba vodom	49
3.9.1 Kloriranje	49
3.9.2 UV zračenje	50
3.10 Stabilizacija (ravnoteža kalcij-karbonata)	54
3.11 Membranska tehnologija	55
3.12 Upravljanje muljem	56
4 Nakon ekskurzije	57
5 Linkovi i dodatne informacije	58

6 Prilog: Obrazac za informacije o uređaju za pročišćavanje vode.....59

Naslovnica

Ovaj dokument izradio je kolektiv autora: Helena Bakešová, Jakub Sochor, Jitka Czakoiová, Martin Srb, Denisa Čadková, Lenka Procházková, Jindřich Procházka, Andrea Benáková, Eliška Maršálková, Jana Šmídková i Jiří Paul, kao dio projektnog rješenja:



Od kohoutku do záchodu

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Projekt cílí na zlepšování kvality odborných exkurzí a odborných přednášek či demonstrací v oblasti vody. Primárně se zaměřuje na poskytnutí podpory a materiálů pro učitele, odborníky a pracovníky vodo hospodářských společností, kteří provádějí exkurze.

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Voditelj projekta je Udruga za vode



1 Opći uvod

Uređaji za pročišćavanje voda (i pripadajući izvori, akumulacije, crpne stanice, tlačne stanice...) osnovna su građevna cjelina vodnogospodarskog i vodoopskrbnog sustava. Iako je danas malo tko toga potpuno svjestan, svatko od nas posredno koristi ove sustave, čak i svakodnevno. Čovjek ne može izdržati više od 3 dana bez vode, a njezin gubitak osjeti gotovo odmah. Ipak, iz vlastitog studentskog iskustva, moramo sa žalošću konstatirati da se tijekom nastave vrijeme posvećuje manje bitnim temama (npr. kuhanje piva ili razvijanje analognih fotografija), što u pogledu upravljanja vodama dovodi do potpunog nedostatka elementarnih znanja. Primjer je klasična i posve uobičajena zamjena funkcije pročišćavača s uređajem za pročišćavanje vode. U vezi s uređajem za pročišćavanje otpadnih voda ne želimo niti čuti riječ "pročišćavač". Uostalom, studenti i stariji mještani ne znaju odakle im voda koja teče iz vlastite slavine. S niskom razinom informiranosti, ne možemo se iznenaditi da obični ljudi obično nemaju pojma što ovo složeno područje podrazumijeva, pa vodu za piće uzimaju zdravo za gotovo. I upravo to želimo promijeniti ovom metodologijom, a prije svega uz pomoć vas, čitatelja i sadašnjih ili budućih vodiča za uređaje za pročišćavanje vode i prateću infrastrukturu.

Budući da je u školama relativno velik broj redovitih interaktivnih satova, a ponuda znatno premašuje potražnju, odlučili smo iskoristiti najveću pogodnost koju nam priroda našeg područja omogućuje – terenske izlete s naglaskom na lokalne informacije kako bi svaki učenik i student mogao zamisliti put koji voda mora proći prije nego što poteče iz slavine u njegovom domu.

Svaka čast nekolicini operatera vodoopskrbnih sustava koji već provode ovakve edukativne izlete. Međutim, to su uglavnom veliki gradovi; međutim, s naše točke gledišta, važno je ne zaboraviti manje gradove i sela, gdje škole nemaju priliku putovati sat vremena vlakom za ekskurziju do većeg prometa. Stoga želimo pridonijeti tome da se ove ekskurzije počnu odvijati i drugdje i tako povećati svijest o funkcioniranju vodnog gospodarstva u Češkoj Republici s njegovim regionalnim specifičnostima.

Stoga smo metodologiju koju držite u rukama pokušali osmisliti na način da se može koristiti od malih prerađivačkih pogona jednostavne tehnologije do velikih prerađivačkih pogona u regionalnim gradovima s najsuvremenijim tehnološkim postupcima. Budući da su te operacije (iz razumljivih razloga) dijametralno suprotne, naš je posao bio prilično kompliciran. Rezultat toga je da se ovaj dokument sastoji od mnogo pojedinačnih modula koji su praktički neovisni jedan o drugome - za realizaciju ekskurzije u određenom pogonu za preradu ćete stoga odabrati samo one module koji su vama relevantni. Detaljnije informacije o preklapanju dane su izravno uz navedene tehnološke module.

Jednako tako, metodika je namijenjena osnovnoškolcima i srednjoškolcima, pa čak i najznatiželjnim sudionicima ekskurzije (budućim studentima tehničkih sveučilišta). Potrebnu razinu (količinu i stručnost) informacija prikladnu za određenu razinu obrazovanja možete dobiti koristeći samo one dijelove modula koji su relevantni za danu razinu. No, toplo preporučamo da čak i u slučaju ekskurzije "samo" za osnovnu školu, brzo proučite i više razine - ponekad ne biste vjerovali kakva pitanja djeca znaju formulirati i potpuno iznenaditi vodiča. Naravno, ne želimo vas time plašiti.

Ujedno ovoj metodologiji prilažemo i knjižicu vodokomunalnog minimuma u kojoj su detaljnije opisani principi pojedinih tehnologija. Dakle, ako niste sigurni je li ovaj spremnik koagulacijski, flokulacijski ili flotacijski, možete upotrijebiti ovu popratnu literaturu kako biste osvježili svoje školske informacije i osigurali da učenicima i studentima dajete točne informacije.

Ponegdje se u tekstu koristi podjela informacija za pojedine stupnjeve obrazovanja kako bi se interpretacija prilagodila sadržaju priopćene informacije. Dijelove koji nisu ni na koji način obojeni možete koristiti kako želite i nisu namijenjeni samo jednoj ciljnoj skupini.

Osnovne škole – zbog nastave kemije i drugih predmeta prvenstveno se računaju učenici drugog razreda osnovne škole (tj. cca. 11–15 godina).

Srednje škole - cca. 15-19 godina iz različitih škola (gimnazija, industrijske škole, naukovanje...)

Za znatiželjne - upotrebljivo, primjerice, za izlete na izborne seminare iz kemije ili okoliša u maturalnim godinama ili za tehničke klubove mladih i druge interesne ustanove i neformalno obrazovanje. Ili jednostavno za znatiželjne bilo koje dobi.

Međutim, nemojte ovu metodologiju shvatiti kao neku dogmu koju treba slijepo slijediti. Što s tobom, što s montažom, što s grupom, to je individualnost i na to trebaš misliti. Morate sami isprobati što vam odgovara i kako raditi s različitim skupinama ljudi. Znamo da je pred vama nimalo lak zadatak, ali vam se divimo što idete naprijed i trudite se da izlet bude što bolji. Ima smisla!

Ne zaboravimo da je ekskurzija jedinstvena prilika za obraćanje javnosti. Osvijestiti polje, privući pozornost i možda čak nešto promijeniti. Pokušajte što više uključiti djecu, pokazati što je moguće i možda postati razbijač mitova. Djeci možete dati uobičajene savjete, poput: zašto je nakon odmora bolje odustati od određene količine vode iz kućnog vodovoda, zašto kod kuće redovito zagrijavati bojler na višu temperaturu, zašto piti vodu iz slavine, a ne mineralnu, zašto je i koliko skuplje piti vodu u bocama, zašto ne napuniti bazen u vrtu vodom iz vodovoda (odgovore potražite na kraju uvoda). Tko zna, možda baš kroz djecu doprinesete promjeni navika cijele obitelji. Ne zaboravimo da govorimo budućoj generaciji koja će vjerojatno jednog dana odgajati sljedeću generaciju. Prenesimo dobre navike dok možemo.

U isto vrijeme, nemojte se bojati naglasiti s kakvim se problemima operateri suočavaju. Na primjer, možete spomenuti mikrobn oživljavanje vode ljeti ili rizik od smrzavanja rezervoara u zimskim mjesecima. U sklopu ekskurzije također treba obratiti pozornost na povezanost vodnoga gospodarstva s cjelokupnim društvom, naglasiti potrebna zanimanja, financijska sredstva, veličinu i zahtjevnost potrebnih građevina i sl.

Zaključno (i u kombinaciji s prethodnim odlomkom) željeli bismo osvijetliti još jedan aspekt ove metodologije – koliko god je to moguće, nastojali smo tekst osmisliti u stilu pitanja i odgovora. Ne samo zato što se ova pitanja mogu pojaviti izvan sudionika tijekom ekskurzije, već ih možete koristiti i "protiv" sudionika kako biste ih aktivirali.

? Pitanje: Zašto se nakon godišnjeg odmora treba odreći određene količine vode iz kućnog vodovoda?

💡 Odgovor:

Tijekom naše odsutnosti voda stoji u redu bez kretanja, a nakon nekoliko dana higijenska zaštita prestaje biti učinkovita. Ovi čimbenici pružaju pogodno okruženje za rast mikroba u vodi, što može predstavljati zdravstveni rizik za nas. Stoga neka voda iz linije "zamijeni" novom (svježe tretiranom) vodom.

? Pitanje: Zašto redovito zagrijavati kotao na višu temperaturu kod kuće?

💡 Odgovor:

Legionele se najbolje razvijaju u mlakoj vodi. Samo postizanjem više temperature, za koju se često navodi da je barem iznad 60 °C (iznad 55 °C bakterije se više ne razmnožavaju, a od 70 °C ubrzano umiru), spriječit ćemo njihov prekomjerni razvoj u bojleru, a samim time smanjiti zdravstveni rizik od infekcija. Važna je i sama temperatura i vrijeme koje ostaje na svojoj vrijednosti.

? Pitanje: Zašto bih trebao piti vodu iz slavine umjesto flaširane vode? Koliko će poskupjeti?

💡 Odgovor:

Razloga je više: niža cijena, češća kontrola kvalitete tijekom proizvodnje, manje opterećenje okoliša. Cijena vode iz slavine (koja se ponekad naziva i voda iz slavine) naravno ovisi o području (možete odrediti točnu za svoju regiju), ali obično je više od 100 puta jeftinija od flaširane vode. Štoviše, često se radi o potpuno istoj vodi, samo što je flaširana nekoliko mjeseci u skladištu.

? Pitanje: Zašto je bolje piti vodu iz slavine nego mineralnu?

💡 Odgovor:

Netko bi mogao pogrešno pomisliti da je mineralnu vodu dobro piti svaki dan, ali nije tako. Svaka mineralna voda ima specifičan kemijski sastav i obično nije (i ne mora) biti u skladu sa zakonima o vodi za piće. Zbog visokog sadržaja i neravnoteže iona ne preporuča se prekomjerno i dugotrajno pijenje.

? Pitanje: Zašto ljeti ne napuniti bazen vodom iz slavine?

💡 Odgovor:

Linija vode nije prilagođena za punjenje bazena, pogotovo ako više stanara odjednom dobije ideju. Velike brzine protoka u cjevovodu mogu uzrokovati zamućenje vode (sedimenti iz cjevovoda ispuštaju se u vodu). Osim toga, količina vode nije proračunata, pa može kasnije nedostajati voda iz akumulacije (vodonakumulacija). Jednako je važno spomenuti naknadni pad pritiska u mreži, čime se osigurava kako transport vode do potrošača, tako i zaštita od prodora zemljišne vode u vodovod, odnosno onečišćenja. Ovi se problemi mogu lako izbjeći naručivanjem spremnika od vodovodne tvrtke.

Za radoznale - vodoinstalaterske serije. Mnogi ljudi koriste izraz vodoinstalaterski propisi. Ovo nije točno. Točan izraz je vodena linija. Naziv dolazi od riječi serija

1.1 Kako se pripremiti za ekskurziju?

Kako bi ekskurzija zainteresirala posjetitelje, a ujedno iz nje ponijela znanje za sljedeći život, potrebno je za nju se pripremiti i interpretaciju prilagoditi publici, njezinoj dobi, iskustvima i interesima. Istodobno, ekskurziju je dobro učiniti što interaktivnijom (čime se razlikujete od ostalih eksplanativnih satova, npr. obilazaka dvoraca i dvoraca).

Ne zaboravite da su ekskurzije s dužim teoretskim dijelom prikladnije za srednjoškolce. Mlađi sudionici imaju znatno nižu razinu koncentracije, zbog čega je potrebno razmišljati što praktičnije, čak i pod cijenu manjeg obima prenesenih informacija.

Posebno je dobro znati:

- **Koliko će posjetitelja doći**

Ne samo što se tiče interpretacije, budući da se pozornost smanjuje s povećanjem broja sudionika, već i s obzirom na tehnički raspored - hoće li cijela ekskurzija stati, na primjer, u komoru za rukovanje rezervoara ili u kontrolnu sobu? U oba slučaja nemojte se bojati podijeliti grupu na dvije ako ima dovoljno ljudskih resursa.

- **Koliko imaju godina i iz koje su škole?**

Učenici industrijske škole usmjerene na automatizaciju bit će zainteresirani za drugačije informacije od učenika humanističkih gimnazija, a oni pak za drugačije informacije od budućih medicinskih sestara; ekskurzija će izgledati drugačije za učenike 6. razreda osnovne škole bez znanja kemije.

- **Koja je svrha ekskurzije?**

Bilo da se primarno prenose teorijska znanja o hidrotehničkim procesima, ili je teoretska nastava već održana u školi, a cilj ekskurzije je provjera stečenog znanja u praksi; ili uvesti opis poslova zaposlenika (karijera u vodnom sektoru)? Često cilj može biti samo podizanje svijesti da pitka voda nije samo po sebi razumljiva te da iza njezine proizvodnje stoji puno rada, a pritom na njezinu kvalitetu utječe i naše ponašanje prema okolišu.

- **Koliko vremena imate za ekskurziju?**

Tipično vrijeme je dva nastavna sata, tj. otprilike 1,5 sat; no to ne ovisi samo o dobi sudionika, već i o udaljenosti škole od zgrade pročištača - ovaj aspekt obilaska uvijek je potrebno unaprijed dogovoriti s nastavnim osobljem.

Dobro je unaprijed pripremiti opće informacije o postrojenju za pročišćavanje vode; obrazac koji možete koristiti za to nalazi se u Dodatku ovog dokumenta.

- **Lokalna povijest**

Pogledajte poglavlje "Vaš vlastiti izlet"

- **Koliko vode proizvedete u sekundi, dnevno i godišnje**

Za bolju predodžbu, preporučljivo je pretvoriti u neke pristupačnije jedinice, pogledajte tablicu u nastavku.

Jedinica	Volumen
Olimpijski bazen (dubina 2,5 m)	3.125 m ³
seoski ribnjak	reda veličine tisuća m ³

željeznička cisterna	46 – 90 m ³
tenk na šasiji T815	9 m ³
tenk na šasiji V3S	3,5 m ³
kupka	100 – 200 l
kanta	star 12 godina
kanta za zalijevanje vrta	5 l

- **Gdje isporučujete vodu, u koje gradove, općine, lokalna područja**

Bilo samo na bližu okolinu, bilo na udaljenije općine, bilo da je pročištač spojen na grupni vodovod. Slobodno uzmite kartu ili fotografiju područja iz zraka kao pomoć.

- **Koliko ljudi opskrbljujete vodom?**

Naravno, za ideju vam ne treba točan broj, već red veličine.

- **Koliko je duga vodovodna mreža i od kojeg je materijala?**

Opet je moguće zumirati, npr. udaljenost od mjesta ekskurzije, odnosno od centra grada/sela sudionika do grada XY; koliko rezervoara, benzinskih postaja i drugih zanimljivih objekata ima na njemu. Možete koristiti, na primjer, izlaz karte iz GIS-a, gdje (u tiskanoj verziji) djeca mogu pronaći gdje voda dolazi do njihove kuće. Uvijek je bolje imati vizualni materijal za razgovor kako bi se djeca bolje snašla. Pritom će se djeca vjerojatno iznenaditi koliko je vodovodna mreža duga i složena.

- **Koliko električne energije trošite za proizvodnju vode?**

Možete usporediti s potrošnjom kod kuće - prosječna potrošnja električne energije u Češkoj 2023. godine za 1 kućanstvo bila je 3.500 kWh/godišnje, što odgovara televizoru uključenom neprekidno godinu dana (a to nije malo - možete podsjetiti djecu kako ih roditelji apeliraju da ugase TV kada ga ne gledaju).

- **Cijena vode u odnosu na flaširanu vodu**

Za bolju ilustraciju, pogledajte 1,5 litara, kada je cijena pakiranja najmanje 8 CZK; to otprilike odgovara cijeni 1 m³ uzetog iz okoliša za prečišćavanje u pitku vodu (djeca obično nemaju pojma da i tu vodu plaćaju). Alternativno, možete usporediti s drugim pićima kao što je cola limunada. Djeci ne morate odmah otkriti cijenu – pitajte ih što često piju i koliko plaćaju bocu. Ako se nitko ne usudi, počni sam. Zatim usporedite s proizvedenom vodom u postrojenju za pročišćavanje.

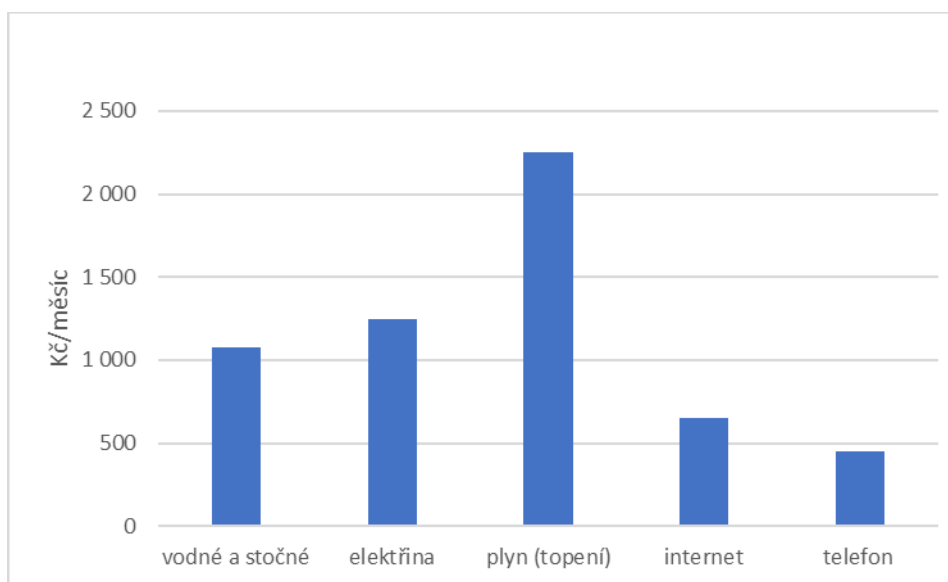
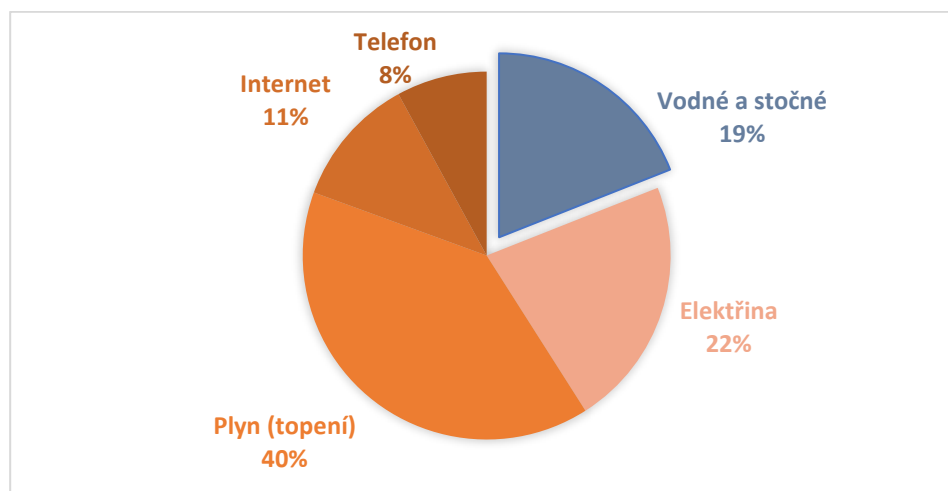
- **Cijena vode u odnosu na ostale mjesečne troškove**

Pripremite grafikon koji prikazuje koliko prosječno kućanstvo u vašoj regiji plaća vodu, a koliko druge komunalije i usluge kao što su kabela TV, internet i telefon. Iznenadit ćete se koliko je nizak udio troškova osnovne (možda čak i najosnovnije) ljudske potrebe, vode, u usporedbi s strujom, plinom ili internetskom vezom.

Primjer usporedbe s uobičajenim cijenama u 2024. godini:

Servis	Prosječni mjesečni trošak	Postotni udio
Vodovod i kanalizacija	1080 čeških kruna	17,9 %

Struja	1250 CZK	20,7 %
Plin (grijanje)	2250 CZK	37,3 %
Internet	650 CZK	10,8 %
Telefon (mobilni)	450 CZK	7,5 %
Ostalo grijanje	varijabla	-
Ukupno	6030 čeških kruna	100 %



- **Koje se skupine tvari uklanjaju u postrojenju za pročišćavanje vode i koje tehnologije se za to koriste**

Naćini uklanjanja i znaćaj pojedinih tvari za organizam i okoliš detaljno su opisani u sljedećem dijelu ove metodologije. Međutim, razmislite fokusira li se tehnologija i na uklanjanje nećeg manje uobićajenog. Na

primjer, neke podzemne vode mogu imati više razine nikla ili drugih metala. Na drugim mjestima voda može biti bogata radonom. Ne zaboravite djeci naglasiti da je to nešto tipično za ovaj kraj.

Razmisli o:

- **Kamo vodite posjetitelje?**

Što se tiče njihove sigurnosti, sigurnosti u prometu, kapaciteta prostora (npr. pokušajte izdvojiti mjesto gdje mogu ostaviti ruksake – bolje je da ne hodaju s njima po cijelom prerađivačkom pogonu), vremenskog okvira obilaska i udaljenosti između pojedinih mjesta.

Imajte na umu da djeca u školi imaju puno objašnjenja, na ekskurziju idu prvenstveno da bi nešto vidjeli (sat vremena predavanja u sali za sastanke i pola sata u prometu nije baš ono što bi oduševilo djecu). Provjerena metoda izletničke rute je hodanje u smjeru toka vode na pročistaču.

Ako znate da idete na bučno mjesto, pokušajte objasniti sudionicima što će tamo vidjeti prije ulaska u zgradu. Na vama je hoćete li s detaljnijim opisom krenuti prije ili nakon ulaska u mjesto.

Zbog složenosti nekih tehnologija, za opisivanje procesa mogu se koristiti i grafički dijagrami. Ne zaboravite da djeca ne mogu izdržati dugo objašnjavanje na jednom mjestu. Zbog toga je preporučljivo djeci prije ulaska objasniti što će vidjeti, dogovoriti se što ćete im pokazati i kojim redoslijedom (prvi ulaz, drugi izlaz, treći...), pustiti ih da kratko pogledaju i potom izaći iz zgrade. Zatim ćete uzeti dijagram u ruke i detaljnije objasniti proces. Prije nego prijedete na sljedeću stanicu, pitajte djecu žele li ponovno pogledati unutra kako bi vidjeli tehnologiju sa svojim novostečenim znanjem.

- **Koje glavne informacije sudionici trebaju ponijeti s ekskurzije?**

Ova se točka može činiti trivijalnom, ali nemojte je preskočiti, molim vas. Koji je minimum koji svaki sudionik mora ponijeti s vašeg izleta? Razmislite o tome, zapišite nekoliko točaka i prema tome isplanirajte svoj izlet. Slobodno ponesite papir sa sobom na izlet i stalno provjeravajte jeste li zaboravili nešto važno spomenuti s popisa. Ponavljanje je majka mudrosti, pa je u redu nešto spomenuti više puta. Slobodno ponavljajte s djecom između poteza – postavljajte im pitanja da vidite jesu li razumjeli informacije iz prethodne postaje.

- **Kako i gdje ćete ih zvati zajedno s vremenskom nadoknadom za pojedinačna zaustavljanja**

Čovjek je biće koje loše procjenjuje koliko će stvari trajati. Upamtite da je ponekad manje više. Ako ostane vremena, možete odgovoriti na dodatna pitanja djece i ponoviti s njima. Definitivno je bolji osjećaj nego voditi dugi monolog i stisnuti ste s vremenom. Osim toga, djeca mogu iz izleta ponijeti više informacija.

Imajte na umu da nije vaš posao ubijati sve informacije u djecu tijekom kratkog izleta. Vaš glavni zadatak je zainteresirati sudionike za teren. Dajte im dio svog entuzijazma i motivacije. Uostalom, mnogi od nas su na terenu jer voda je neophodna za život i naš rad zaista ima viši smisao.

- **Što ćete im pokazati i demonstrirati, što mogu sami isprobati u vašim uvjetima**
- **Što bi vas mogli pitati?**

U svakom poglavlju nastojali smo uključiti nekoliko tipičnih pitanja na zadanu temu te na njih dati kratke odgovore. Konkretno, pokušali smo odgovoriti u tri rečenice. Pokušajte razmišljati na isti način - imate li još kakvih pitanja? Ako jesu, zapišite ih i pripremite kratke odgovore. Uostalom, tijekom ekskurzije obično nema vremena za opširnije odgovore.

- **Ono što ti u njihovim godinama nisi razumio a htio bi razumjeti**

Razmislite o onome što mislite da je važno. Što biste željeli ostvariti u mladosti? Sada je vrijeme da to objasnite nekom drugom. Možda neće odmah shvatiti, možda će proći neko vrijeme, ali tko zna, možda će vas se dugo sjećati i radovati se stečenom znanju.

- **Što ćete ih pitati?**

Pitanja kako bi obilazak bio interaktivniji, au isto vrijeme kako bi se saznalo početno stanje znanja sudionika o zadanoj problematici. No, ne morate provjeravati samo početno znanje. Nemojte se bojati provjeriti stečeno znanje tijekom ekskurzije. Ovo je izvrstan oblik povratne informacije za vas – jesu li razumjeli informacije iz moje prezentacije i gdje imaju nedostatke? Štoviše, postupno ponavljanje jedna je od najboljih metoda učenja. Učenici imaju priliku aktivno se prisjećati informacija, što će im pomoći u prijenosu znanja iz kratkoročnog u dugoročno pamćenje. Ali imajte na umu da sada podučavamo, a ne testiramo!

Iznad svega, postavljajte pitanja i pobrinite se da razumiju stvari s vašeg popisa "Koje su glavne stvari koje bi sudionici trebali ponijeti s ekskurzije".

S druge strane, mora se reći da neki učenici uopće ne vole pitanja, niti odgovore na njih, a ta se odbojnost povećava s godinama; pa nisi ti kriva ako ti nitko ne želi sam odgovoriti. Didaktičku važnost ima i „govorno“ pitanje, nakon kojeg slijedi kratka pauza, kada slušatelji obično razmišljaju, iako voditelj tada odgovara, slušatelji također pokušavaju oblikovati odgovor svojim riječima, što pozitivno utječe na razumijevanje i pamćenje gradiva.

Ako smatrate da ste naišli na jako sramežljivu grupu, pokušajte započeti s vrlo lakim pitanjima i dajte sudioniku nagradu za točan odgovor (slatkiš, olovka, drugi reklamni predmet), možda kako biste ga motivirali da bude aktivniji za buduća pitanja.

Osigurajte i pripremite unaprijed:

- **Potrebni dokumenti koje zahtijeva operater objekta (obično na primjer zdravlje i sigurnost)**
- **Potrebna zaštitna oprema, po potrebi (rukavice, kacige, zaštitni prsluci...)**
- **Radni listovi za posjetitelje (po dogovoru s profesorima)**
- **Pomagala za ilustrativne primjere**

Na primjer:

- mobilni ručni testovi (ponekad zvani testovi kapljica) - obično za operativna mjerenja klora, željeza, mangana ili pH,
- alat,
- vodomjer (idealno i rastavljen),
- oprema za uzorkovanje vode u pojedinim tehnološkim fazama (+ automatski uzorkivač),
- uzorak filtarskog materijala u čaši.

Također preporučujemo pripremu pojednostavljenog tehnološkog dijagrama, bilo za dijeljenje sudionicima, ili drugu opciju - redovito prikazivanje trenutne lokacije na velikom formatu. Mi preferiramo drugu opciju, jer sudionici ionako vjerojatno neće zadržati papire (oni domišljatiji će ih izgubiti već tijekom ekskurzije pa ćete ih imati priliku loviti npr. iz otvorenih pješčanih filtera). Osim toga, na velikom formatu djeca mogu bolje vidjeti kada ih prikazujete u masi i manja je vjerojatnost da ćete izgubiti njihovu pozornost. Nakon nekoliko ekskurzija shema se pokazala i ako ste u prilici, preporučamo kaširanje papira do kraja života.

- **Male nagrade za posjetitelje,**

ako je dostupno (na primjer olovke tvrtke, bomboni...). Toplo preporučujemo ovu točku. Ipak, nemojte ništa davati besplatno - za točan odgovor, dobro pitanje (vrlo znatiželjno - ovo će vam "kupiti" malo vremena za razmišljanje hoće li vas pitanje doista iznenaditi).

1.2 Priprema prije izleta

Ovaj dio govori o pripremama za školu - što bi trebali učiti u školi, s kojim informacijama raditi, pripremi radnih listova, zadacima za ekskurziju. No, podsjetimo na ograničeni vremenski raspon koji tome posvećuju i potrebu za pripremljenim materijalima koje će odmah moći koristiti.

Zbog sveukupne složenosti problematike i s pedagoškog stajališta, savjetuje se da sudionici ekskurzije završe teoretsku pripremu prije same ekskurzije - povećat će se količina zapamćenih informacija i nećete morati razgovarati o osnovnim temama poput ciklusa vode izravno na uređaju za pročišćavanje. No, znamo da je to, posebno u većim gradovima, teško zbog skućene razine izvannastavnih aktivnosti u školama. Stoga je potrebno razmotriti mogućnosti s određenim pedagoškim radnikom koji će u ime škole voditi ekskurziju. Razgovarajte sa svojim učiteljem kako biste znali što možete očekivati.

Pripremu u školi možete obaviti ili sami (naravno, ova opcija je bolja, jer možete kombinirati predavanje s ekskurzijom), ili pedagoški radnik; materijali (prezentacije, radni listovi, fotografije...) pripremljeni su za oba slučaja u okviru ovog projekta i možete ih pronaći na njegovim web stranicama.

1.2.1 Budite pripovjedač

Definirajmo što želimo reći, gdje i kome, koje priče projicirati u narativ. Ono što želimo da sudionici ponesu.

Ovo bi se poglavlje moglo smatrati produžetkom, ali nadamo se da ćete u njemu pronaći nešto zanimljivo i nadahnuto. Priče doprinose oživljavanju klasičnog izletništva. Jeste li ikada razmišljali koliko važan može biti način na koji se izražavate? Jer način na koji prenosimo informacije jednako je važan kao i ono što kažemo – često ako ne i više kod djece. Pogotovo ako želite angažirati sudionike.

Povijesno gledano, pripovijedanje je bilo glavni način prenošenja informacija i iskustava među ljudima. Još uvijek se smatra najučinkovitijom metodom privlačenja ljudi. Za razliku od "suhih" činjenica, priče imaju osobnu razinu, specifičan zaplet i često u nama pobuđuju emocije koje nam još više pomažu da shvatimo i obradimo informacije. Osim toga, ljudi obično dulje i lakše pamte priče. A kada im se kaže posebno dobro (utjecaj je "jak"), mogu ostati s nama cijeli život. Vjerojatno svi nosimo nešto od toga u sebi, zar ne? Ponekad nas čak inspiriraju.

Da bi priča bila dobra, mora biti pažljivo osmišljena i pripremljena. Oslanjanje na nešto što se pojavi na licu mjesta obično se ne isplati. Osim toga, trebamo paziti da ne izdamo vlastito tijelo – kaže se da je više od 90% komunikacije neverbalno. Stoga obratite posebnu pozornost na geste i izraze lica. No, svakako nije poželjno pretjerivati, pogotovo ako niste navikli - ne želite ispasti izmišljeni. Ne brinite, za sve je potrebna samo praksa. Vidjet ćete da ćete svakim sljedećim izletom napredovati. Ne zaboravite da su najučinkovitije priče one iz vlastitog iskustva, stoga se nemojte bojati ekskurziju "začiniti" pričama s terena.

U sklopu ovog projekta razmišljali smo o mogućim pričama za vas i osmislili tri važne linije priče koje će pomoći u ilustriranju pojedinačnih događanja i procesa na postrojenjima za pročišćavanje – ovo je priča o vodi, priča o tvarima i energiji i konačno priča o ljudima. Koju ćete od priča više promovirati, ovisi prvenstveno o svrsi ekskurzije.

Cilj postavite u zajedničkom razgovoru s nastavnikom, puno prije same ekskurzije. Ako na ekskurziju dolazi skupina učenika koji nisu previše upoznati s tim područjem, ima smisla posebno se fokusirati na priču o vodi – kako sirova voda postaje tretirana voda koja teče iz kućne slavine. Međutim, kada razgovarate sa starijim učenicima koji već imaju osnovno znanje o kemiji, ima smisla uključiti raspravu o energiji, cijenama vode i kemikalijama koje su potrebne za tretman, bilo da se koriste ili posebno uklanjaju iz vode. Za studente koji su

pokazali izravan interes za to područje, ili istražuju mogućnosti budućeg zaposlenja, nudi se vođenje kroz priču ljudi koji rade na postrojenjima za pročišćavanje vode. Analiziramo pojedinačne priče u sljedećim pododjeljcima. Možete se inspirirati našim pričama, kombinirati ih ili jednostavno izmisliti svoju. Vi ste pripovjedač.

U većini dolje opisanih odjeljaka postoje pitanja s kojima ćete se vjerojatno susresti - možete se ili "samo" pripremiti odgovoriti na njih ili ta pitanja izravno uključiti u svoju prezentaciju.

1.2.2 Priča o vodi

Voda je praktički posvuda oko nas - ne samo u obliku rijeka, bara i jezera, već i u snijegu, atmosferskoj vlazi i vlazi u tlu; čak smo i mi puni vode. Oko 60% našeg bića čini voda – nije li to dobar razlog da imamo najbolju moguću vodu za život? Moglo bi se činiti da onda nema problema da svi imaju pristup vodi koja je neophodna za život. No, istina je upravo obrnuto – velika većina vode u prirodi nije namijenjena dugoročnoj izravnoj potrošnji bez negativnih učinaka na ljudski organizam te je s njom potrebno postupati u skladu s tim; i to je zapravo ono o čemu se radi cijelo područje vodnog inženjerstva. Pa da vidimo odakle dolazi voda iz slavine. Drugim riječima, što se mora dogoditi prije nego što vodu za piće natočimo u čašu kod kuće, što mnoga ne samo djeca nego i odrasli uzimaju zdravo za gotovo.

Kao priču o vodi, moguće je započeti s opisom ciklusa vode, odnosno isparavanjem vode iz oceana, njezinim transportom u obliku oblaka i posljedičnim oborinama do nas. Nakon toga voda na neki način dospije u izvor sirove vode za pročišćivač i u tehnologiju. No, priča tu ne završava i iskorištena voda se čisti i vraća u prirodu, gdje je netko drugi može koristiti nekoliko puta prije nego što voda poteče natrag u ocean.

? Pitanje: Koliko vode ima na planetu i koliko je pitke/pitke vode?

💡 Odgovor:

Vodena tijela zauzimaju gotovo 71% Zemljine površine. Od ukupnog volumena vode, velika većina je u svjetskim oceanima i morima (97,7%), ledenjaci i dugotrajni snježni pokrivači, primjerice, na polovima zahvaćaju 1,7% svjetskih zaliha vode. Samo 0,6% nalazi se u tlu i okolišu tla (nazivamo je podzemnom vodom), a 0,01% zadržava se u slatkovodnim jezerima, umjetnim akumulacijama i riječnim koritima (površinska voda), iz oba ova izvora tretiramo vodu za potrošnju. Dakle, recimo da radimo s otprilike 0,61% ukupne vode na planeti - to nije niti jedan posto!

? Pitanje: Koliki postotak nas, ljudi, čini voda?

💡 Odgovor:

Oko 60% nas je voda.

? Pitanje: Koliko dugo čovjek može izdržati bez vode?

💡 Odgovor:

U prosjeku možemo izdržati 3 dana bez vode.

Studija iz 1944. navodi da osoba može preživjeti bez vode u redoslijedu jedinica dana. No, potrebno je znati da se dio vode nalazi i u hrani koju jedemo, a veliki utjecaj imaju i klimatski uvjeti. Kako prenosi BBC, rekorder je mladi austrijski mason kojeg je policija 1979. godine zatvorila u ćeliju istražnog zatvora i potom zaboravila na njega. Navodno je bez vode izdržao 18 dana.

? Pitanje: Koje oblike vode poznajemo?

💡 Odgovor:

U prirodi vodu možemo susresti u tri različita oblika (skupine) – krutom, tekućem i plinovitom, pa čak i u isto vrijeme. Kada kažemo voda, najčešće mislimo na njenu tekuću fazu, koja nam dotječe rijekama, kišama iz oblaka i koju pijemo. No, voda može biti i plinovita - vodena para, koju vidimo kako lebdi iznad čaja i koja isparava pri kuhanju hrane. Posljednji oblik je, naravno, čvrsta voda - led na kojem se zimi klizamo, a kojim ljeti želimo rashladiti limunadu.

? Pitanje: Odakle dolazi naša voda?

💡 Odgovor:

Vjerojatno ćemo saznati da će padati kiša. To je pravi odgovor, ali pitajmo vrijedi li i za podzemne vode. I da, i ovdje je točan odgovor da je podzemna voda također bila kišnica. Razlika između podzemlja i površine samo je u duljini ciklusa i vremenu zadržavanja ovdje.

Sva voda u Češkoj dolazi od oborina, a sva voda iz Češke postupno otječe u more. Dakle, potpuno smo ovisni o kišnici.

SŠ: Znete li da Pilsner pivo ima tako izuzetan okus upravo zbog korištene podzemne vode? Stoga, čak i da netko kuha po istom receptu, pivo ne bi imalo ni približno isti okus zbog drugačijeg osnovnog sastojka, vode. Pivo također ima veliku prednost što se voda tijekom proizvodnje kuha, čime se uništavaju svi štetni mikroorganizmi koji se nalaze u vodi. Povijesno gledano, čak su i djeca pila pivo jer je bilo sigurnije od vode za piće. To dokazuje i londonska vodena epidemija, kada se jedino zaposlenici pivovare nisu zarazili (jer su uglavnom pili pivo).

Zanimljivo: Jeste li znali da voda ne može nastati sama od sebe? To znači da podzemna voda može biti stara nekoliko desetaka tisuća godina, a svaku vodu prije nas već je pio ogroman broj ljudi i životinja.

? Pitanje: Koja je razlika između površinske i podzemne vode?

💡 Odgovor:

Voda iz rijeka, jezera i akumulacija, odnosno voda vidljiva na površini, je površinska voda. Sve što je uzeto iz zemlje (iz podzemlja) već je podzemna voda.

? Pitanje: Koliko se vode godišnje proizvede u Češkoj?

💡 Odgovor:

U 2022. godini u Češkoj je proizvedeno ukupno 576 milijuna kubičnih metara pitke vode, što odgovara manje od dva rezervoara Lipno.

? P: Koje industrije koriste pročišćenu vodu?

💡 Odgovor:

Svakako svaka industrija koristi vodu u svojoj proizvodnji. Bilo da se radi o jednoj od sirovina ili samo o rashladnoj vodi. Ovdje ćemo navesti samo nekoliko primjera. Poljoprivreda je nedvojbeno na vrhu ljestvice potrošnje. Možda će iznenaditi sudionike, ali 70% svjetske slatke vode (oko 3% vode na planetu uključujući zamrznute zalihe; manje od 1% za konvencionalne izvore) koristi se u poljoprivredi. To je skoro $\frac{3}{4}$ od ukupnog broja! No, poljoprivreda nije jedina. Odjevna industrija također troši ogromne količine vode. Da ne spominjem da se većina odjeće koja se napravi nikad ne nosi. Ali to je vjerojatno tužna priča za drugi put. Osim toga, vodu koristi prehrambena industrija - ona često treba redovito dokumentirati zadovoljavajuće analize vode za svoje aktivnosti. Sigurno su djeca čula da je proizvodnja elektronike zahtjevna po pitanju vode – sve te baterije veliki su teret za okoliš. S dobrom električnih automobila potražnja za vodom je još veća. Još ako pomislimo koliko je vode potrebno da se ugasi tako gorući električni automobil...

Za znatijeljne: Najzahtjevnije kultivirane biljke u pogledu potrošnje vode su pamuk, šećerna trska, pšenica, kukuruz i riža. Iznenadjuće, to uključuje i orašaste plodove koji se često uzgajaju u područjima s malo vode.

? Pitanje: Što je vodeni žig?

💡 Odgovor:

Vodeni otisak nam govori koliko se svježe vode koristi (izravno ili neizravno) za uzgoj usjeva ili proizvodnju određenog proizvoda. Dakle, to je određeni pokazatelj koji nam pomaže da naučimo opterećenost okoliša.

Postoje i neke vrste vodenih tragova, ali se svakako ne isplati ići tako daleko na izlet. Ali ako djeci oduzmu informaciju da vodeni otisak postoji i da je to dobar način da se ocijeni naše ponašanje prema vodi, bit će djelomično pobijeđena.

Za znatijelnike: Za predodžbu, po kilogramu junetine troši se oko 15,5 tisuća litara vode. Vodeni otisak je dakle 15,5 tisuća l/kg mesa. Za usporedbu, primjerice, riža ima oko 1,6 tisuća l/kg. Dakle polako deset puta manje od govedine.

1.2.3 Priča o materiji i energiji

Ako su djeca već dobro upoznata s pričom o vodi ili ako su stariji učenici sa sviješću o kemiji, prikladno je u ekskurziju uključiti priču o tvarima i energiji. Uostalom, tretman vode je daleko od jednostavnog i besplatnog. Ovo je vjerojatno jedna od najpogrešnijih pretpostavki općenito. Svi tada imaju osjećaj da vode ima u izobilju svuda oko nas, a vodovodi samo žele izvući novac od ljudi. A suprotno se pokazuje istinitim kada se počnemo zanimati za cijene vode. Vjerojatno malo ljudi zna da se zahvatanje sirove vode naplaćuje. Osim toga, moramo crpiti sirovu vodu i ta energija također nešto košta. A kada govorimo o energijama, tu izostavljamo jednu bitnu – ljudsku energiju, bez koje prerađivački pogon definitivno ne bi. Srećom, o tome će biti riječi u sljedećem poglavlju.

Koliko koštaju kemikalije koje moramo dodati u vodu da bismo je tretirali? U postrojenjima za pročišćavanje obje vrste voda koristi se širok spektar kemikalija bez kojih to ne bi bilo moguće jer voda ne bi zadovoljavala zakonske zahtjeve i mogla bi ugroziti zdravlje potrošača. No, ne radi se samo o tvarima koje dodajemo u vodu, već uglavnom o onima kojih se u vodi želimo riješiti.

? Pitanje: Koje se tvari nalaze u vodi?

💡 Odgovor:

Općenito, možemo razlikovati kemijske i biološke parametre koje pratimo u vodi. Tvari u vodi se prema veličini dijele na neotopljene, koloidne i otopljene tvari. Naravno, one najveće je najbolje ukloniti (one neotopljene). Tvari mogu biti anorganske ili organske prirode. Općenito, možemo govoriti o solima, metalima, plinovima, mikropolutantima, patogenima, ali i bezopasnim mikroorganizmima i tvarima korisnim za zdravlje.

Srednja škola: Sljedeći dio namijenjen je prvenstveno srednjoškolcima koji već imaju solidne temelje iz kemije, jer tek tada će se u potpunosti razumjeti sve posljedice i veze. Ovdje su parametri vode koji su važni.

? Pitanje: O kojim koncentracijama ćemo govoriti?

💡 Odgovor:

Možete pitati djecu što misle kolike su koncentracije pojedinih tvari u vodi. Vjerojatno će se iznenaditi da nijedna tvar u običnoj vodi ne prelazi vrijednost od četvrtine grama po litri. Neki (željezo ili mangan) su najviše u jedinicama miligrama po litri, za teške metale ili pesticide možemo ići i do desetaka mikrograma po litri.

1 gram po litri je otprilike 1 dio tvari na 999 g vode. Miligram tada odgovara razrijeđenju od 1:1.000.000, au slučaju mikrograma onda 1:1.000.000.000.

? Pitanje: Koje tvari i onečišćenja možemo normalno susresti u vodama?

💡 Odgovor:

željezo i mangan – Oba ova parametra uvjetovana su geološkim supstratom i sasvim su normalan dio praktički svake podzemne vode. Osim toga, željezo može doći iz starijih internih distribucijskih sustava

izravno u domove (pa ako kod kuće teče zahrđala voda, to možda neće biti problem u postrojenju za pročišćavanje). Dobra vijest je da u uobičajenim količinama (miligrami po litri) nisu štetni za zdravlje – međutim, problem su primjerice kod kuhanja ili pranja, gdje mogu rezultirati smeđim mrljama na odjeći. Međutim, sumnja se da visoke koncentracije mangana imaju negativan učinak na živčani sustav.

nitriti i nitriti – Dušikovi spojevi ulaze u vodu poljoprivrednim aktivnostima (gnojidba) ili procjeđivanjem organskog materijala u vodu. Za odrasle ne predstavljaju problem, ali za djecu je potrebno pratiti te parametre (zato se dječja voda definira uglavnom prema sadržaju dušičnih tvari). Nitriti se u ljudskom tijelu pretvaraju u nitrite, koji nepovratno reagiraju s hemoglobinom u methemoglobin. Methemoglobin više nije u stanju prenositi kisik, što može rezultirati gušenjem djeteta (u "lakšim" fazama postupno plavi).

radiološki parametri - Možda će vas ovaj podatak iznenaditi, ali praktički je svaka voda radioaktivna, pa čak i voda za piće. No, ne morate se brinuti - granice su vrlo strogo postavljene tako da ste u opasnosti od akutnog radijacijskog sindroma (glavobolje, povraćanje) ako popijete 45 milijuna m³ vode odjednom (oko šestine VN Slapy). Najčešći izvor radioaktivnosti u vodi je (kao iu zraku) radon-222, zatim kalij-40, uran-235 i uran-238. Sve su to prirodni radionuklidi i kontaminacija od npr. Černobila nije problem.

mikrobiološki parametri:

Ovo bi također moglo biti zanimljivo jer svaka voda sadrži određenu količinu mikroorganizama. Međutim, dekret ograničava sve nepovoljne i opasne mikroorganizme na nulu i dopušta samo one bezopasne ili mrtve u vodi. Postoje deseci tisuća mikroorganizama u pročišćenoj vodi, a samo je vrlo mali dio pogodan za uzgoj. Općenito, samo 0,27% se može uzgajati iz sirove vode, manje od 0,01% u tretiranoj vodi. Drugim riječima, samo tako mali postotak može se izolirati i naknadno odrediti konvencionalnim metodama kulture.

Brojni su uzročnici koji se mogu pronaći u vodi, a povijesno gledano, najvažnije vodene epidemije u svijetu bile su kolera (opasna dijarealna bolest) i tifus (iznenadna groznica i po život opasna dehidracija).

Pri ocjeni mikrobiološke ispravnosti analizom se ne traže specifični štetni mikroorganizmi (patogeni). Potraga za pojedinačnim organizmima bila bi ne samo dugotrajna, već i tehnički zahtjevna, pa se tijekom istraživanja epidemije obično fokusiramo samo na određeni organizam. U normalnim uvjetima provode se grupna određivanja tzv. indikatorskog sustava. To se može shvatiti na način da uvijek slijedimo predstavnika koji nam pokazuje jesmo li uspjeli ukloniti određenu skupinu mikroorganizama iz vode. Indikatori fekalnog onečišćenja koriste se diljem svijeta za traženje bakterija koje se obično nalaze u crijevima toplokrvnih životinja. Tipični pokazatelji uključuju Clostridium perfringens, Escherichia coli (E. coli) i enterokoke.

Clostridium perfringens – ukazuje na uspješnu eliminaciju parazitskih protozoa. Nalaz takve bakterije jasno ukazuje da je voda došla u kontakt s fekalijama i da može predstavljati opasnost po zdravlje.

E.Coli – to je bakterija koja se često pojavljuje u našim crijevima, ali postoje i patogeni sojevi ove bakterije. Posljedice infekcije mogu varirati od krvavog proljeva do zatajenja bubrega (osobito u male djece).

Legionella - otkrivena je 1976. godine zahvaljujući misterioznoj epidemiji u SAD-u. Za razliku od prethodno navedenih bakterija, infekcija legionelom nastaje inhalacijom. Obično se nalazi u svim vodama, ali predstavlja opasnost u toplim vodama i klimatiziranim jedinicama gdje se razmnožava u velikom broju. Ova bakterija najbolje uspijeva između 25 i 45 Celzijevih stupnjeva. Globalno, stopa zaraze raste. Kako su cijene energije rasle, ljudi su počeli štedjeti na krivom mjestu i držali kućni bojler na nedovoljnoj temperaturi. To je rezultiralo razmnožavanjem bakterija u njemu do koncentracija opasnih po život. Infekcija se manifestira kao febrilna bolest koja dovodi do teške upale pluća, a kod slabijih osoba i do smrti. Zbog financijske i dugotrajnosti

praćenja njihove pojave u kućanstvima potrebno je obratiti pozornost na prevenciju i dovoljno zagrijati kotao – za eliminaciju bakterija neophodna je temperatura vode iznad 60 Celzijevih stupnjeva. Posljednji predstavnici koje ćemo ovdje spomenuti su heterotrofne bakterije, prirodne i bezopasne bakterije u vodenom okolišu. Heterotrofne bakterije određuju se na dvije različite temperature, točnije 22 i 36 Celzijevih stupnjeva. Ovo je jedan od prvih povijesno istraženih mikrobioloških pokazatelja, no danas se više ne smatraju medicinski značajnima.

? **Pitanje:** Koje tvari, koje se obično nalaze u vodi, su korisne za zdravlje, a koje su, naprotiv, štetne?

💡 **Odgovor:**

Kao što je mudri alkemičar Paracelsus jednom rekao: "Sve je otrov, sve je otrov. Bitna je samo doza." u vodi nije drugačije. Da, neke tvari su štetne već u vrlo malim količinama i nepoželjna je njihova pojava. To mogu biti već spomenuti uzročnici bolesti, pesticidi, lijekovi i druge biološki aktivne tvari. Drugi mogu biti dugoročno štetni, a neki, poput već spomenutih minerala magnezija i kalcija, mogu biti čak neophodni za naše zdravlje.

? **Pitanje:** Kakve kemikalije dodajemo vodi kada je tretiramo?

💡 **Odgovor:**

U vodu dodajemo mnoge kemikalije ovisno o tehnologiji, a potrebni su nam i različiti materijali (npr. filterski materijali kao što su granulirani aktivni ugljen, pijesak, kvarc, mljeveni vapnenac, granulat ekspanzirane gline i mnogi drugi). Ovdje ćemo dati samo kratak sažetak.

Često je potrebno očvrnuti vodu, što znači "umjetno" dodati kalcij u vodu kako voda ne bi bila agresivna prema cijevima (više možete pronaći u tehnološkim modulima). Za podešavanje pH i sadržaja kalcija u vodi:

Soda – poznata nam je iz kućanstva, ali je sastavni dio (uglavnom manjih) postrojenja za pročišćavanje vode. Soda se isporučuje u obliku praha, a vodena otopina se koristi izravno u postrojenjima za doziranje. Svrha korištenja sode bikarbone je povećati pH vode (smanjiti njenu kiselost).

Natrijev hidroksid - na malim pročišćavačima i koristi se za pročišćavanje (povećanje pH) prirodnih blago kiselih voda. Baš kao i soda, njegova vodena otopina se dozira.

Filtri za odkiseljavanje - koriste se prirodni materijali poput polupečenog dolomita, mramora ili vapnenca. Voda prolazi kroz filter, otapa materijal filtera, obogaćuje se mineralima i povećava svoj pH.

Hidratizirano vapno – moglo bi nekoga iznenaditi, ali obično se vapno koristi u postrojenjima za pročišćavanje. Ne koristi se za pripremu smjesa žbuke, već za povećanje pH vode. U vodu se dodaje u obliku vapnenog mlijeka ili vapnene vode. U većim pogonima za preradu često se susreće s upravljanjem vapnom, a vapneno mlijeko se priprema u tzv.

Sirova voda (osobito podzemna) sadrži povećane količine željeza i mangana. Iako se često navodi da nisu štetni za zdravlje, za mangan to nije tako sigurno. Neki izvori govore o mogućem učinku na živčani sustav. Posebno nas brine željezo jer ono utječe na senzorna svojstva vode – možete djeci pokazati uzorak vode koja je zaista bogata željezom kako bismo svi znali o čemu govorimo. Također je potrebno koristiti kemikalije ili određeni materijal za uklanjanje ovih tvari:

Kalijev permanganat – iako možda zvuči jako čudno, za uklanjanje mangana koristi se spoj koji sadrži mangan. Permanganat je jako oksidacijsko sredstvo koje nam pomaže pretvoriti mangan i željezo u

uklonjivi oblik (iz otopljenog u neotopljeni), a nakon oksidacije dovoljan je klasični pješčani filter da ih ukloni.

Kisik/zrak – koristi se kod povišenih koncentracija željeza. Slično permanganatu, kisik ima oksidirajući učinak i pretvara tvari u neotopljeni oblik koji se lako uklanja. Često se susrećete s kisikom u velikim postrojenjima za obradu površinskih voda. Možda ćete primijetiti da se čuva u bocama pod pritiskom. Takva postrojenja za pročišćavanje ne koriste kisik za normalnu oksidaciju željeza, već za stvaranje ozona za ozonizaciju vode. Ali više o tome kasnije u dokumentu.

Natrijev hipoklorit – hipoklorit se koristi u manjim postrojenjima za oksidaciju i uklanjanje željeza. No više o hipokloritu kao dezinficijensu. Gotovo svi koriste i dobro poznaju SAVO, to je otopina natrijevog hipoklorita. Ovo je jedan od mogućih načina higijenske zaštite od mikroorganizama. U svakoj maloj tvornici za preradu u Češkoj naići ćete na hipoklorit. Novost je da ga čak i neki veći prerađivački pogoni počinju sami proizvoditi i puštati u rad.

? **Pitanje:** Kako se obični SAVO razlikuje od hipoklorita koji se koristi u postrojenjima za obradu?

💡 **Odgovor:**

SAVO i obični natrijev hipoklorit (NaClO) koji se koriste u postrojenjima za pročišćavanje vode imaju isti aktivni sastojak, a to je natrijev hipoklorit. Vjerojatno su najveće razlike u koncentraciji i uporabi. SAVO koji imamo kod kuće obično je 5% otopina i formuliran je na ovaj način posebno zbog sigurnosti i jednostavnosti korištenja za prosječnog potrošača. Kod kuće ga koristimo kao sredstvo za dezinfekciju površina ili kao izbjeljivač. Međutim, na uređajima za pročišćavanje koncentracija varira ovisno o potrebama pojedinog uređaja za pročišćavanje. Očekuje se i određena čistoća hipoklorita, što će osigurati veću stabilnost proizvoda i prije svega spriječiti neželjene nusproizvode u vodi tijekom njezine uporabe. U postrojenjima za pročišćavanje hipoklorit se koristi za dezinfekciju vode protiv patogena, čime se osigurava sigurnost za potrošače.

Za onečišćenije izvore vode, što uglavnom znači površinske vode, potrebne su druge specifične kemikalije poput koagulansa, pomoćnih flokulanata i naprednih oksidacijskih procesa.

Koagulans na bazi trovalentnih iona – takozvani koagulansi koriste se za taloženje stvarno malih (koloidnih) nečistoća, koje pomažu agregirati nečistoće u veće jedinice, tako da se mogu lakše ukloniti (pogledajte tehnološki modul za više informacija).

Ozon – Ozonizacija je jedan od najučinkovitijih oblika higijenske sigurnosti vode i dovoljno je kratko vrijeme kontakta s vodom. Velika prednost je što nema stvaranja kloriranih nusproizvoda dezinfekcije. Zbog niske stabilnosti u nižim slojevima atmosfere, ozon se mora generirati izravno u postrojenju za obradu vode, a proizvodi se iz zraka ili čistog kisika izloženog visokom električnom pražnjenju.

Aktivni ugljen u granulama - sorpcija na aktivnom ugljenu u granulama opširnije u tehnološkoj kartici. Samo ćemo ukratko navesti da pomaže u uklanjanju mikropolutanata, tvari koje izazivaju miris i okus iz vode. Međutim, mora se povremeno regenerirati kako bi tehnologija bila što učinkovitija. Danas, nažalost, sve češće dolazi do zagađenja podzemnih izvora pesticidnim tvarima, pa se sve češće i za podzemne izvore uvodi filtracija kroz granulirani ugljen.

Klor – Vjerojatno najpoznatija organoleptička karakteristika isporučene vode je miris, koji je najčešće klor (uostalom, možete ga osjetiti npr. u bazenima). Ranije je bilo potrebno imati sadržaj klora u pitkoj vodi različit od nule kako bi se osigurala mikrobiološka sigurnost; to nije bilo potrebno već nekoliko godina. No, ljudski je njuh vrlo osjetljiv na klor, a granična vrijednost od 0,3 mg/litri već je toliko uočljiva da je obični miris klora iz vodovoda daleko ispod granice.

? **Pitanje: Zašto se voda mora klorirati ako to negativno utječe na organoleptička svojstva vode?**

💡 **Odgovor:**

U životu najčešće uvijek imamo nešto za nešto, a nažalost ni kod nas nije drugačije. Kloriranje vode nam pomaže da osiguramo vodu na duži vremenski period i duži put prije nego voda dođe do potrošača. Osim toga, kvaliteta ne ovisi toliko o unutarnjim cjevovodima i njihovoj čistoći, budući da slobodni klor osigurava dezinfekciju čak i na trasi. Ovo je takva polica osiguranja za operatera, a malo bi tko preuzeo takvu odgovornost na svoj vrat. Uostalom, ako ne postoji jamstvo higijenske sigurnosti, pojava patogena u vodi mogla bi imati kobne posljedice. Vratili bismo se u povijesna vremena epidemija iz vode. I da, neki pročištači (pogotovo u inozemstvu) rade bez klora, ali za to vam treba kvalitetna infrastruktura. Odgovorimo iskreno - mislite li da svugdje u Češkoj ima novca za zamjenu distribucijskih vodova novima? Redovito provjeravati i popravljati cijevi? Što je s dijelom kod potrošača? Provjeravate li redovito ožičenje kod kuće? I koliko često dezinficirate perlator kod kuće?

1.2.4 Priča o novcu

Riječ je prije svega o novcu, pa bi stoga dio obrazloženja ekskurzije (ili prethodnog predavanja) trebalo posvetiti cijenama vode, jer laička javnost (u koju spadaju i sudionici ekskurzija) nema pojma od čega se sastoji cijena vode. Već smo se susreli s mišljenjem da tih stotinu kruna po kubnom metru, na primjer, sve ide kao dobit tvrtki, jer je voda besplatna iz prirode, infrastruktura je izgrađena iz vremena socijalizma i ništa drugo ne treba. Vjerojatno vam, kao operativnim radnicima, ne trebamo govoriti da to definitivno nije tako jednostavno.

Formiranje cijene vode regulirano je relevantnim pravnim standardima i redovito (godišnje) ažuriranom procjenom cijena Ministarstva financija (koja uključuje, između ostalog, maksimalnu cijenu vode za određenu godinu za pojedine regije Češke Republike, tzv. društveno prihvatljivu cijenu, i maksimalni postotak dobiti operativnog poduzeća, tzv. razumnu dobit). Važnu ulogu u kreiranju cijene ima vlasnik infrastrukture, najčešće nadležna općina, koja daje suglasnost na kalkulaciju cijene koju sastavlja operater. U kalkulaciju cijene potom ulaze troškovne stavke koje nastaju tijekom proizvodnje pitke vode. Troškovi počinju već od zahvaćanja sirove vode, za što se plaća naknada (naknada ima različitu visinu i različitu ciljnu organizaciju u slučaju površinskih i podzemnih voda). Prikupljanje vode se često pumpa i zahtijeva struju. Uostalom, potreban je i za napajanje drugih tehnologija. Električna energija tako postaje važna stavka vodoopskrbe tzv. Nadalje, kemikalije se koriste u obradi vode. Osim električne energije i kemikalija, postoji potreba za laboratorijskim nadzorom i radom tehnologije (općenito, ljudskim resursima vezanim uz rad ne samo tehnologije, već i tvrtke kao takve). Često su najznačajnija stavka vode troškovi povezani s obnovom i održavanjem vodnih dobara. Svaka zgrada i tehnologija imaju ograničen vijek trajanja, a od svakog proizvedenog m³ potrebno je (po zakonu) prikupiti sredstva za njihovu obnovu. U vodnu naknadu uključene su i ostale stavke vezane uz popratne usluge, održavanje analitičkih uređaja, zbrinjavanje otpada, troškove očitavanja, baždarenje i zamjenu vodomjera, vođenje cjelokupnog poslovanja te po potrebi troškove vezane uz eventualne kredite i slično. Cijena vode tada mora biti dovoljno visoka da ima dovoljno sredstava za pokrivanje svih troškova. Vodovod također obično

ostvaruje dobit, što je glavna motivacija za njegovo djelovanje. Visina dobiti je strogo regulirana, kontrolirana i ne smije prijeći 7%, što je vrlo niska brojka u usporedbi s drugim područjima.

1.2.5 Priča o narodu

Ako se spomene tema ljudi i profesija u vodoprivredi, svaki će sudionik izleta vjerojatno pomisliti na operativno osoblje koje provjerava kanale (čak i ako to zapravo nije povezano s vodoprivredom kao takvom). Taj stereotip i istovremeno sve manji interes za zanimanja vezana uz vodu naveli su nas da ovu temu uključimo u obilazak. Za te priče nije potrebno rezervirati jedno zasebno mjesto, već ove informacije prenositi postupno u trenucima kada će biti od koristi (prilikom predstavljanja, posjeta operativnom laboratoriju ili kontrolnoj sobi). Dakle, možete spomenuti navedena zanimanja i profesije. Pritom se mora reći da nema svugdje struka istog naziva, odnosno opseg posla koji se obavlja može biti različit.

? Pitanje: Bez kojih pozicija (ljudi) uređaj za pročišćavanje ne bi mogao i zašto?

💡 Odgovor:

- **Operater uređaja za pročišćavanje** – osoba koja brine o normalnom svakodnevnom radu postrojenja. Njegove se dužnosti razlikuju ovisno o konkretnom objektu i lokaciji. Možda se radi samo o nadopunjavanju kemikalija i održavanju, ali dužnosti također mogu uključivati (posebno za male operacije) kemijske analize, postavljanje sustava, uzorkovanje, manje popravke i podešavanja, košenje terena oko zgrada i slično.
- **Dispečer** – kod većih prerađivačkih pogona non-stop prati rad i postavke prerađivačkog postrojenja. Blisko surađuju s tehnologom.
- **Voditelj pročistača** – kod većih zahvata; koordinira ljude, osigurava narudžbe i zalihe materijala i blisko komunicira posebno s operaterom uređaja za pročišćavanje i tehnologom.
- **Operativni monter** – osiguravaju funkcionalnost mreže i popravljaju kvarove.
- **Uzorkivač** - uzima uzorke kako na pročistaču tako i na vodoopskrbnoj mreži i kod kupaca.
- **Laboratorijski tehničar** - obrađuje uzorke, operativne ili akreditirane.

Za znatiželjne: S akreditiranim laboratorijima možete biti sigurni da su korištene metode, statistička obrada, stope pogrešaka i kvaliteta korištenih kemikalija u skladu ne samo sa zakonskim propisima, već i s općeprihvaćenom laboratorijskom praksom; ovo je redovito i vrlo strogo kontrolirano od strane akreditacijske institucije.

- **Električar** - pruža usluge održavanja i popravaka električne opreme.
- **Vodovod** – pruža administraciju vezanu uz vodozahvate, komunikaciju s nadležnim tijelima, vodoprivredne bilance.
- **Tehnolog** - vrlo važna profesija. To je osoba koja je odgovorna za kvalitetu isporučene vode. Među njegovim nadležnostima i zadaćama su pravilno postavljanje tehnološke linije, određivanje točnih doza kemikalija, planiranje uzorkovanja i evaluacija rezultata analiza. Tehnolog bi trebao biti školovani kemičar (po mogućnosti izravno u području "tehnologije vode", iako nažalost ta specijalizacija jako nedostaje).
- **Odjel za korisnike** - posreduje u komunikaciji s kupcima, sklapanje ugovora, fakturiranje, reklamacije, komentiranje na mrežama i slično.
- **Prevenција** - obično rješavanje problema - ovdje možete govoriti o metodama rješavanja problema u vašoj tvrtki.

- Druge profesije – poslovi vodnog gospodarstva mogu imati i druge zaposlenike koji pružaju npr. GIS, planiranje investicija, skladištenje, tehničku podršku, vozače.
- Uprava – kao i svaka tvrtka, operativna vodna poduzeća moraju imati menadžere, interne revizore, ljudske resurse i druge srodne pozicije.

? Pitanje: Koliko ljudi radi ovdje?

💡 Odgovor:

Vjerojatno najčešće pitanje o ljudskim resursima koje možete dobiti od sudionika izleta. No, s odgovorom vam ne možemo pomoći i morate se raspitati sami (za male općine, gdje ste možda jedini zaposlenik u vodnom odjelu) ili nadređeni (za operativna poduzeća).

? Pitanje: Što moram studirati da bih radio ovdje?

💡 Odgovor:

Ako dobijete ovo pitanje, bit ćemo jako sretni - jer je ispunjen jedan od sekundarnih ciljeva ovog dokumenta i cijelog projekta, a to je pobuditi interes za proučavanje vodotehničkih područja kod sudionika ekskurzija. Ako govorimo o tehnoloziima pitke vode, onda se oni mogu studirati izravno na Fakultetu za tehnologiju zaštite okoliša na Sveučilištu za kemiju i tehnologiju u Pragu i na Sveučilištu za tehnologiju u Brnu. Srodna područja mogu se pronaći i na Fakultetu znanosti Karlovog sveučilišta u Pragu, na Češkom sveučilištu prirodnih znanosti u Pragu i na Sveučilištu za rudarstvo i tehnologiju u Ostravi. No, valja reći da je ovo radno mjesto otvoreno za sve znanstveno i tehnički obrazovane kandidate.

Što se tiče ostalih zanimanja, to ovisi o konkretnom radnom mjestu – teško da osoba može obavljati posao laboranta ako ima certifikat o školovanju za vodoinstalatera i obrnuto. Što se tiče "savjeta za karijeru", pozivamo se na platformu Young Water Professionals Czech Republic (www.ywp.cz), koja okuplja stručnjake za vode mlade od 35 godina.<http://www.ywp.cz/>

2 Vlastiti izlet

Uvodne riječi

Bilo bi dobro započeti raspravom o terminologiji s djecom – riječima koje ćete često koristiti kako biste bili sigurni da sve razumiju. Pokušajte na taj način započeti s njima malu komunikaciju i povećati njihovu interakciju. Pitajte ih u obliku pitanja - znaju li ovu riječ i kako bi je opisali?

Zdravlje i sigurnost tijekom ekskurzije

Kratka obuka zaštite zdravlja i sigurnosti na radu prvi je obvezni dio svake ekskurzije. Za određeni sadržaj upućujemo na interne smjernice vaše tvrtke ili na poseban dokument iz niza metodologija, koji je posebno posvećen obuci OSH-a. Nemojte podcjenjivati ovaj dio, iako se može činiti suvišnim ili nepotrebnim.

Priča

Dobar izlet može biti potkrijepljen zanimljivom i dobro ciljanom pričom. Priča bi trebala biti privlačna i trebala bi voditi sudionike kroz cijeli izlet. Nakon prethodnog dogovora o svrsi ekskurzije s pedagoškom podrškom, možete odabrati jednu od priča koje smo predložili ili možete izmisliti vlastitu. No, ako se odlučite koristiti našom, želimo vas uputiti na prethodno poglavlje kao i na dodatni materijal: Samostalni izlet – pregled (Dodatak 2). Mogao bi vam olakšati posao. Osim priča, ovdje donosimo i prijedloge zadataka za djecu te ključno pitanje na svakoj postaji na koje trebate odgovoriti sa svojom djecom.

Lokalna povijest

Preporučamo uključiti problematiku lokalne povijesti (sa stajališta opskrbe pitkom vodom) kao tematski uvod u ekskurziju, koji će naravno biti praćen drugim područjima interpretacije. Ako nemate informacije o ovom području, pokušajte kontaktirati predstavnike lokalne vlasti ili više zaposlenike vaše organizacije. Za osnovnu orijentaciju navedimo da su se prvi vodovodi u manjim općinama (pri čemu pretpostavljamo vjerojatniji nedostatak informacija) počeli graditi između 1910. i 1930. godine (u slučaju pograničnih područja), odnosno 1960-ih i 1970-ih godina u sklopu tzv. Akcije Z. Oba stila gradnje lako se međusobno razlikuju, kao i gradnje koje se provode u sklopu poticaja državnih subvencija, odnosno EU. posljednjih desetljeća.

Osnovna škola: S pedagoškog gledišta nije prikladno uključiti sudionike u podatkovnu ekskurziju; sasvim je dovoljan razgovor o okvirnom vremenu izgradnje, odnosno temeljnije građevinske ili tehnološke obnove. Umjesto datuma preporučamo koristiti formulaciju "prije XX godina..." i generacijski vezati (npr. "Vodovod se kod nas počeo graditi kad su rođeni vaši roditelji; dakle, vaši baka i djed još nisu imali vodovod pa su svu vodu uzimali iz bunara").

Povijest je bolje "zamotati" u priču, na primjer: "...kako je grad rastao, naši preci su se morali nositi s nedostatkom vode i odlučili su izgraditi ovaj pročištač..."

Srednja škola: Podaci slični onima kod učenika osnovne škole. Moguće je ukazati na povijesne, posebice lokalne povijesne događaje sa sličnom datacijom samog vodovoda, po mogućnosti tu dataciju povezati sa stanjem vodoopskrbe (materijal distribucijske mreže, eventualno tehnologija).

Radoznali: Ako bi vas radi daljnjeg obrazovanja ili dubljeg zanimanja više zanimala problematika povijesti vodoopskrbnog sustava u određenom mjestu, preporučamo da se obratite mjesnoj kronici (danas se one teže digitaliziraju), ili lokalnom državnom kotarskom arhivu, točnije fondovima pojedinih općina (prije 1945.) mjesnih narodnih odbora (nakon 1945.). Relevantne poveznice mogu se pronaći na kraju ove metodologije u poglavlju o poveznicama i drugim obrazovnim materijalima. Osnovni pregled povijesti vodoopskrbe u većini regija sadržan je u knjizi Jaroslav Jásek: Vodoopskrba u Češkoj, Moravskoj i Šleskoj.

? **Pitanje: A što radiš/čistiš ovdje na čistačici...?**

💡 **Odgovor:**

Nažalost, u našoj praksi redovito se susrećemo s činjenicom da laička javnost ne zna razliku, odnosno ne prepoznaje uređaje za pročišćavanje vode za piće i uređaje za pročišćavanje otpadnih voda. Ovakvim pitanjem stoga je umjesno skrenuti pozornost na dijametralnu razliku između ove dvije građevine, ne samo u primarnoj namjeni, nego i tehnologiji.

2.1 Ključna pitanja

- **Pitanje: Da li se voda za piće podrazumijeva?**
- **P: Što može zagaditi vodu?**
- **P: Kakvu ulogu ima redoslijed tehnologija i što one uklanjaju?**
- **Pitanje: Kakav bi bio utjecaj na društvo da na mreži nema akumulacije?**
- **Pitanje: Može li se obrada vode provoditi bez stalne kontrole?**
- **P: Što se događa ako voda ne zadovoljava ograničenja?**
- **Pitanje: Svaka proizvodnja ima svoj specifičan otpad – što je otpad iz vodovoda?**
- **Pitanje: Kako štedjeti vodu?**

Ušteda vode kod kuće izvrstan je način smanjenja troškova, a pomaže u zaštiti okoliša. Nekoliko savjeta za sudionike:

- Tuširajte se umjesto pune kade
- Provjerite imate li kod kuće dvofazno ispiranje (dvije različite količine vode)
- Koristite perilicu posuđa kod kuće umjesto pranja posuđa (pustite je do kraja!)
- Kupujte štedljive uređaje (pri odabiru vodite računa o potrošnji vode)
- Redovito provjeravajte i popravljajte slavine i zahode zbog curenja
- Skupljajte kišnicu i upotrijebite je, primjerice, za zalijevanje ili je donesite kući za ispiranje zahoda
- Zatvorite vodu dok perete zube
- Nemojte dopustiti da voda teče prazna kada perete suđe
- Naučite o vodenom otisku i koji su utjecaji našeg ponašanja

2.2 Kvaliteta vode

Cijeli proces tehnologije obrade vode zapravo nije ništa drugo nego uklanjanje neželjenih tvari iz vode. Ako je voda zahrđala ili s jakim mirisom klora, potrošač će to odmah prepoznati i njegovo povjerenje u vodu iz slavine će se smanjiti; a mi čak i ne spominjemo zakonodavne aspekte - ukratko, operateri moraju biti vrlo pažljivi na kvalitetu isporučene vode.

? Pitanje: Koje su osnovne karakteristike vode?

💡 Odgovor:

pH – možda prvi parametar koji sudionicima (srednjoškolcima) pada na pamet; de facto je to kiselost vode (točno je to negativni logaritam aktivnosti oksonijevih iona). Voda za piće može biti blago kisela do blago alkalna, a specifična vrijednost ovisi o svojstvima sirove vode i potrebnim promjenama tijekom tehnologije obrade (svaki tehnološki korak zahtijeva različite uvjete).

tvrdća - ovaj izraz je vjerojatno zbunjujući - koliko tvrda može biti voda? Ipak je tekućina. Tvrdoća vode nije ništa drugo nego sadržaj kalcija i magnezija u vodi. U laičkoj javnosti ovo je tema koja se naveliko raspravlja i sukobljavaju se dva interesa. Tvrđa voda (odnosno ona s visokim udjelom kalcija i magnezija) je ukusnija i opskrbljuje tijelo važnim elementima. S druge strane, takve naslage vode talože kamenac u kahalima za vodu, perilicama rublja i bojlerima i tako uzrokuju probleme u ovim uređajima.

miris - miris kviri vodu, čak i ako je inače pogodna za piće; to je vjerojatno i prva stvar koju će potrošač prepoznati. U praksi se najčešće susreće miris klora (pri pH 7 granična vrijednost je 0,156 mg/l), koji je obično uzrokovan većim dozama hipoklorita u slučaju lošije kvalitete sirove vode ili kod dezinfekcije cijevi nakon kvara. Svaki potrošač različito percipira miris, kao i okus (vidi dolje).

okus – kao i miris, okus je parametar koji svaki potrošač uzima kao referentnu vrijednost za kvalitetu vode, čak i ako je npr. voda u skladu s propisom unatoč lošijem okusu. U praksi se uglavnom može susresti s okusom željeza, koji, međutim, ne mora biti uzrokovan nekvalitetnim tretmanom, već nekvalitetnim ožičenjem u kući, čemu rukovatelj uređaja za pročišćavanje ne može ništa učiniti. Na okus vode najviše utječe koncentracija kalcija i magnezija (de facto, tj. tvrdoća), a možda i pH.

mutnoća – govori nam o količini neotopljenih tvari u vodi.

vodljivost – daje nam informaciju o sadržaju iona u vodi (što je više iona, veća je vodljivost). Sam po sebi, međutim, ne daje informaciju je li voda za piće. Voda s visokim sadržajem iona (mineralna) nije prikladna za dugotrajno piće.

? Pitanje: Što znači da je voda pitka?

💡 Odgovor:

Vjerojatno prva stvar koja učenicima pada na pamet je da je voda bezbojna/prozirna. No, boja je zaseban parametar i ne govori nam ništa o sadržaju npr. nitrata ili pesticidnih tvari, dakle na prvi pogled nevidljivih tvari.

Europsko zakonodavstvo trenutno ne poznaje pojam vode za piće - zamijenjen je pojmom "voda namijenjena ljudskoj potrošnji" i definirana je kao "voda koja je neškodljiva za zdravlje, koja ni pri trajnoj konzumaciji ne uzrokuje bolesti ili poremećaje zdravlja zbog prisutnosti mikroorganizama ili tvari koje akutnim, kroničnim ili kasnim djelovanjem utječu na zdravlje fizičkih osoba i njihovih potomaka, čija senzorna svojstva i kakvoća ne sprječavaju njezinu konzumaciju i korištenje za higijenske potrebe prirodne osobe".

Za znatiželjne: Ograničenja za pitku vodu definirana su Uredbom br. 252/2004 Coll. „Uredba o utvrđivanju higijenskih uvjeta za vodu za piće i toplu vodu te učestalost i opseg kontrole vode za piće“, koja je tijekom svog postojanja (do 2026. godine) doživjela osam izmjena i dopuna (prvenstveno dodavanje ostalih parametara). Međutim, radiološki parametri definirani su Uredbom br. 422/2016 Coll. "Uredba o zaštiti od zračenja i sigurnosti izvora radionuklida".

Ovaj zakon razlikuje (između ostalog) tri granice - tzv. DH, MH i NMH. Preporučene vrijednosti (DH) su npr. za tvrdoću vode, a njihovo ispunjavanje nije obavezno. Granične vrijednosti (MH) označavaju granice čije se prekoračenje mora riješiti, ali ne predstavljaju akutni zdravstveni rizik (na primjer, mangan ili željezo); treća vrsta je najveća granična vrijednost (NMH), kada se prekorači, voda se automatski označava kao neprikladna za potrošnju i mora se odmah riješiti poduzimanjem korektivnih mjera.

Svaki kupac ima pravo znati kakvoću vode koju konzumira. Ukoliko isporučitelj vode ne objavi na web stranici, kupac ga može kontaktirati, a isporučitelj je dužan dati podatke. Isto tako kupac ima pravo uvida u dio tzv. dokumenta o procjeni i upravljanju rizicima, gdje se vide svi rizici predmetne vodoopskrbe (bez obzira na kvalitetu ili količinu isporučene vode).

? **Pitanje: Što znači da je voda dječja?**

💡 **Odgovor:**

Iz vlastitog iskustva moramo reći da je vrlo čest argument stanovnika nepovjerljivih prema vodi iz slavine da im je voda iz bunara infantilna. Ovaj izraz se uglavnom proširio marketingom tvrtki koje prodaju vodu u bocama. Za ovu vrstu vode doduše vrijede i druge granice, uglavnom u parametrima nitrata, nitrita, vodljivosti (praktički sadržaja otopljenih tvari) i natrija, ali većinom bunarska voda baš i ne zadovoljava te uvjete, čak i ako se tako misli.

? **Pitanje: Koliko često treba analizirati vodu za piće?**

💡 **Odgovor:**

Ovdje je nemoguće unaprijed reći kakve će biti napojnice sudionika izleta. Učestalost uzorkovanja određena je uredbom i kreće se od jednog uzorka godišnje za male pročištače do više uzoraka mjesečno za veće (učestalost uzorkovanja na svom vodoopskrbnom sustavu saznajte prije izleta i unesite je u tablicu u prilogu ove metodologije). Uz ove zakonske analize (koje se prijavljuju higijenskim stanicama), većina operacija također ima takozvane operativne analize koje se provode za specifične parametre od interesa (obično klor, pH, mangan ili željezo). Ako se sudionicima ova učestalost čini niskom, pokušajte se nadovezati dodatnim pitanjem o tome koliko često rade analize iz vlastitog bunara kod kuće.

2.3 Izvor sirove vode

Osnova opskrbe pitkom vodom je naravno izvor sirove vode, dok sirova voda može biti površinska (vodotok/akumulacija) ili podzemna voda (duboka ili plitka cirkulacija).

Za izlet pripremite osnovne podatke o kvaliteti vode u odnosu na vodu za piće - odnosno da voda ima npr. prekomjerne količine željeza, mangana ili nikla ili nezadovoljavajuće kvalitete u pogledu mikrobioloških

parametara. Time ćete zapravo opravdati postojanje cjelokupnog tretmana vode, a sudionici izleta moći će bolje predočiti zašto su pojedini koraci uključeni u tehnologiju.

Znamo da je u mnogim slučajevima izvor sirove vode na znatnoj udaljenosti od postrojenja za pročišćavanje vode i nema vremena za obilazak izvora u sklopu izleta. U tom slučaju preporučujemo ispis nekoliko fotografija resursa u dovoljnoj kvaliteti i veličini kako bi sudionici mogli vidjeti i ovaj tehnološki dio. Ali da je moguće, svakako bi bilo bolje posjetiti ga s djecom.

SŠ: Može se istaknuti arhitektonska dimenzija izvora (prvenstveno kod podzemnih izvora) – u graničnim područjima naići ćete na izvore s početka prošlog stoljeća zidane opekom, koji sadrže integrirane tehnološke uređaje poput ventilacijskih kaskada, dok će u unutrašnjosti vjerojatnije biti betonski prstenovi iz 1970-ih, često građeni u sklopu Akcije Z.

Ne zaboravite napomenuti da postoji stroga zabrana ulaska ljudi u blizinu izvora vode, naravno i zabrana bacanja smeća i neovlaštenog rukovanja samim izvorima. Time se ne ugrožava samo zdravlje osobe, već i svih potrošača dotične vodoopskrbne mreže. Više o temi zone zaštite vodnog dobra možete pronaći u popratnim materijalima projekta.

SŠ: Povišeni izvor sirove vode usred polja nije pravo mjesto za večernju konzumaciju alkoholnih pića s prijateljima, čemu smo se mogli uvjeriti u jednom neimenovanom selu u regiji Pilsen, a procjep u betonskim prstenovima svakako ne služi kao kanta za smeće.

Na kraju ovog posta prikladno je istaknuti udaljenost izvora od uređaja za pročišćavanje, materijal cijevne veze (razlozi isticanja materijala navedeni su u ovoj metodologiji u poglavlju o distribucijskoj vodovodnoj mreži) te način transporta (gravitacijski/tlačni vod).

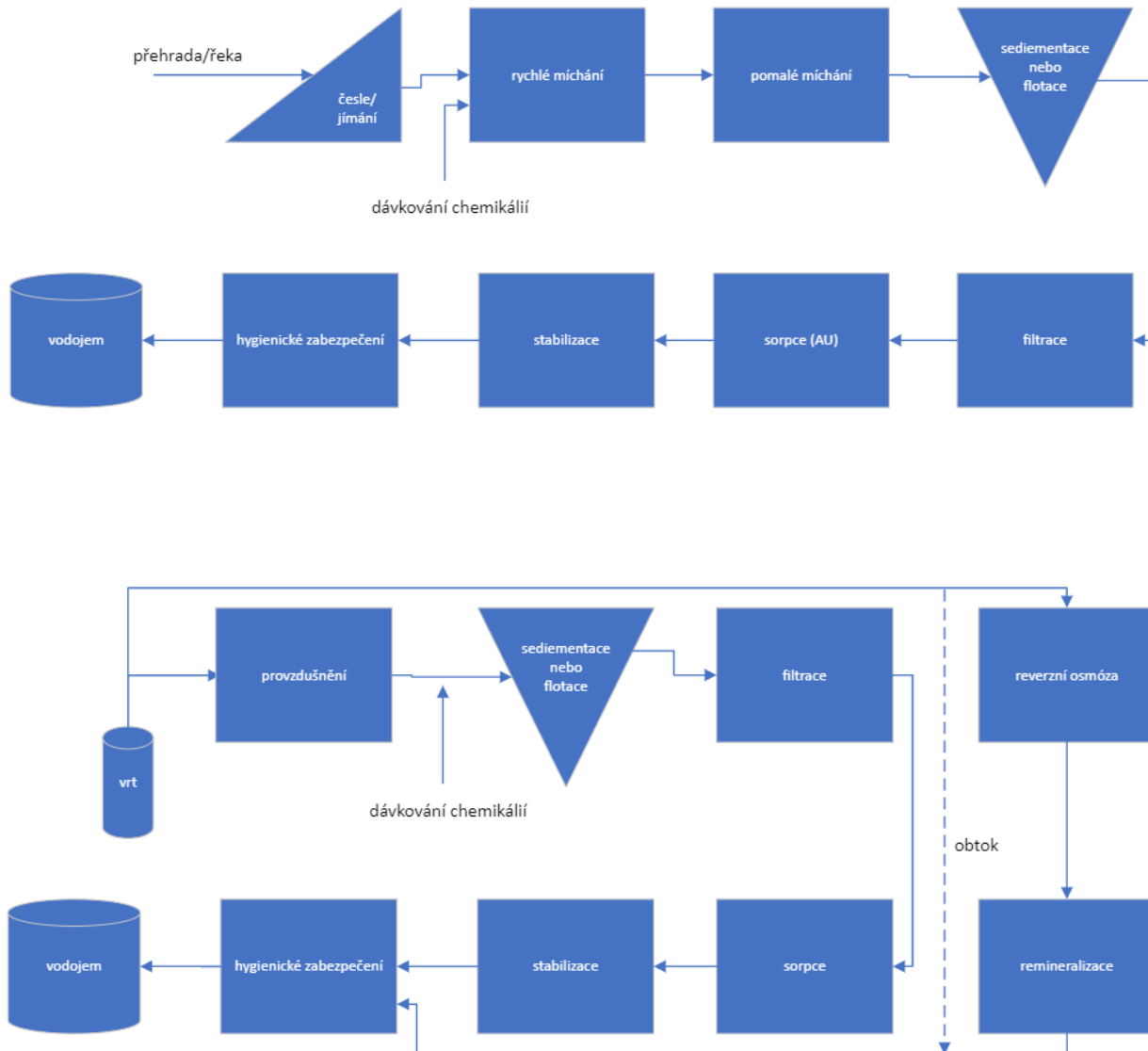
2.4 Opis tehnologije

Baš kao što kvaliteta izvora sirove vode varira, tako mora varirati i korištena tehnologija. Ne postoji jedna univerzalna shema tehnologije koju bismo ovdje mogli predstaviti i zato smo se odlučili više usredotočiti na vrste tehnologije i od njih stvoriti nekakve module iz kojih možete sastaviti informacije za svoju vlastitu trgovinu za preinake.

Općenito, međutim, može se reći da je podzemna voda znatno bolje kvalitete od površinskog izvora i pročišćavanje obično ima, ako uopće postoji, najviše 2 stupnja odvajanja. Osim toga, postoje određene karakteristike za podzemne vode. U usporedbi s površinskom vodom, podzemna voda je vrlo kemijski stabilan izvor (što se tiče sadržaja tvari i fizikalnih svojstava vode). Jedan od tipičnih je sadržaj ugljičnog dioksida kojeg podzemne vode imaju znatno više nego površinske. Drugi plin koji je obično otopljen u podzemnoj vodi je radon ili sulfan. Plinovi se mogu ukloniti pomoću tehnologije koja se zove prozračivanje. Od metala čest je veći sadržaj željeza i mangana. Za razliku od mangana, željezo se lakše oksidira, kada je dio već oksidiran tijekom samog prozračivanja. Preostali dio obično se uklanja u prvom stupnju separacije, koji je obično otvoreni ili tlačni filtri, a punjenje filtara može varirati od uređaja za pročišćavanje. Oksidacijsko sredstvo je npr. natrijev hipoklorit, a zatim slijedi drugi proces odvajanja gdje je poželjno ukloniti mangan. Za to se koristi jače oksidacijsko sredstvo kalijev permanganat. Pijesak impregniran mangan oksidom (burel) također može pomoći u uklanjanju. Nije neuobičajeno susresti se, primjerice, s povećanom količinom nikla, za čije uklanjanje su potrebne znatno više

pH vrijednosti. Okruženje tla i nizak pH vode uzrokovat će ispiranje stijena, što također rezultira većim sadržajem minerala u vodi. To je obično pozitivno, ali pretjerano mineralizirana voda je također nepoželjna. Osim toga, mogu se ispirati i druge tvari poput arsena. Sve je pod utjecajem rock okruženja.

a) Ogljedna tehnološka linija – dijagram i primjer mogućeg izleta (površina / podzemlje)



Sirova voda vrlo često sadrži tvari koje su štetne sa stajališta zdravlja, nepogodne za dugotrajnu konzumaciju ili su štetne za tehničku opremu (perilice posuđa, perilice rublja, cijevi i sl.). Čak i inače bezopasne tvari koje se očituju osjetilno (boja, okus, miris) mogu biti neprihvatljive potrošaču te ih je također potrebno ukloniti. Ovdje možete pitati posjetitelje napadaju li ih neke nepoželjne tvari ili zašto nisu za konzumaciju - informacije o određenim tvarima i njihovim negativnim učincima nalaze se nekoliko pododjeljaka niže.

Možemo koristiti različite strategije za uklanjanje tvari koje su nepoželjne u vodi:

- **Sedimentacija (za čvrste tvari koje se dobro talože s velikom gustoćom - npr. pijesak)**
- **Filtriranje (za neotopljene tvari pretvaramo otopljene tvari u neotopljene tvari, koje se zatim mogu ukloniti filtracijom; filtarski materijal je uglavnom silikatni vodovodni pijesak)**
- **Ventilacija (za plinove – na primjer ugljični dioksid ili radon)**
- Ako se ne možemo poslužiti pretvaranjem otopljenih tvari u neotopljene, možemo se poslužiti ionskom izmjenom (ionski izmjenjivači) ili sorpcijom (npr. aktivni ugljen).
- Također se mogu koristiti biokemijske transformacije tvari uz pomoć bakterija, što se danas rijetko koristi jer su dostupne pouzdanije tehnologije. U prošlosti je to bio relativno čest način obrade vode, tzv. spori filtri. Međutim, trenutno se ova tehnologija ponovno počinje razvijati u inozemstvu, iako u potpuno drugačijem tehnološkom rasporedu.
- **Higijenska zaštita (za mikroorganizme; obično se koristi natrijev hipoklorit, tj. SAVA; alternativno se mogu koristiti ozon, UV lampa, klor dioksid itd.)**



Možete se zabaviti s djecom koje se tvari lako uklanjaju, a koje nam, s druge strane, čine život pakao. Uključite ih u probleme s kojima se suočava svaki operater postrojenja za pročišćavanje. Što misle sudionici - je li tehnološki lakše iz vode ukloniti otopljenu ili neotopljenu tvar? Žalite se kakvi su čudovišni mikroorganizmi i kako se uvijek iznova množe u našoj vodi kad im damo prostora za to. Ali ne zaboravite napomenuti da su mnogi mikroorganizmi potpuno bezopasni i prirodni. Nažalost, među dobrima ima i štetnih uzročnika.

Kao što je već navedeno u uvodu ove metodologije, zbog velikog broja mogućih tehnoloških rješenja pojedinih uređaja za pročišćavanje, ova faza je riješena na tzv. modularni način. U sljedećem poglavlju pronaći ćete opise za pojedinačne tehnološke faze, koje kombinirajte kako biste opisali svoj uređaj za pročišćavanje vode. Pojedini moduli su međusobno neovisni. Tijekom izleta važno je naglasiti što se događa u kojoj fazi, zašto i kojim redoslijedom idu koraci (npr. ovdje se dozira permanganat koji oksidira otopljene tvari koje se zatim odvajaju na filteru).

? **Pitanje: Koliko vremena je potrebno da se voda tretira?**

💡 **Odgovor:**

Ovdje, po uzoru na Standu Pekárku, nudimo odgovor na pitanje protupitanjem - o koliko vode govorimo? Općeniti odgovor na ovo pitanje je vrlo individualan ovisno o vašoj tehnologiji (npr. jeste li uključili sporije jedinice tipa sedimentacije), stoga pripremite odgovor na takvo pitanje pojedinačno na temelju vaše tehnologije.

? **Pitanje: Što je s mikroplastikom?**

💡 **Odgovor:**

O mikroplastici ne samo u okolišu, već i u pitkoj vodi se puno govorilo prije nekoliko godina, jer u vodu dospjeva praktički sa svime - od vode u bocama i šampona, do pranja jakni i brisanja površina. Nažalost, tehnologije koje bi mogle u potpunosti spriječiti ulazak mikroplastike u pitku vodu još nisu raširene; trenutna tehnologija može ukloniti samo dio.

? **Pitanje: Što je s hormonima / pesticidima / lijekovima / drugim bioaktivnim molekulama? voda?**

💡 Odgovor:

Baš kao i mikroplastika, bioaktivne molekule prisutne su i u vodi – uz pomoć analize otpadnih voda iz gradova mogu se dobiti podaci, primjerice, o broju korisnika hormonske kontracepcije, korisnika ovog ili onog lijeka, oboljelih od koronavirusa i slično. U većini slučajeva te se molekule ne uklanjaju u postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda i tako nastavljaju ne samo u okoliš, već i u pitku vodu. Međutim, nedavno se tehnološki dodaci (obično UV lampe u kombinaciji s naprednim metodama oksidacije (tzv. AOP) s filtrima s aktivnim ugljenom) počinju ugrađivati u veća postrojenja za pročišćavanje vode, koji također uklanjaju te neželjene tvari iz vode.

? Pitanje: Čuo sam da se fluor sipa u vodu. Je li istina?**💡 Odgovor:**

Je, ili je bila istina. Tijekom druge polovice 20. stoljeća vodi su se dodavali spojevi fluora (primjerice kriolit; tzv. fluoridacija vode) kako bi potrošači bili opskrbljeni dovoljnom dozom fluora - fluor je bitan dio npr. zubne cakline. Međutim, 1990-ih ta je praksa napuštena uglavnom iz ekonomskih razloga. Danas se ponovno uvodi fluorizacija vode, primjerice, u Velikoj Britaniji.

2.5 Vodovodna mreža

Samo cjevovod u malom selu može doseći nekoliko kilometara; ukupna duljina mreža u Češkoj iznosila je 82.034 kilometra 2022. godine (cca. petina udaljenosti između Zemlje i Mjeseca).

Srednja škola: Tzv. cijevna mreža može se spajati granasto, strujno ili kombinirano (posljednja dva načina imaju prednost što jedan kvar ne isključuje npr. cijeli kvart iz napajanja, jer ga je moguće napajati iz drugog smjera). Također možemo razlikovati vodoopskrbne sustave prema veličini opskrbljenog područja na lokalne (opskrbljuje samo jednu općinu), grupne (više općina ili možda urbana aglomeracija) i regionalne (sadrži ne samo vodoopskrbne sustave, već i nekoliko uređaja za pročišćavanje vode, koji mogu pomoći jedni drugima, primjerice, u slučaju isključenja ili kvarova).

Materijal vodoopskrbne mreže ima temeljni utjecaj na način rada te, u ekstremnim slučajevima, može utjecati ne samo na gubitke vode u mreži zbog curenja, već i na kvalitetu. Ovisno o vremenu izgradnje, možemo susresti sljedeće materijale: lijevano željezo, čelik (uključujući nehrđajući čelik i pocinčane dijelove), plastiku (obično PVC - polivinil klorid, PP - polipropilen, stakloplastika, HDPE - polietilen), armirani beton, bakar, mesing (prvenstveno spojnice i druge manje komponente), staklo, azbestni cement, stakleni beton ili olovo (posljednja tri materijala su zamijeniti što je više moguće zbog zdravstvenih ili tehničkih rizika).

SŠ: Zašto je azbest problem ne samo u vodnom gospodarstvu, nego i, primjerice, u građevinarstvu pri rekonstrukciji starijih objekata? Azbest su vlaknasti silikati koji su se koristili između ostalog i zbog svoje nezapaljivosti. Međutim, kada se struktura poremeti (primjerice tijekom popravaka i rušenja), sitna vlakna prodiru u pluća, gdje dovode do ožiljaka na alveolama i mogućeg razvoja raka.

SŠ: Još jedan zanimljiv materijal koji se može susresti (iako vrlo rijetko) je staklobeton. Ovaj materijal korišten je nakon Drugog svjetskog rata, kada je

vladala nestašica željeza za vodoprivredu; naprotiv, stakla je bilo dosta, osobito u rubnim područjima. To su staklene cijevi koje su ugrađene u beton.

Vrijeme koje voda provede u cijevima svakako nije zanemarivo, a može doseći i više jedinica dana (ekstremi su do 14 dana). Na to je potrebno obratiti pozornost kod postavljanja doze dezinficijensa (najčešće klora); stoga domovi u blizini postrojenja za pročišćavanje/sudopera mogu osjetiti mnogo više mirisa klora nego najudaljenije sabirne točke. Problematika dezinfekcije i opće higijenske zaštite vode u distribucijskoj mreži (u pravilu hipokloritom) dio je poglavlja posvećenog pojedinim tehnološkim cjelinama sustava pročištača.

Da bi voda tekla nakon otvaranja slavine, potrebno je stvoriti pritisak u cijevi (što se, uostalom, može vidjeti npr. u filmovima, kada nastane gejzir vode kada pukne cijev, ili kada se crijevo spoji na hidrant). To se može ostvariti ili automatskim tlačnim stanicama na mreži, ili postavljanjem rezervoara na visoko mjesto u blizini (ili na toranj) tako da je pritisak dovoljan na svim točkama mreže (tzv. tlačna zona). Jeste li se ikada zapitali kako se neboderi opskrbljuju vodom?

ZŠ: Nema smisla objašnjavati sve stavke. Bitno je napomenuti da treba platiti i uzimanje vode iz prirode, čega se često ne shvaćaju. Također spomenite stavke kao što su struja, plaće zaposlenika, kemikalije i obnova imovine.

Srednja škola: Ovdje je moguće raspravljati šire, npr. pitati koliko košta m³ vode (ili to može biti domaća zadaća, ili možete pogađanjem saznati stupanj usmjerenosti učenika u financijskoj pismenosti), koliki su mjesečni troškovi vode i usporediti ih s troškovima struje, telefona, Netflix-a (pogledajte donju tablicu koju možete ili ne morate koristiti); u isto vrijeme usporedite troškove vode iz slavine i flaširane vode (vidi prvo poglavlje ovog dokumenta).

Radoznalo: Vrlo je teško, zbog stalnih promjena cijena (i inflacije s kojom se država bori u trenutku pisanja ovog dokumenta), napisati usporednu tablicu cijena vode i drugih usluga ili pogodnosti. S druge strane, nije potrebno imati apsolutno egzaktnu usporedbu, već samo neku vrstu vodiča; sljedeća tablica stoga uspoređuje pojedinačne mjesečne troškove korištenjem višekratnika, gdje je 1 = mjesečna uplata za vodu (korištena prosječna potrošnja u Češkoj od 89,4 L/osoba/dan, tj. 2,7 m³/osoba/mjesec s prosječnom cijenom u Češkoj od 100 CZK/m³):

2.5.1 Vodomjeri

Naravno, vodomjeri su neophodni za priključke na vodu. Ocjenjujemo vrlo korisnim ako u sklopu ekskurzije objasnite i ilustrirate čak i tako uobičajeni uređaj kao što je vodomjer ili čak spomenete metode daljinskog očitavanja. Sudionici ekskurzije vjerojatno će ga vidjeti prvi put u životu. Ovdje se predlaže spomenuti kako se treba brinuti o vodomjeru kod kuće (osobito zimi).

SŠ: Trenutno su u probnom radu vodomjeri koji automatski (npr.) jednom u satu javljaju vrijednosti sustavu operativne tvrtke, te je tako moguće bolje organizirati proizvodnju (u obliku strojnog učenja na digitalnom blizancu) ili detektirati curenje i tako uštedjeti novac i prirodne resurse.

Nešto što je laičkoj javnosti nedovoljno poznato je gubitak vode tijekom cjevovodnog transporta – u Češkoj ti gubici iznose prosječno 15% (dakle, 1 litra od oko 6 litara pročišćene vode nepoznato otječe u tlo), dok u nekim ekstremima (u inozemstvu) ta vrijednost može doseći i do 80%. Globalni prosjek je oko 40%. Novost koja može pomoći u detekciji gubitaka vode su vodomjeri s akustičnim mjerenjem buke. Pukotina u cijevi uzrokovat će određenu buku, što olakšava pronalaženje.

Gubici vode ispod 5% mogu se smatrati izuzetno niskima i njihovo daljnje smanjenje je vrlo teško. Ovdje ulazimo u područje nepreciznosti u mjerenju protoka i količine vode. Istodobno, vrlo mala curenja ili curenja na spojevima cijevi i armatura, koja je praktički nemoguće izmjeriti i locirati, također doprinose gubicima vode na razini nižih postotnih jedinica.

3 Opis tehnologija

Osnovne informacije o tehnologijama – činjenice i zanimljivosti koje će činiti vaš vlastiti izlet.

Kao što je već nekoliko puta gore napisano, sljedeći dio metodologije je modularan i pojedini dijelovi ne slijede jedan drugoga; molimo vas da odaberete vama relevantne tehnološke cjeline i od njih sastavite svoj program izleta. Iako smo pokušali uključiti sve uobičajene tehnologije u češkim zemljama, moguće je da smo neke propustili. U tom slučaju zamolite tehnologa/stručnog predstavnika da izradi opis sličan opisima ovdje.

SŠ: *Ono što se trenutno počinje naglašavati u Češkoj u vezi s tehnologijama i sigurnošću procesa vodoopskrbe je cyber sigurnost. Već je bilo nekoliko terorističkih akata (u inozemstvu) gdje su se, primjerice, zbog hakerskog napada mijenjale doze kemikalija ili prekidao dovod vode u mrežu. Iako se čini kao sitnica, povećanje pH vode na 11 implicira nagrizajuće oštećenje probavnog sustava.*

Radoznalo: *Za povećanje pozornosti možete proći kroz Wikipedijinu stranicu pod naslovom Terorizam usmjeren na infrastrukturu opskrbe pitkom vodom, s koje možete odabrati neke slučajeve (ili na engleskoj verziji iste stranice) i spomenuti ih u odgovarajućem trenutku u svom tumačenju. Takozvani istiniti krimiči popularni su i popularni među današnjom mladeži i sigurno će vam donijeti plus bodove.*

3.1 Sječivo

Važnost	Zaštita od ulaska prljavštine, mehaničkih oštećenja crpne opreme i začepjenja cjevovoda
Načelo	Mehanička barijera koja hvata materijal na svojoj površini
Uhvaćeni materijal	Gruba i fina prljavština (ovisno o udaljenosti između pojedinačnih češljeva) npr. grane, češeri, lišće, ribe, žabe

Dio prihvatnog objekta za površinske vode (ovaj tehnološki korak nije potreban za podzemne vode, jer priroda izvora ne pretpostavlja postojanje tako velikih dijelova). Oprema mora biti prilagođena za jednostavno čišćenje. U malim pogonima za preradu ovo se čišćenje obavlja ručno krpom. U većim operacijama, češljevi imaju kontinuirano mehaničko brisanje.

ZŠ: *Djeca mogu zamisliti češalj kao rešetku ili češalj. Poput češljeva, češljevi mogu biti fini, s velikom gustoćom zubaca (češljevi su vrlo blizu), srednji i grubi, koji imaju zube daleko jedan od drugog. Stavite zajedno s djecom ono što možemo lebdjeti na češlju (primjeri su navedeni u snimljenom materijalu iznad). Djeca će bez sumnje biti kreativna. Mehanički češljevi se mogu približiti pokretnim stepenicama, koji vode prljavštinu prema gore dok ona ne završi u spremniku. Budući da sirova voda nije ni približno toliko prljava, otpad iz saća obično se izvozi najviše nekoliko puta godišnje.*

Zatim pitajte zašto misle da su češljevi uopće potrebni u postrojenju za pročišćavanje (zaštita od začepjenja, oštećenja važne opreme)

Srednja škola: *Za učenike srednjih škola možete se pozabaviti tehničkim stvarima, poput udaljenosti između češljeva (i razmaka između njih) itd.*

Radoznalo: *U jednom zapadnočeškom postrojenju za pročišćavanje vode postoji tehnološki stupanj "Fish Catcher", gdje se može činiti da ima isti razlog za uključivanje kao i češljevi. Ali istina je da se hvatač ribe nalazi iza sustava pumpe, a nasjeckani ostaci ribe ne bi imali što uhvatiti u rezervoaru za pauzu (kako zvuči točan naziv).*

3.2 Prozračivanje

Važnost	Odzračivanje plinova (npr. radon, sulfan, slobodni CO ₂ ,...) Mehaničko uklanjanje ugljičnog dioksida - odkiseljavanje vode, čime se smanjuju korozivni učinci vode Obogaćivanje vode kisikom - reakcija oksidacije (uklanjanje željeza)
Načelo	Miješanje vode sa zrakom. Povećanje površine sučelja voda-zrak pojačat će izmjenu plina između vode i zraka.
Pogođeni materijal	Plinovite neželjene tvari (prolaze u zrak i dalje u atmosferu), oksidirane tvari (uglavnom željezo – dalje se izdvaja u neotopljenom obliku)

Ranije su se (povijesno gledano) koristile kaskade, kada je formirano od nekoliko preljeva. Energija dobivena preljevom pomaže u miješanju vode sa zrakom, čime se voda obogaćuje kisikom. Ostala tehnička rješenja su Bublja i Fuka aeratori, koji su vodoravni ili okomiti stupovi u koje se pomoću ventilatora upuhuje zrak.

Prije svega, podzemne vode bogate su manganom i željezom, sadrže veće koncentracije ugljičnog dioksida i manje koncentracije otopljenog kisika u odnosu na površinske vode. U nekim područjima Češke postoje i veće koncentracije radona, u vezi s geološkim podzemljem. Iz tih je razloga proces aeracije posebno važan za pročišćavanje podzemnih voda (iako se susreće i u nekim postrojenjima za pročišćavanje površinskih voda, gdje se ne koristi zbog uklanjanja radona).

ZŠ: Definitivno nema potrebe ulaziti u velike tehničke detalje; potpuno dovoljan opis je da se zahvaljujući upuhivanju zraka u vodu ispuštaju plinovi prisutni u vodi.

SŠ: Ako ventiliramo radon, kao zanimljivost možemo spomenuti njegovo relativno kratko vrijeme poluraspada, oko 3,6 dana, a kao način uklanjanja može se koristiti i dugo nakupljanje vode, gdje se radon prirodno raspada. Međutim, time se ne uklanja radioaktivnost kao takva, budući da se radon dalje raspada u nestabilne izotope polonija i olova (tzv. serija transformacije uran-radij).

Zanimljivo: možemo se pozvati na Henryjev zakon (vidi jednadžbu u nastavku) i reći da različiti plinovi imaju različitu spremnost na prijenos između vode i zraka. Na primjer, radon je vrlo dobro prozračen. U slučaju ugljičnog dioksida, to ovisi o ukupnom sastavu vode.

$$p_1 = K_1 \cdot x_1$$

U gore opisanoj jednadžbi, p je tlak pare otopljene tvari iznad otopine, x je molarni udio otopljene tvari u otopini, a K je Henryjeva konstanta koja obavlja funkciju konstante proporcionalnosti.

Zanimljivo je da ispuštanje tako ispuštenog radona u atmosferu ne podliježe nikakvim dopuštenjima državnih tijela (u ovom slučaju Državnog zavoda za nuklearnu sigurnost), jer se radi o prirodnoj pojavi.

3.3 Taloženje

Važnost	uklanjanje taloživih nečistoća
Načelo	teže suspendirane tvari padaju prema dnu spremnika zbog gravitacije
Uhvaćeni materijal	uklanjanje značajnog udjela netopljivih tvari

Načelo većine metoda uklanjanja uobičajenih zagađivača iz vode je njihovo pretvaranje u neotopljeni oblik i njegovo naknadno odvajanje. Ovaj korak odvajanja je obično filtracija. Međutim, filtracija je zahtjevna za površinu uređaja, filter je potrebno prati i nadzirati. Davanje prioriteta sedimentaciji prije filtracije može značajno smanjiti troškove filtracije ili čak veličinu filtra; s druge strane, značajno povećava vrijeme potrebno za prolazak vode kroz tehnologiju obrade.

U radu postrojenja za pročišćavanje, taloženju prethodi koagulacija, a formirane pahuljice se naknadno talože. Kako se stvaraju pahuljice različitih veličina, one se različitim brzinama talože na dno. Tehnologija često ne osigurava vrijeme ili duljinu posude za taloženje svih taloživih tvari, pa nakon taloženja uvijek slijedi filtracija, zahvaljujući kojoj se mogu ukloniti i manje ljuskice.

Sedimentacija se dijelom koristi i za taloženje neotopljenih tvari u otpadnim vodama iz procesa pročišćavanja voda u tzv. gospodarenju muljem (vidi jedno od ostalih potpoglavlja u ovom dokumentu), odnosno u procesu pročišćavanja otpadnih voda (vidi ostale dokumente nastale u sklopu ovog projekta).

ZŠ: Sirova voda sadrži mnogo neotopljenih tvari koje možemo ukloniti uz ili bez prethodne uporabe kemikalija, a samo uz pomoć vremena i smirenosti. Gravity radi pouzdano i besplatno. Čestice prljavštine polako padaju prema dnu, gdje se talože. Voda oslobođena nečistoća zatim se prelijeva s vrha spremnika i nastavlja na sljedeću razinu obrade, obično filtraciju.

SŠ: Zbog djelovanja polja sila, kao posljedica različite gustoće i veličine čestica, čestice tonu na dno. Veće čestice brže tonu na dno. Vrlo važan čimbenik je smiriti vodu što je više moguće prije nego što uđe u spremnik.

Zanimljivo: učinkovitost sedimentacije trebala bi biti oko 80-90% kako bi se stupanj separacije sedimentacije proglasio funkcionalnim. Na primjer, za poboljšanje učinkovitosti mogu se koristiti stjenke bušotine, dodatne pregrade (tzv. lamelna sedimentacija) ili dodatak vapnenog mlijeka (suspenzija kalcijevog hidroksida), koji povlači neotopljene čestice prema dolje.

3.4 Flotacija

Važnost	odvajanje suspendiranih čestica i biološka uporaba
Načelo	mjehurići otopljenog zraka nose onečišćenje na površinu
Uhvaćeni materijal	hidrobiološko onečišćenje, sekundarno i druge tvari

Flotacija je još jedan korak odvajanja u obradi vode, koji u velikoj većini slučajeva prethodi filtraciji, a služi za odvajanje suspendiranih ili flokuliranih čestica ili organizama iz tekućine (tj. tretirane vode za piće) pomoću mjehurića zraka. Prema načinu stvaranja mjehurića flotaciju možemo podijeliti na elektrolitičku, mehaničku ili tlačnu, dok u češkom bazenu susrećemo samo posljednju varijantu.

Princip metode je da se čestice (na primjer, nastale koagulacijom) spajaju s upuhanim mjehurićima zraka, koji su kao rezultat toga lakši od vode i dižu se prema gore. Time se na površini stvara sloj mulja koji se pometa u otpad, a voda se odvodi s dna spremnika za daljnje tehnološke korake (uglavnom filtraciju) – odnosno suprotno od taloženja.

Važno je napomenuti da sama flotacija radi samo na neotopljenim tvarima, ali ne i na otopljenim tvarima - u tom slučaju mora prethoditi koagulacija, kada se stvaraju ljuskice, koje se zatim vade i uklanjaju. Stoga koagulaciji praktički uvijek prethodi flotacija.

Flotacija kao takva nije jako raširena tehnologija u Češkoj i uglavnom se koristi u velikim prerađivačkim postrojenjima, gdje se pretpostavlja da će vam tehnolog pomoći s kemijskim i tehničkim opisom; stoga su na ovoj stranici dane samo pojednostavljene osnovne informacije.

ZŠ: *Nastale ljuskice s pričvršćenim nečistoćama, eventualno cijanobakterijama, algama i drugim biološkim sastojcima vode se uz pomoć mnogo milijuna mjehurića zraka iznose na površinu, gdje se skupljaju kao otpad. Zatim se na dnu skuplja voda za daljnju obradu. Mnogi mjehurići iz daljine u vodi izgledaju poput mliječne boje.*

SŠ: *Komprimirani zrak se otapa u vodi prema Henryjevom zakonu (vidi tehnološki list o prozračivanju). Prilikom zasićenja vode u zatvorenom volumenu stvaraju se brojni mikromjehurići veličine 30 i 100 mikrometara koji se zatim ispuštaju u flotacijski prostor koji zatim na površinu izbacuje neotopljene tvari.*

Flotacija kao takva ne koristi se samo u obradi pitke vode, već i npr. u obradi otpadnih voda ili u obradi ruda, gdje radi na istom principu.

Radoznalo: *U literaturi se može naići na kraticu DAF, koja dolazi od engleskog dissolved air flotation, što označava flotaciju pod pritiskom. U češkim uvjetima tek se početkom 21. stoljeća (2005.) koristio za obradu pitke vode.*

Umjesto otopljenog kisika, ova tehnologija također može koristiti naftu (povijesna metoda, danas se više ne koristi), ili ozon (vrlo malo raširen, više teoretska mogućnost).

3.5 Bistrenje / koagulacija / flokulacija

Važnost	ubrzavanje uklanjanja finih suspendiranih i koloidnih tvari (obično se teško talože)
Načelo	fine čestice se pretvaraju u veće nakupine formirane veće čestice brže se talože vezivo – koagulans i flokulant
Uhvaćeni materijal	koloidne tvari, mikroorganizmi

Ovo je važan tehnološki proces koji se prvenstveno koristi za obradu površinskih voda, gdje se uz naknadnu filtraciju uklanjaju otopljene (tipično visokomolekularne organske tvari, poput humusnih tvari) i koloidne tvari koje se ne mogu same ukloniti taloženjem ili flotacijom. Bistrenje je zahtjevan proces za upravljanje i dizajn, budući da je pod utjecajem mnogih parametara kako tretirane vode (pH, temperatura) tako i tehnoloških parametara (brzina miješanja, oblik mješalica, doza koagulacijskog sredstva).

Upotrebom pozitivno nabijenih čestica metala željeza ili aluminija (obično sulfata ili klorida u obliku hidrata) nastaju veći klasteri tzv. pahuljica, koje se zatim mogu ukloniti taloženjem, flotacijom ili filtracijom. Pozitivne čestice zatim privlače nečistoće poput magneta.

ZŠ: U vodu dodamo reagens koji uzrokuje da se tvari koje ne želimo u vodi počnu taložiti i nakupljati u obliku pahuljica. Nastale ljuskice, koje su znatno veće od samih nečistoća, mogu se lako ukloniti filtracijom i taloženjem. Savjet za demonstraciju: Možemo pokazati ove pahuljice i usporediti vodu prije i poslije koagulacije.

SS: Koagulacija ili bistrenje je važan proces koji može pretvoriti otopljene tvari u vodi u neotopljene. Dodatak agensa uzrokuje da se inače stabilne otopljene tvari, kao što su humini, počnu skupljati i stvaraju talog s koagulansom. Proces zahtijeva upotrebu prikladnog reagensa, postavljanje točne doze reagensa i točnih uvjeta, kao što je posebno pH. Te se stvari ne mogu pouzdano projektirati "sa stola" i prije bilo kakve veće promjene moraju se u laboratoriju obaviti tzv. koagulacijski testovi stakla.

Zanimljivo: koloidne tvari stabiliziraju se u vodi električnim nabojem na njihovoj površini. Dodavanje reagensa mijenja naboj i tako ih destabilizira i omogućuje im da se skupe zajedno (poput magneta).

Huminske tvari - huminske tvari ili druge tvari prirodnog podrijetla često se uklanjaju koagulacijom. Oni sami po sebi nisu štetni za ljudsko zdravlje, ali uzrokuju senzorne probleme, osobito smeđu obojenost. Drugi razlog za njihovo uklanjanje je osiguranje dugoročne stabilnosti vode, kada bi te tvari mogle poslužiti kao supstrat za rast bakterija. Drugi razlog je njihova moguća reakcija s klorom koji se koristi za osiguranje higijenske ispravnosti vode. Mogu se proizvesti potencijalno opasne klorirane tvari (tzv. nusprodukti dezinfekcije, na primjer kloroform).

U praksi se mogu susresti pojmovi flokulacija, koagulacija i bistenje, koji se često (pogrešno) miješaju. Koagulacija je stvaranje nakupina čestica (mogla bi se opisati i kao destabilizacija), flokulacija (također agregacija) je stvaranje vidljivih ljuskica iz tih nakupina; bistenje je onda općenito miješanje bez daljnjeg praćenja stvaranja pahuljica. Koagulacija, za razliku od flokulacije, nije reverzibilna.

3.6 Filtriranje

Važnost**Načelo****Uhvaćeni materijal**

ključni korak u uklanjanju suspendiranih krutih tvari u vodi
hvatanje velikih čestica (oksidiranih, flokuliranih) na česticama pijeska
oksidirane otopljene tvari, koagulirane čestice
(na primjer, koloidne tvari, mikroorganizmi, hidratizirani oksidi željeza i mangana, čestice gline)

Filtar je vjerojatno najtradicionalnija tehnologija koja se koristi u pročišćavanju vode i vjerojatno ga možete pronaći na svakom postrojenju za pročišćavanje u Češkoj. Postoji nekoliko vrsta filtara ovisno o punjenju. Razni filtri od tkanine ili jedra koji hvataju materijal na svojoj površini (što srednjoškolci možda znaju iz, primjerice, vježbi iz kemijskog laboratorija), ne koriste se mnogo u industriji vode i vjerojatnije je da će se koristiti u drugim područjima, ili na primjer u kućnim bazenima. U vodoprivredi raširena je filtracija kroz sloj zrnatog materijala, kada se materijal hvata u volumen punjenja filtera; obično je to pijesak ili kemijski modificirani pijesak koji na sebi ima različite modificirane slojeve.

Na prvi pogled također možete vidjeti razliku između tlačnog i otvorenog filtera. Odgovarajući tip bira se uglavnom s obzirom na preostalu tehnologiju i prostorne zahtjeve - tlačne pumpe su znatno manje od otvorenih, ali također troše električnu energiju pumpi.

U principu, to je ista filtracija koju će djeca vjerojatno zamisliti: čestice vodi sloj zrnatog materijala u koji su zarobljene. Kako se filter postupno začepi, pad tlaka se povećava i kroz njega prolazi manje vode ili je potrebno povećati tlak da bi se održao protok (po cijenu veće potrošnje energije i istovremeno većeg opterećenja tehnologije). Kada je gubitak tlaka prevelik ili suspendirana suspenzija počne prodirati u filter, potrebno ga je oprati. Pranje koristi preokretanje toka vode kroz filter i povećanje protoka kako bi se uzrokovalo širenje uložka (uložak je "pahuljast"). Ispiranje se često pojačava komprimiranim zrakom, što olakšava oslobađanje zarobljenog materijala iz filtra.

Filtarski materijal može biti pijesak veličine zrna cca. 0,6 do 1,8 mm (postoje različite veličine zrna s različitim rasponima). Ili drugi materijali, kao što je antracit, ili industrijski proizvedeni filtarski materijali s posebnim svojstvima. Poseban oblik filtera je tzv. filter za odkiseljavanje. Međutim, njegova svrha nije filtracija, već podešavanje karbonatne ravnoteže, te će stoga biti opisano u drugom poglavlju.

Savjet vodiča: Pripremite uložak filtra u čaši ili drugom spremniku i pošaljite ga djeci da ga dodirnu (neke tehnološke tvrtke izravno nude ove kompletne uzoraka kao promotivne artikle). Ovakav ilustrativni prikaz obnovit će pozornost sudionika ekskurzije.

3.7 Ionski izmjenjivači

Važnost	Uklanjanje neželjenih kationa ili aniona iz vode
Načelo	visokomolekularne tvari (ionex) koje sadrže funkcionalne skupine sposobne uhvatiti ion suprotnog naboja
Uhvaćeni materijal	otopljene tvari u ioniziranom stanju (pozitivan ili negativan naboj)

Obrada vode ionskom izmjenom vrlo je učinkovita. Ioneksi, ili ionski izmjenjivači, primarno ciljaju na anorgansko onečišćenje vode, ali ako organske tvari nose naboj, one se također mogu uhvatiti. Ioneksi se obično nalaze u obliku malih kuglica. Općenito, to su visokomolekularne tvari koje u svojoj strukturi nose funkcionalne skupine. Ove skupine imaju određeni naboj, koji određuje koju skupinu tvari će privući. Razlikujemo dvije vrste ionexa, negativne i pozitivne. Ljudi često brkaju njihova imena, ali poput elektroda, ionex se uvijek nazivaju prema vrsti naboja koji privlače - catex izmjenjuje katione, a anex izmjenjuje anione. Cijeli niz prirodnih i sintetskih tvari ima sposobnost izmjene iona. Zeoliti pripadaju najpoznatijim ionskim izmjenjivačima prirodnog podrijetla. Međutim, danas se najčešće koriste tvari sintetskog podrijetla, uglavnom na bazi polimera.

Analogno sorpciji na granuliranom ugljenu, postoji samo ograničena količina funkcionalnih skupina na ionexu. Dakle, ako su sva mjesta popunjena, neophodna je regeneracija. Najveća prepreka u radu ionskih izmjenjivača je zbrinjavanje regeneracijskih otopina. Zbrinjavanje otpada obično je ograničavajući čimbenik pri donošenju odluke o tome hoće li se ovakva tehnologija obrade uopće uvesti. Zbog količine i prirode otpada (značajan sadržaj soli), tehnologija se više koristi za male uređaje za pročišćavanje.

Osnovna škola: Pokažite djeci uzorak kako takav ionex izgleda. Pustite ga da ide okolo i kad vam se vrati pitajte djecu kako je izgledao – kako bi ga opisali? Naglasite da je princip tehnologije ionska izmjena. Znajuju li djeca što je ion? Sada kada razumijete koncept, kako bi ionska izmjena mogla funkcionirati? Iz toga slijedi da će kuglice (ionex) koje su vidjeli nositi neku vrstu naboja. Što rade isti naboji, odbijaju ili privlače? Možete im to pokazati na magnetima. Kada dođete do činjenice da se suprotnosti privlače, objasnite zašto se kateksi i aneksi tako zovu. Zaključno, rezimirajte da nam ionex pomaže pokupiti određenu vrstu iona prema naboju koji nose. S vremena na vrijeme, ionex je potrebno isprati kako bi se riješio svega što je prethodno uhvatio i mogao ponovno nastaviti raditi naš posao.

Radoznalo: Stupanj sposobnosti zadržavanja tvari ovisi o svojstvima korištenog ionexa i samog iona. Određene vrste tvari također se mogu ireverzibilno vezati za ionex i tako ga onemogućiti u radu. Takav ionex se više ne može regenerirati i tretira se kao otpad.

3.8 sorpcija

Važnost	učinkovita metoda hvatanja mikropolutanata, pozitivan učinak na okus vode, zaštita nakon primjene ozona
Načelo Uhvaćeni materijal	hvatanje tvari na velikoj površini (adsorpcija) granula organske tvari koje izazivaju okus i miris organski i anorganski mikropolutanti (pesticidi i lijekovi)

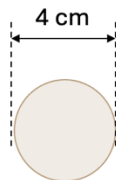
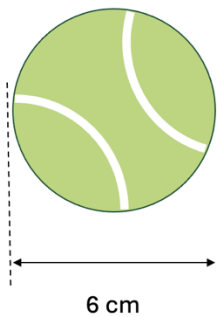
Aktivni ugljen se proizvodi od ugljena, drva ili treseta i ima poroznu strukturu s velikom unutarnjom površinom. Specifična površina aktivnog ugljena je obično oko 1000 m² po gramu, ali može doseći i do 3500 m² po gramu. Za predodžbu, nogometni stadion Eden u Pragu ima oko 7000 m², što odgovara 7 grama aktivnog ugljena. Možete saznati koliko ima nogometno igralište u vašem kraju ili još bolje igralište u gradu/mjestu iz kojeg su posjetitelji došli i usporediti količinu aktivnog ugljena. Količinu možete izvagati i čuvati za izlete u posudici – djeca će vidjeti kako aktivni ugljen izgleda i bolje zamisliti o kojoj količini je riječ.

Sorpcija na aktivnom ugljenu najčešće je korišteno sredstvo za uklanjanje organskih tvari iz vode, posebice mikropolutanata poput pesticida. Za pesticide, učinkovitost uklanjanja općenito se kreće od 50 do 95%, ovisno o vrsti aktivnog ugljena i vrsti adsorbirane tvari. Aktivni ugljen uglavnom se koristi zbog visoke učinkovitosti i jednostavne primjene. U vodoprivredi se najčešće susrećemo s njegovim granuliranim oblikom, ali često se koristi i aktivni ugljen u prahu. Veća postrojenja za pročišćavanje drže aktivni ugljen u prahu u rezervi za slučaj problema s radom filtera s aktivnim ugljenom u granulama ili ako se kakvoća vode naglo pogorša. Općenito, može se reći da se aktivni ugljen u prahu uglavnom koristi za sezonsko pogoršanje kvalitete vode (okus, miris, otjecanje s polja), a primjena se obično klasificira prije filtracije. Nedostatak praškastog oblika je što se ispire nakon nanošenja, pa je ovaj oblik skuplji i manje se koristi za normalan rad. Ako se kvaliteta sirove vode nastavi pogoršavati, postrojenja za pročišćavanje koriste filtraciju s granuliranim aktivnim ugljenom. Važno je napomenuti da s vremenom adsorpcijska sposobnost ugljena opada te ga je nakon vremena potrebno regenerirati, odnosno vratiti mu učinkovitost.

ZŠ: Štetne tvari se hvataju i na površini, ne samo na vanjskoj. Nastojati da ta površina bude što veća. Izgled može zavarati, jer je površina koja spaja unutrašnjost materijala u aktivnom ugljenu višestruko veća od vanjske, što obično primijetimo. Pitajte djecu jesu li ikada s roditeljima čitali mrava Ferdu ili su vidjeli mravinjak iza stakla - puno staza, različitih duljina i zavoja. Vjerojatno bi ovako moglo izgledati u granulama aktivnog ugljena. Tvari zatim prodiru duboko u unutrašnjost zrna i zatim se hvataju u svim tim putevima.

SŠ: Usudujemo se reći da pojam specifične (mjerene) površine nije sasvim lako uvesti. Zbog toga je važno da se više pažnje posveti njegovom objašnjenju. To je

površina čvrste tvari po jedinici mase. Drugim riječima, koliku površinu u kvadratnim metrima ima jedan gram tvari. Zašto nas to uopće zanima, zašto nam je površina toliko važna i zašto se mučimo s njezinim određivanjem? Jednostavno rečeno, to je jedan od najvažnijih parametara adsorpcije, jer je adsorpcija proces nakupljanja tvari na površini. Jednostavno rečeno, što je veća površina, to je više prostora za hvatanje tvari. Vidim! Ali kako mogu dobiti veću specifičnu površinu? Molimo dopustite djeci da malo razmisle. Na primjer, možete im pokazati tenisku lopticu i pokazati kakva je njena površina. Ali kako mogu povećati omjer površine i težine? Kontraintuitivno bi se reklo da treba koristiti veće čestice, jer je tada površina veća. Površina čestice je da, ali nije specifična, jer to također povećava masu čestice. Jedna od mogućnosti je imati manje čestice (ping-pong loptica). Ako vam ne vjeruju, možete im pokazati jednostavan izračun:



$$\rho = \text{konst.} = 1 \text{ g/cm}^3$$

Tenisový míček

$$d = 6 \text{ cm} \Rightarrow r = 3 \text{ cm}$$

$$S = 4\pi r^2 = 113 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 113 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = 113 \text{ g}$$

$$a_M = \frac{S}{m} = 1 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Ping-pongový míček

$$d = 4 \text{ cm} \Rightarrow r = 2 \text{ cm}$$

$$S = 4\pi r^2 = 50 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 33 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = 33 \text{ g}$$

$$a_M = \frac{S}{m} = 1,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Druga temeljnija promjena je poroznost čestice. Znaju li djeca što su pore? Neka zamisle kockicu sira koji vole, na primjer edamame. A sad pored te kocke stvarno curivog ementalca. Koji od njih ima veću specifičnu površinu? Pore mogu povećati specifičnu površinu. Aktivni ugljen je izvrstan adsorbent upravo zbog svoje velike poroznosti koja nastaje njegovom proizvodnjom.

Zanimljivo: Općenito, razlikujemo dvije vrste adsorpcije – fizikalnu i kemijsku. Tvari se fizikalnom adsorpcijom mogu vezati na cijeloj površini, čvrstoća veze je obično slaba i tim lakše dolazi do desorpcije. Fizička adsorpcija najčešće se odvija zbog van der Waalsovih sila, a može se uočiti i višeslojna adsorpcija. Nasuprot tome, kemijska adsorpcija djeluje uz pomoć tzv. aktivnih mjesta, a mnogi čimbenici utječu na tijek hvatanja tvari. Mješavina tvari u vodi također će uzrokovati natjecanje tvari za aktivna mjesta, jer će neke tvari imati veći afinitet, želju, da se vežu na mjesta adsorbensa. Adsorbent također ima ograničenu količinu ovih mjesta i kada su ona ispunjena, daljnja adsorpcija ne može funkcionirati. Srećom, proces ne završava iscrpljivanjem sorpcijskog kapaciteta, ugljen se nakon iscrpljivanja ne mora baciti, već ga je moguće regenerirati (kod reverzibilnih procesa vezivanja). Drugim riječima, moguće je vratiti sorpcijski kapacitet aktivnog ugljena. Kao i kod adsorpcije (vezivanje tvari za površinu), također djeluje i suprotan proces, tj. odvajanje tvari od površine sorbensa. Za to

se najčešće koristi toplinska desorpcija. Materijal se zagrijava do vrlo visoke temperature (do 1200 stupnjeva Celzijusa), kada se adsorbirane tvari uklanjaju iz ugljena. No, ne treba zaboraviti da postoji i oksidacija i abrazija samog ugljena, što može dovesti do gubitka materijala i do 15%.

3.9 Higijenska opskrba vodom

Važnost	higijensko osiguranje vode u pogledu mikroorganizama
Načelo	učinci oksidacije i kloriranja koji ograničavaju ili onemogućuju važne procese mikrobnih stanica koje kao rezultat uništavaju
„Uhvaćeni“ materijal	mikroorganizama

Higijenska opskrbljenost vodom često je kontroverzna tema, no potrebno je shvatiti da je pronalaženje veze između nekih bolesti i kakvoće vode te posljedično osiguranje mikrobiološke kakvoće vode značajno produžilo prosječnu starost stanovništva.

ZŠ: Prirodne vode sadrže bakterije. Čak ni tretirana voda nije potpuno bez bakterija. Većina bakterija nije opasna za ljude i ljudsko tijelo može se nositi s njima. Međutim, važno je zadržati njihov broj niskim, a posebno osigurati da bakterije prisutne u vodi nisu opasne. Najbolja tehnologija obrade ne može osigurati apsolutnu eliminaciju bakterija, ali što je najvažnije, ne može osigurati da se bakterije neće razmnožavati u vodovodnoj mreži. Iz tog razloga se u vodu dodaju sredstva za dezinfekciju. Dodaje se minimalna količina istih, uglavnom zbog njihove cijene i ograničavanja učinka na miris i okus vode. Sa stajališta potrošača vode daleko je bolje da voda sadrži određenu minimalnu količinu dezinficijensa nego da sadrži opasne mikroorganizme.

Zanimljivo: Moguće je ispričati priču o tome kako je otkrivena veza između kvalitete vode i širenja bolesti. John Snow je 1854. godine u Broad Streetu u Londonu provodio istraživanje o povezanosti zaraznih bolesti i izvora vode i otkrio da su ljudi koji su imali zarazu često bili povezani zajedničkim izvorom vode. Zabilježio je slučajeve bolesti na karti, a veza s izvorom vode bila je sasvim očita. Zanimljivo je da je u žarištu epidemije bio i samostan, ali u njemu nije zabilježena nikakva bolest. Pitajte ako netko zna zašto je to bilo. Točan odgovor je da redovnici nisu pili vodu, već pivo koje je bilo termički obrađeno.

3.9.1 Kloriranje

Kloriranje vode je proces u kojem se elementarni klor ili njegovi spojevi koriste za osiguranje higijenske ispravnosti vode. Koristi se nekoliko vrsta dezinficijensa na bazi klora. Međutim, najčešće se koristi doziranje plinovitog klora, natrijevog hipoklorita ili klorovog dioksida. Kloriranje je jedna od najraširenijih metoda dezinfekcije u vodoprivredi.



Savjet za tumačenje: Kloriranje nije ispravan izraz s kemijskog gledišta. Kloriranje znači da je klor negdje kemijski vezan. Budući da cilj nije vezanje klora na vodu, mnogo je ispravniji termin **dezinfekcija vode**. Osim toga, nemaju svi agensi na bazi klora klorirajući učinak na tvari prisutne u vodi. Na primjer, klor dioksid samo oksidira.

Kloriranje prvenstveno pomaže kod mikrobne aktivnosti u vodi. Najveća prednost kloriranja je tzv. sekundarna dezinfekcija. To znači da štiti kvalitetu vode čak i tijekom njezine distribucije kroz mreže do krajnjeg potrošača.

Osim toga, to je jednostavan način da se osigura dezinfekcija čak i u rezervoarima vode, čime se dugoročno održava kvaliteta vode. Veliki nedostatak su nusprodukti kloriranja i negativan učinak na senzorska svojstva vode. Ovo su razlozi zašto su mnoge države na kraju odustale od kloriranja. Veća postrojenja za pročišćavanje koriste plin klor koji se dovodi u vodu. Na malim se najčešće koristi natrijev hipoklorit.

U vodi se razlikuju tri osnovna oblika – ukupni klor, slobodni i vezani aktivni klor. Zbrajanjem vezanog i slobodnog dobivamo koncentraciju ukupnog klora. Vezani, ili spojeni, klor reagira s amonijakom da nastane kloramin. Kloramin je osobito važan za sekundarnu dezinfekciju jer ima dug poluživot i na taj način štiti kvalitetu vode od kontaminacije mikroorganizmima koji ulaze u mrežu cijevi. Slobodni klor mjeri se u svakom postrojenju za pročišćavanje, bilo veliko ili malo. Štiti vodu od onečišćenja i odličan je pokazatelj je li voda još uvijek higijenski ispravna. Kada se govori o slobodnom kloru, prikladno je djeci pokazati njegovu odlučnost. Također se predlaže pripremiti uzorke s različitim vrijednostima slobodnog klora kako bi djeca mogla vidjeti kako je zasićenost boje povezana s koncentracijom klora.

Osnovna: Pitajte djecu što znaju o kloru. Znaju li njegovo stanje i boju? Vjerojatno će ga znati kao borbeni plin ili se sjetiti bazena. Ako se sjećaju bazena, možete im reći da se pokušaju prisjetiti njegovog mirisa.

Ovaj plin i neki njegovi kemijski spojevi imaju značajne dezinfekcijske učinke. Nakon miješanja s vodom, te tvari učinkovito uništavaju mikroorganizme koji nam prijete u vodi. Djeca će natrijev hipoklorit sigurno znati pod imenom SAVO.

SŠ: Klor u vodi troše i zaostale organske tvari, pa je potrebno vodu što čistije klorirati. Kao i kod drugih metoda dezinfekcije, preporučljivo je klorirati samo u posljednjoj fazi obrade vode. Razlog učestale uporabe klora je njegova velika baktericidna učinkovitost, koju zadržava i u malim koncentracijama. Veličina doze kemikalija uvijek ovisi o kvaliteti ulazne vode i granicama dezinfekcije. Učinkovitost kloriranja izrazito ovisi o pH vrijednosti vode. U postrojenjima za pročišćavanje uvijek nastojimo održavati određenu razinu slobodnog klora u vodi.

Radoznalo: dezinficijensi na bazi klora također su prikladni za uklanjanje željeza, mangana, sumporovodika i nekih organskih tvari, posebno mirisnih i okusnih, zahvaljujući njihovom oksidirajućem djelovanju.

3.9.2 UV zračenje

**Važnost
Načelo**

higijenska opskrba vodom
temelji se na prirodnom biocidnom učinku sunčeve svjetlosti
živine lampe emitiraju UV zračenje štetnih valnih duljina,
uzrokujući promjenu strukture s naknadnim uništavanjem
mikrobnih stanica

„Uhvaćeni“ materijal

Mikroorganizmi (bakterije, virusi) i njihovi

Ovo je fizički način osiguranja vode za potrošače. Prednost korištenja UV lampi je sprječavanje stvaranja nusproizvoda, a ujedno je i vrlo učinkovita metoda dezinfekcije. Osim toga, to je ekološki prihvatljiva metoda. Još jedna prednost je jednostavnost rada i održavanja u usporedbi s drugim tehnologijama. Naprotiv, nedostatak je energetski zahtjev lampi, njihova osjetljivost na pregrijavanje, ali uglavnom utjecaj kvalitete vode na učinkovitost dezinfekcije. Na učinkovitost zračenja uvelike utječe zamućenost vode, jer uzrokuje smanjenu propusnost zračenja u volumenu vode. Voda bi dakle trebala biti potpuno prozirna, a osim toga mora biti proziran i tanak sloj vode. No, najveći nedostatak u odnosu na kloriranje je što voda neće ostati higijenski osigurana u vodovodnoj mreži. Drugim riječima, UV zračenje djeluje samo na mjestu izlaganja. Izravno mjerenje doze UV zračenja također nije moguće.

UV lampe se uglavnom koriste za dezinfekciju vode za piće u većim konzumnim područjima. Također se sve više koristi za decentraliziranu obradu vode. npr. u pansionima, privatnim kućama. Međutim, UV zračenje se također koristi u nekim zemljama za dezinfekciju vode u vlakovima i brodovima.

Primarni: Pitajte djecu na što pomisle kad kažu valovi. Vjerojatno će misliti na more. Istaknite im da postoje i drugi valovi, odnosno svjetlosni valovi. Sunce emitira valove različitih valnih duljina – kratke valne duljine ultraljubičastog zračenja, valove vidljive svjetlosti (boje) i duge valne duljine infracrvenog zračenja. Spomenute kratke duljine ne možemo vidjeti, ali one su najjače u borbi protiv mikroorganizama. Djeca su sigurno vidjela bake i djedove ili roditelje kako vani vješaju opranu odjeću. Sunčeva svjetlost ne samo da suši odjeću, već je i oslobađa od bakterija i mirisa (organskih tvari). UV lampe emitiraju upravo takvo zračenje i pomažu nam da voda bude biološki sigurna. No, uvijek ovisi o intenzitetu zračenja i trajanju izloženosti. Djeci je sigurno poznat osjećaj na koži kada sunce jako prži - to je povezano s intenzitetom zračenja. A ako sunce ovako jako grije i dugo trče vani, odnosno dugo će biti izloženi njegovom djelovanju, lijepo će izgorjeti. Kada su mikroorganizmi u vodi izloženi zračenju visokog intenziteta i dugo vremena, neće preživjeti.

Pa, a budući da UV zračenje nije opasno samo za mikroorganizme u vodi, nego i za ljude (iako nismo tako mali i možemo podnijeti znatno veću dozu zračenja), roditelji često apeliraju da se pošteno namažemo kremama za sunčanje.

SŠ: UV zračenje je prirodna komponenta svjetlosti, odnosno kratke valne duljine. Prirodni izvor UV zračenja je dakle Sunce. Ovdje su njegov izvor živine kvarcne žarulje, u kojima se nalaze (visokotlačne ili niskotlačne) živine žarulje s izbojem. Kad čujemo žarulje s izbojem, vjerojatno zamišljamo da trebaju veću dozu energije, a pritom će se brzo zagrijati. Zbog toga voda mora stalno teći oko njih da bi ih ohladila. Lampama se također mora pažljivo rukovati tijekom održavanja jer sadrže živu koja je opasna po zdravlje.

Što se tiče učinaka na mikroorganizme, UV zračenje najveće germicidne učinke pokazuje na valnoj duljini od 200-300 nm, a najučinkovitije je na valnoj duljini od 254 nm. UV prodire u njihove stanice, mijenja njihovu strukturu i tako ih uništava. Ostale tvari koje snažno apsorbiraju UV zračenje uključuju organske tvari. Stoga, kako bi dezinfekcija bila što učinkovitija, zračenje se primjenjuje kao zadnji korak tretmana,

kada ih je u vodi najmanje, a punu dozu uhvate mikroorganizmi kojih se u vodi pokušavamo riješiti.

Zanimljivo: Povijest - Germicidna svojstva sunčeve svjetlosti otkrili su Downes i Blunt 1887. Iako je velik napredak postignut u prvoj polovici prošlog stoljeća, niska cijena klora i operativni problemi s ranim UV dezinfekcijskim sustavima ograničili su upotrebu UV zračenja za dezinfekciju vode za piće. Zračenje je prvi put korišteno za dezinfekciju u francuskom gradu Marseilleu, ali prva pouzdana primjena za dezinfekciju urbane pitke vode pojavila se tek 1955. godine u Švicarskoj i Austriji. S otkrićem kloriranih nusproizvoda dezinfekcije, UV dezinfekcija postala je popularna posebno u Norveškoj i Nizozemskoj.

Tehnički – UV zračenje valne duljine od 200 do 300 nm uništava ne samo bakterije, već i njihove spore koje su inače vrlo otporni oblici bakterija. Najučinkovitije je UV zračenje valne duljine 254 nm pri minimalnoj efektivnoj dozi od 400 J po m². Navedena valna duljina povezana je s apsorpcijskim maksimumom nukleonskih kiselina koje UV zračenje razgrađuje. Obično staklo apsorbira UV zračenje, stoga je potrebno koristiti čisto silikatno staklo. Visokotlačne žarulje na izboj emitiraju učinkovitije UV zračenje, ali su i energetski intenzivnije. UV lampe su najčešće usmjerene okomito na protok vode, što ima prednost puno ravnomjernije raspodjele intenziteta UV zračenja unutar uređaja.

3.9.2.1 Ozonizacija

Važnost

Načelo

„Uhvaćeni“ materijal

higijensko osiguranje vode, oksidacija organskih tvari
ozon = "aktivni kisik" jako oksidacijsko sredstvo

tvari koje negativno utječu na miris i okus vode mikroorganizmi

Ozonizacija je jedan od najučinkovitijih oblika higijenske sigurnosti vode i dovoljno je kratko vrijeme kontakta s vodom. Velika prednost je što nema stvaranja halogeniranih nusproizvoda dezinfekcije (osim broma). Još jedna prednost je njegova sposobnost razgradnje inače problematičnih tvari kao što su lijekovi i pesticidi u vodi. Za razliku od klora, također ne mijenja okus vode. Zbog niske stabilnosti u nižim slojevima atmosfere, ozon se mora generirati izravno u postrojenju za obradu vode, a proizvodi se iz zraka ili čistog kisika izloženog visokom električnom pražnjenju. Nedostatak je njegova energetski intenzivna proizvodnja, distribucija u vodu, niska stabilnost nastalog plina i njegovo korozivno agresivno djelovanje. Osim toga, nije prikladno dezinfekcijsko sredstvo za vode s visokim udjelom bromidnih aniona (stvaranje kancerogenih bromata).

Zanimljivo: Rad vodoopskrbnog sustava bez ispuštanja dezinficijensa. Osobito u zapadnoj Europi, ali i u nekim vodoopskrbnim sustavima u Češkoj, počinje se pojavljivati rad bez dezinfekcijskog sredstva. Ovaj pristup je moguć i zahtijevan od strane kupaca. Međutim, zahtijeva određenu promjenu pristupa. Uređaj za

pročišćavanje, vodoopskrbna mreža i vodospremnik moraju biti u besprijekornom tehničkom stanju, opremljeni filtracijom zraka i drugim mjerama za sprječavanje onečišćenja vode. Pritom je preporučljivo pojačati intenzitet nadzora prometa. Većina vodovoda u Češkoj izgrađena je prije više od trideset godina i njihova tehnička razina odgovara tom vremenu. To ne znači da je voda na bilo koji način nepoželjna, ali je za rad "bez klora" potrebna nešto viša razina. Ovdje je potrebno shvatiti da pitka voda nije sterilna sredina i ako mikroorganizmi pronađu odgovarajuće uvjete za svoj rast, na primjer odgovarajući materijal cijevi, mjesto gdje voda stagnira, mjesto s talogom, početak će se razmnožavati i mogu smanjiti kvalitetu vode. Dezinfekcija će to pouzdano spriječiti. Druga opcija je potpuna obnova mreže i njezina prilagodba važećim standardima.

3.10 Stabilizacija (ravnoteža kalcij-karbonata)

Važnost	stabilizacija vode u cjevovodima
Načelo	doziranje kalcija kako bi se postigla ravnoteža kalcij-karbonata
Zahvaćeni parametar	kalcij, tvrdoća, KNK

Ovaj dio pročišćavanja obično je samo dio velikih postrojenja za pročišćavanje vode i nije dobro poznat u laičkoj javnosti, iako je s tehničkog gledišta jedan od najosnovnijih koraka. Ravnoteža kalcij-karbonata određuje koliko će voda biti agresivna prema cjevovodu (može doći do sekundarne kontaminacije vode željezom iz otopljenog materijala cjevovoda) ili, naprotiv, koliko će se CaCO_3 (kalcijev karbonat, vapnenac) inkrustirati u cjevovodu. Riječ je o konačnom dotjerivanju kvalitete vode, zbog čega se s ovim korakom susrećemo tek na samom kraju tehnološke linije.

Sam izračun ove bilance prilično je zahtjevan jer se sastoji od 6 neovisnih jednačbi, a tehnolozi se uglavnom koriste računalnim programima. Ako se postigne ravnoteža, kaže se da je voda stabilna.

Na ovom mjestu tijekom izleta također možete dati informacije o tvrdoći vode i njezinom utjecaju, na primjer, na okus i prljavštinu u tehnološkim uređajima, kao što je spomenuto u gornjim poglavljima.

ZŠ: *U vodi ima kalcija, ugljičnog dioksida i njegovih oblika, koji moraju biti u ravnoteži – ako je ravnoteža poremećena, ili voda otapa cijevi ili obrnuto dolazi do taloženja kamenca na stijenkama cijevi, što rezultira tehničkim problemima u cijevima.*

SS: *U postrojenjima za pročišćavanje vode susreću se dva načina doziranja vapna - vapneno mlijeko i vapnena voda. Obje su otopine kalcijevog hidroksida Ca(OH)_2 , ali prva je u obliku suspenzije (to nije prava otopina, već neotopljene koloidne čestice hidroksida u vodi, vapnena voda je stvarno otopina (javlja se u tzv. čokovima). Razliku između ova dva pojma možete koristiti kao pitanje za sudionike ekskurzije. Možemo se susresti i s jednostavnim podešavanjem pH pomoću natrijevih soli ili čak natrijev hidroksid.*

Radoznalo: *Vapneno mlijeko također se može dozirati na početku tehnologije, jer može pomoći kod sedimentacije (zahvaljujući teškim koloidnim česticama, ostale netopive čestice postaju teže i tada se talože brže i učinkovitije).*

3.11 Membranska tehnologija

Važnost	Moderna visoko učinkovita metoda separacije Ovisno o veličini pora membrane – uklanjanje širokog spektra tvari (koloidi, ioni, mikroorganizmi)
Načelo	Mehanička filtracija, gdje polupropusna membrana služi kao fizička barijera Razlika tlaka preko membrane (iznad i ispod) pokretačka je sila iza odvajanja
Zahvaćeni parametar	Filtarski kolač koji sadrži nečistoće koje nisu prošle kroz pore membrane.

Membranski procesi mogu se podijeliti u mnoge kategorije, ali tlačni membranski procesi posebno su važni za obradu vode za piće. U pravilu postoje četiri vrste tehnologija: mikrofiltracija (MF), ultrafiltracija (UF), nanofiltracija (NF) i reverzna osmoza (RO). Princip je isti za sve tehnologije, ono što se razlikuje je veličina pora, što je također povezano s veličinom primijenjenog pritiska. Manja veličina pora znači veću kvalitetu vode. Međutim, što su pore manje, potrebno je primijeniti veću silu (pritisak) i, prije svega, membrana se brže začepi (zadržava se veći dio prljavštine). Kada se membrana zaprlja, potrebno je povratno ispiranje. Na učestalost pranja utječe nekoliko čimbenika, uglavnom kvaliteta ulazne vode i starost membrane. Odvajanju membrane često prethode drugi mehanički predtretmani koji pomažu poboljšati kvalitetu vode prije ulaska u membranu, kao i zaštitu od mehaničkih oštećenja.

ZŠ: Što djeca zamišljaju pod riječju membrana? Gdje su čuli za ovaj izraz? Kako funkcionira naša koža? Pokušajte sastaviti definiciju membrane (materijal koji čini sučelje između okolina i tako ih razdvaja - fizička barijera). Razmislite dalje o koži, jesu li djeca čula za pore? Što su zapravo pore? Membrana koja se ovdje koristi također ima pore, zahvaljujući kojima određene tvari mogu proći. Točnije, tvari koje su manje od pora. Što su pore manje, to će duže trebati da voda protječe kroz membranu. Ali mi koristimo silu pritiska koja nam pomaže da brže proguramo vodu. Membrana radi kao sito i na njoj se nakuplja ono što ne prođe. Kako bi membrana ispravno funkcionirala, potrebno ju je često prati kako bi se isprale prljanjuće tvari.

SŠ: Što djeca zamišljaju pod riječju membrana? Što djeca znaju o staničnoj membrani? Što je s našom kožom? Analogno onome što se uči u biologiji, i ovdje membrana propušta samo određene tvari. Pokušajte sastaviti definiciju membrane (materijal koji čini sučelje između okolina i tako ih razdvaja - fizička barijera). Razmislite dalje o koži, jesu li djeca čula za pore? Što su zapravo pore? Zabavite se razmišljajući o tome koje tvari propuštaju pore membrane.

Zanimljivo: Membrane mogu biti anorganske (keramičke) ili organske (sintetičke). Najčešće se koriste organske membrane, a nisu sve membrane porozne. Također se nudi isticanje važnosti membranskih tehnologija na primjeru desalinizacije morske vode reverznom osmozom. Jedna od zemalja ovisnih o spomenutoj tehnologiji je Izrael. Izrael dobiva oko 3/4 pitke vode iz mora.

3.12 Upravljanje muljem

Važnost	Zgušnjavanje mulja (nečistoća) iz procesa obrade vode Odlaganje mulja
Načelo	Gravitacijsko (taloženje) ili mehaničko (strojno) uklanjanje vode iz mulja.
Zahvaćeni parametar	Zgusnuti vodeni mulj

Problemu prerade mulja u sklopu ekskuzije nije potrebno posvećivati puno vremena jer je to više poput Pepeljuge vodovodnih procesa. No, valjalo bi naglasiti da ni pročišćavanje vode nije bez otpada, koji se onda mora pravilno zbrinuti. Osim toga, dobro je naglasiti da je karakter mulja znatno drugačiji od onog kod uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, što možda znaju iz neke druge ekskuzije. Pa nije mulj ko mulj.

U vodenom mulju prevladavaju anorganske komponente. Osim toga, vodeni mulj sadrži i do 99% vode, pa se prije daljnjeg rukovanja s muljem nastoji ukloniti barem razmjerni dio vode. Mulj se obrađuje izravno u postrojenju za pročišćavanje vode ili se ispušta zajedno s otpadnom vodom kroz kanalizacijski sustav. Ako se koristi kanalizacija, ona se odlaže u najbliži uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.

Lagune za mulj općenito su korišteno rješenje za obradu mulja izravno u postrojenjima za pročišćavanje. To su spremnici s dugim vremenom zadržavanja, gdje se taloži mulj. Većina postrojenja za pročišćavanje koristi dva takva spremnika u stand-by modu, tj. jedan je napunjen, a u drugom se nesmetano taloži. Voda se nakon taloženja u muljnim lagunama ispušta u vodotok i mulj se dalje obrađuje. Danas su potrebe za kemikalijama za obradu znatno veće, a samim time i veća količina generiranog otpada – mulja. Budući da veliki dio postrojenja za pročišćavanje ima dugu povijest, spremnici često nisu dimenzionirani za ovu promjenu. Zbog toga su se morala pronaći nova i kreativnija rješenja. U vezi s ÚV Želivka, našim najvećim prerađivačkim pogonom u Češkoj, stvoren je koncept tzv. skladišnih spremnika. A u slučajevima kada nije moguće odabrati jednostavnije rješenje, koristi se mehanička drenaža.

4 Nakon ekskurzije

Kako raditi s informacijama s ekskurzije. Vrednovanje zadataka, ponavljanje dijela znanja i revitalizacija saznanja, stavljanje ekskurzije i informacija u širi kontekst.

Realizacija ostalih školskih aktivnosti nakon ekskurzije vrlo je zahtjevna - školski planovi nastave i druge izvannastavne aktivnosti toliko su ispunjeni da je bilo kakav nastavak programa praktički nemoguć. Ipak, u nekim školama dio ekskurzije uključuje i naknadni „Zapisnik o ekskurziji“, gdje učenici zapisuju osnovne podatke. U srednjim školama moguće je nastaviti ponudom seminarskih i diplomskih radova iz područja upravljanja vodama (preporučamo da pitate izravno nastavno osoblje – vrlo je malo smislenih tema, posebno u regijama izvan Praga), u slučaju strukovnih škola, mogućnost prakse ili stažiranja (obavezno u mnogim slučajevima).

Sažimanje osnovnih podataka koje učenici trebaju ponijeti s ekskurzije treba obaviti na kraju same ekskurzije, dok se sudionici orijentiraju i imaju priliku postavljati pitanja. No, to se ne odnosi samo na učitelje. Ono što organizatori izleta mogu pridonijeti učvršćivanju novih informacija jest kratko ponavljanje na kraju. Ovdje se nudi korištenje sheme tretmana kako bi se ponovila priča o vodi i što se uklanja u kojoj fazi i zašto je potrebno riješiti se tih stvari. Tijekom ponavljanja od sudionika se mogu pojaviti dodatna pitanja i nejasnoće. Također je dobra ideja sudionicima postaviti dodatna pitanja kako biste bili sigurni da su razumjeli poantu.

Ako je popunjavanje radnih listića bilo dio ekskurzije, naravno da je potrebno evaluirati te radne listove – međutim, taj dio je više na nastavnom osoblju u školi, kojem ćete dati točne odgovore za svoju konkretnu radnju.

No, ne treba zaboraviti ni Vaše razmišljanje o samoj ekskurziji i njenom daljnjem mogućem usavršavanju. Prve povratne informacije dobit ćete na licu mjesta – obraćaju li sudionici pažnju? Uživaju li u nekom dijelu više od drugih? Bi li voljeli pogledati izvor vode, čak i ako je prilično daleko i vi niste uopće htjeli ići tamo? Potrebno je shvatiti da se program provodi uglavnom za sudionike, pa čak i ako ne prenesete onoliko informacija koliko biste htjeli, ali će im biti zabavnije, potrebno je modificirati program. Svaka grupa je raznolika i dobro je s njom raditi, percipirati je i adekvatno reagirati. Ponekad ne možemo izbjeći improvizaciju.

Naravno, izvjesna je mogućnost i primjena klasičnih povratnih upitnika, iako bi njegova primjena u tu svrhu mogla biti diskutabilna. Bolje je pitanje uputiti izravno pedagoškom radniku koji će biti na ekskurziji, jer on ili ona najbolje poznaje ovu ciljnu skupinu. Potrebno je osvijestiti i eventualno promijeniti što su učenici znali, što nisu znali, što ih je iznenadilo i što ih je najviše zanimalo – jesu li smiješne priče iz prakse zanimljive ili ne.

Ujedno, preporučamo suradnju s PR službom Vaše tvrtke, ukoliko ona postoji – članak na web stranici i društvenim mrežama o ekskurziji ne samo da će poboljšati mišljenje tvrtke, već može potaknuti i druge škole u blizini da se zainteresiraju za mogućnost ekskurzije.

5 Linkovi i dodatne informacije

Iako smo ovaj materijal pokušali napisati na tako sveobuhvatan način da nije potrebno dalje tražiti općenite informacije, moguće je da zbog niza mogućih tehnologija neke nismo detaljno objasnili ili možda želite saznati nešto više o nekom dijelu. Na ovoj stranici želimo vam pružiti vodič kroz druge izvore informacija.

Opći resursi

- Rječnik upravljanja vodama (na primjer <https://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodohospodarsky-slovník/> ili drugdje na internetu) <https://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodohospodarsky-slovník/>
- Higijenski minimum za radnike u vodnom gospodarstvu (aktualna verzija na stranicama Državnog zavoda za zdravstvo)

Izvori stručnih informacija o tehnologijama i tvarima u vodi

- Hidrokemija, autor: Pavel Pitter (u više izdanja), dostupno u Digitalnoj knjižnici
- Metodološke preporuke i mišljenja Državnog zavoda za zdravstvo (Nacionalnog referentnog centra za pitku vodu)

Izvori informacija o pojedinim sustavima

Iz vlastitog iskustva znamo da u mnogim slučajevima nema dovoljno informacija o izvorima vode, postrojenjima za pročišćavanje ili akumulacijama i vodovodima, a vodiči ne mogu upoznati sudionike sa specifičnostima zadanog mjesta. Iz razumljivih razloga, ne možemo vam dati popis resursa za svaku općinu u Češkoj Republici, ali u nastavku predstavljamo dokumente koje možete pregledati i iz kojih možete crpiti:

- pravilnik o radu vodoopskrbnog sustava (obavezni dokument za svaki sustav)
- pravilnik o radu uređaja za pročišćavanje vode
- informacije unutar sustava PRVaK, PRVAK i PRVK (Plan razvoja vodoopskrbe i kanalizacije), koje obrađuje svaka samoupravna regija i koji su besplatno dostupni na internetu.
- informacije na geoportalu lokalno relevantne regije (za zone zaštite vodnih resursa), alternativno možete koristiti usluge karte VÚV TGM, v. v. i. ili Poljoprivredni portal
- dokumenti u mjesno relevantnom državnom područnom arhivu (uglavnom Vodnogospodarski fond)
- lokalno relevantne kronike (obratite pozornost na spajanje i dijeljenje općina tijekom povijesti, posebice 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća!), koje su u velikom broju slučajeva dostupne na internetu

6 Prilog: Obrazac za informacije o uređaju za pročišćavanje vode

Ovaj obrazac Vam može pomoći u pripremi informacija za ekskurziju i sadrži polja za sve informacije koje bi se trebale čuti tijekom ekskurzije ili će se vrlo vjerojatno naći u pitanjima sudionika.

naziv postrojenja za pročišćavanje vode				
godina izgradnje/rekonstrukcije Središnjeg ureda	proizvodnja vode u sekundi	proizvodnja vode na dan	proizvodnja vode godišnje	postotak gubitaka vode u mreži
broj opskrbljenih stanovnika		opskrbljene općine		
broj zaposlenih u Središnjem uredu	broj zaposlenih u poduzeću	potrošnja električne energije po 1 m ³	potrošnja električne energije na dan	potrošnja električne energije godišnje
cijena vode po 1m ³		duljina vodovodne mreže i materijal		
parametri problema sirove vode i tehnološki koraci za njihovo rješavanje		opis resursa (za bušotine, dubina, vrsta, proglašene zaštitne zone)		
		popis i koncentracija izdanih kemikalija		
stil rješenja za upravljanje muljem (lagune, kanalizacija, recipijent...)				broj pretplata a uzoraka vode godišnje
podatke o vlasniku i operateru uređaja za pročišćavanje vode i vodoopskrbne mreže, u slučaju tvrtki, zemlju podrijetla tvrtke				

Na drugoj strani lista pripremite tehnološku shemu postrojenja za pročišćavanje vode i shemu cjelokupnog vodoopskrbnog sustava (uključujući veličinu akumulacija), eventualno i skicu rute kojom ćete voditi ekskurziju, uključujući vremenski okvir i sve važne informacije.

