

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

**VLIV NÁVŠTĚVNOSTI NA KVALITU VOD
VE VEŘEJNÉM KOUPALIŠTI BIOTOPOVÉHO TYPU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Autor: Jan Dragoun

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Dragoun

Územní technická a správní služba

Název práce

Vliv návštěvnosti na kvalitu vod ve veřejném koupališti biotopového typu

Název anglicky

The influence of number of visitors on water quality in a public natural swimming pool

Cíle práce

Popsat přírodní koupaliště biotopového typu.
Charakterizovat význam vodní vegetace pro čištění vody.
Popsat koupaliště typu biotop v Praze 5-Radotíně.
Vyhodnotit vliv počtu návštěvníků na kvalitu vody v bazénu.

Metodika

V první fázi bude provedena rešerše na téma koupacích biotopů. Ve druhé fázi bude proveden sběr dostupných dat z provozu koupaliště. V poslední fázi budou dostupné výsledky vyhodnoceny a bude sepsána bakalářská práce.

Doporučený rozsah práce

40 stran včetně příloh

Klíčová slova

biotop, přírodní koupaliště, hygienické parametry, chemismus vody

Doporučené zdroje informací

Casanovas-Massana, A., Blanch, A.R., 2013. Characterization of microbial populations associated with natural and swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 26: 132-137.

Mlejnská, E., Rozkošný, M., Baudišová, D., Váňa, M., Wanner, F. a Kučera, J., 2009. Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. VÚV Praha TGM, MŽP ČR.

Šálek, J. a Tlapák, V., 2006. Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT Praha.

Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 22. 11. 2015

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 11. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 17. 01. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jana Vymazala, CSc. a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Příbram 5. dubna 2016

.....
Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za odborné vedení mé práce. Především bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu při studiu a psaní této práce. Dále pak chci poděkovat zástupci starosty městské části Praha 16 panu Mgr. Miroslavu Knotkovi a řediteli koupacího biotopu Radotín panu Janu Barákovi za podklady a informace o provozu koupacího biotopu.

Příbram 5. dubna 2016

Abstrakt

Bakalářská práce je rozdělena do teoretické a praktické části. Teoretická část se věnuje popisu biotopu, rostlin, které zajišťují čistotu vody, dále se věnuje popisu revitalizace území po bývalé ČOV v katastrálním území Praha 16, Radotín a legislativě daného tématu z dostupných literárních zdrojů. Praktická část práce popisuje provoz biotopu, porovnání počtu návštěvníků biotopu s kvalitou vody. V bakalářské práci jsou zhodnoceny výsledky laboratorních zkoušek, kde byly hodnoceny limitní hodnoty podle vyhlášky č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Klíčová slova

Biotop, veřejné koupaliště, kvalita vod, revitalizace, ČOV

Abstract

The thesis is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part describes the habitat, plants that provide clean water, as well as the revitalization of the area devoted to the description of the former wastewater treatment plant in the cadastral Radotín and the legislation subject to the available sources. The practical part describes the operation of the habitat, comparing the number of visitors to the habitat quality of water. In this thesis we evaluate the results of laboratory tests which were evaluated by decree limits no. 238/2011 Sb., on the hygienic requirements for swimming pools, saunas and hygiene limits of sand in sandboxes outdoor playgrounds.

Key words

Habitat, public swimming pools, water quality, restoration, sewage treatment plant

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE	11
3. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY	12
3.1 Biotop	12
3.1.1 Koupací jezírka	12
3.1.2 Druhy koupacích jezírek.....	12
3.2 Voda.....	13
3.2.1 Zdroje vody.....	14
3.2.2 Vlastnosti vody	14
3.3 Chemismus vod	14
3.3.1 Kyslík.....	14
3.3.2 Dusík.....	15
3.3.3 Fosfor	16
3.3.4 Železo	17
3.3.5 Mangan.....	18
3.3.6 Hliník.....	18
3.3.7 Mikrobiální znečištění	18
4. BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ VOD	20
4.1 Význam vegetace v procesu čištění.....	20
4.2 Omezení tvorby řas.....	20
4.3 Zákonitosti čištění vody v biotopu	21
4.3.1 Potravní řetězce.....	21
4.3.2 Princip udržení rovnováhy	22
4.3.3 Rostliny používané v biotopech	22
4.4 Čistící procesy v biologických nádržích.....	24
4.5 Využití vodních kultur k čištění vod	25
5. VODNÍ ROSTLINY JEJICH OSAZOVÁNÍ A ÚDRŽBA	26
5.1 Osazování regenerační nádrže	26
5.2 Počet rostlin v regenerační zóně.....	26
5.3 Údržba rostlin	27
6. METODIKA	28
7. CHARAKTERISTIKA VYBRANÉHO ÚZEMÍ	29
7.1 Revitalizace vybraného území po staré ČOV	29
7.1.2. Stavba veřejného koupaliště „biotopu“	29
7.1.3. Koupací a biologická část	30
7.2 PROVOZ VEŘEJNÉHO KOUPALIŠTĚ „BIOTOPU“ Z HLEDISKA ČISTÉ VODY	31
8. VÝSLEDKY	32
8.1 OVLIVNĚNÍ JAKOSTI VODY POČTEM NÁVŠTĚVNÍKŮ	32
9. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ LABORATORNÍCH ZKOUŠEK NA KVALITU VOD	34
10. DISKUZE	38

11. ZÁVĚR.....	40
12. LITERATURA	41
13. PŘÍLOHY	45

1. ÚVOD

Koupací biotopy jsou uměle vytvořené stavbou, která plní funkci jak estetickou a rekreační, tak zároveň hlavně nabízí koupání v biologicky čisté vodě bez chemických přípravků. V současnosti je zvýšený zájem o tyto stavby a to nejen z řad soukromých vlastníků objektů, kteří chtějí realizovat koupací biotopy, ale zájem především narostl i u obcí, které by chtěly formou veřejných koupališť zpříjemnit občanům zdravou relaxaci. Dále se obcím tím dává možnost k tomu, jak s nepatrnými náklady znovu zprovoznit nefunkční koupaliště, která by vyžadovala nákladnou sanaci.

Uměle vytvořené přírodní biotopy používají jen některé druhy mokřadních a vodních rostlin, které se používají jako přírodní filtr nebo, tak zvané kořenové čistírny odpadních vod, pro odbourání přebývajících živin a tím se udržuje čistota vody. Pod tlakem informací o různých alergických onemocněních, kdy se uvádí, že tato onemocnění mohou být i z chemických látek, které se objevují v bazénech, je o to důležitější významnost staveb s přírodním čištěním vody, které tím vytvoří nejvhodnější podmínky pro zdravé koupání.

Abychom dosáhli biologicky čisté vody, nestačí pouze postavit nová vodní díla a předpokládat, že příroda se o zbytek postará. O jakýkoliv živý organismus je nutné se patřičně starat a dále je také nutné pochopit mechanismy tohoto organismu. U koupacích biotopů je využito rozsáhlého spektra biologických procesů a spojitosti mezi jednotlivými organismy ekosystému, jehož výsledkem bude s kvalitní, přírodní a čistá voda.

Bakalářská práce je zaměřena na charakteristice významu vodní vegetace pro čištění vody. Vodní vegetace je velmi důležitá pro funkčnost koupacích biotopů. Dále pro úplnost práce je zde uvedeno, i jak mezi sebou souvisejí jednotlivé mechanismy, kterými jsou např. koloběh prvků ve vodě, činnost bakterií a kvalita vody. V práci je popsáno koupaliště biotopového typu s vyhodnocením vlivu počtu návštěvníků na kvalitu vody v tomto biotopu.

2. CÍLE PRÁCE

- Popsat přírodní koupaliště biotopového typu.
- Charakterizovat význam vodní vegetace pro čištění vody.
- Popsat koupaliště typu biotop v Praze 5 - Radotíně.
- Vyhodnotit vliv počtu návštěvníků na kvalitu vody v bazénu.

3. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1 Biotop

Obvykle se pod názvem koupací biotop myslí nádrž o velkém objemu bez jakékoli technologie. V krajním případě je nádrž vybavena jen oběhovým čerpadlem. V takovémto koupacím jezírku nenajdete žádný filtr a podle stavitelů jezírek se čistí voda sama. Někdy jsou takové nádrže označovány jako jezírka samočisticí. Spoléhá se na to, že o čistotu vody se postarají vodní rostliny a bakterie (Sedlák, 2008).

Přírodní biotopy jsou uměle vytvořené vodní plochy, které jsou určeny k rekreačnímu koupání, kde se nepoužívají k čištění žádné chemické prostředky (Casanovas-Massana, Blanch, 2013).

3.1.1 Koupací jezírka

Jde o velký biotop rozdělený na dvě části, a to na část koupací, která je bez rostlin a substrátu a na část mělkou, kde je substrát, ve kterém rostou vlhkomilné a vodní rostliny. Rostliny si z vody následně vezmou potřebné živiny pro stavbu svých kořenů, listů a květů, a tím vodu čistí. Čištění vody uskutečňují jen bakterie a rostliny, které jsou v substrátu. Snažíme se udržet vyrovnaný podíl živin ve vodním prostředí, tím dostaneme jezírko do biologické rovnováhy. Nesmí zde vznikat nadbytečné množství dostupných živin a ani jejich nedostatek. Nejvhodnější rozlehlost koupacího biotopu je minimálně 150 m². Zatím co hloubka by měla být 2,5 m, aby nedocházelo k přehřívání biotopu (Buege, Uhland 2002).

3.1.2 Druhy koupacích jezírek

Biotopy dělíme na jednokomorové a vícekomorové.

Jednokomorové koupací biotopy se skládají z koupací části, jejíž hloubka je od 2 m a regenerační zóny, o hloubce od 0 do 1 m. Poměr těchto zón je velmi významný. Pro zachování stability je nezbytné větší zastoupení regenerační zóny oproti koupací části. Obě zóny jsou děleny stavební úpravou, aby nedošlo k proniknutí substrátu do koupací části biotopu, ale musí být zachována výměna vody po celém profilu jezírka. Tato jezírka můžeme rozdělit podle objemu regenerační zóny na tři možné typy (Doležal, 2006):

Regenerační zóna 70% plochy – rostliny a bakterie zvládají čistící proces, a tím i udržení stability v biotopu. V části určené ke koupání se při hloubce 2 metrů nenalézají řasy a viditelnost je po celý rok až na dno. Údržba biotopu se provádí odsátím detritu dle potřeb.

Regenerační zóna 50% plochy – procesy směřující k udržení stability biotopu fungují pouze

za předpokladu, že je systém doplněn hnacím čerpadlem. Ostatní údržba je totožná jako u předchozího biotopu.

Regenerační zóna 30% plochy – bakterie a rostliny neplní v plném rozsahu svoji funkci, z tohoto důvodu musíme systém doplnit nejen o čerpadlo, ale také o minerální filtr, případně o UV lampu.

Vícekomorové koupací biotopy se skládají ze dvou nebo více oddělených nádrží v různém poměru koupacích a regeneračních zón. Jednotlivé části biotopu jsou od sebe rozděleny stavebními úpravami a tvoří samostatné nádrže. Tyto nádrže jsou propojeny trubním rozvodem hnaným čerpadlem. Čerpadlo z koupací nádrže nasává vodu a výpust je vedena do regenerační nádrže a odtud vytéká voda, která prošla čistícím procesem zpět do koupací nádrže. Výtok v regenerační části je vyveden tak, aby celý čerpaný objem vody prošel co nejdelší trasu kořenovým polem regenerační části nádrže. Bylo by dobré vodu okysličovat. Mikroorganismy žijící na substrátu a kořenech rostlin, spolu s rostlinami odstraňují nežádoucí látky. Vícekomorový systém má větší účinnost než jednokomorový systém, ale je investičně náročnější, jelikož se staví více nádrží. Koupací nádrž je tvořena jako běžný bazén, jen s tím rozdílem, že k čištění vody dochází díky působení rostlin a mikroorganismů. Samotná koupací nádrž je bez rostlin. Regenerační nádrž není hluboká, stačí max. hloubka 80 cm a celá plocha je vyložena substrátem a osázena. Voda s koupacího jezírka je do regenerační zóny rozvedena více způsoby. A to pod substrátem umístěnými rozvody vody, nebo nátokem na substrát vrchem přímo v zóně anebo možností nátokem do zóny na konci jezírka. I tento vícekomorový systém můžeme doplnit o minerální čistírnu vody, pokud je regenerační část malá, že nestačí plnit funkci k udržení stability biotopu (Sedlák, 2008).

3.2 Voda

Řecký filozof Thales Milétský kdysi řekl: „Původ veškerého bytí je voda.“ Toto bylo použito i v prvním článku Evropské vodní charty ve Štrasburku v roce 1968: „Bez vody není života, voda je drahocenná a nenahraditelná.“ Voda je považována za strategickou surovinu, základní složkou přírodního prostředí, základní podmínkou existence života a sociálního rozvoje.

3.2.1 Zdroje vody

Pitná voda se může zdát jako kvalitní zdroj, ale musíme přihlídnout k její úpravě, protože musí splňovat hygienické i antikorozní limity. Z těchto důvodů jsou do pitné vody přidávány hexametafosforečnany a je hygienizována. Tyto přidané látky negativně působí na rostliny a mikroorganismy v biotopu (Larry W. Mays, 2010).

Srážková voda má kvalitu odpovídající prostředí, ve kterém se srážka objeví. Tím, že padající srážky na sebe vážou mikroznečištění ze vzduchu mění se jejich základní parametry jako je vodivost, pH, obsah prachu a nečistot. Dešťová voda vhodná k použití je jen někde a je nutné kontrolovat všechny složky možného znečištění.

Studny a prameny mají všeobecně vysoký obsah minerálů. Zde je nutné provést analýzy chemického složení a zaměřit se na obsah a formy P, N, Fe, tvrdost vody, dále na obsah toxických kovů, jako jsou Hg, Cd, Zn, Cu, Pb, As (Kenneth L. Blaxter, 2012).

Zdroje povrchové vody většinou bývají stabilizovány a jejich použití můžeme doporučit, pokud budou provedeny všechny hydrochemické a hydrobiologické analýzy. Hydrobiologické analýzy provádí odborník dle lokality a doporučí rozbor fyto bentosu a fytoplanktonu, kde se podle bioindikací ukáže stupeň trofie a také možnou toxicitu vody (Šimečková, 2005).

3.2.2 Vlastnosti vody

Voda vhodná pro koupaliště biotopového typu by měla dosahovat těchto vlastností:

- pH 6,5 – 8,5;
- obsah fosforu 0,01 mg/l
- vodivost <1000 μ S/cm při 20 °C;
- obsah dusičnanů <50 mg/l;
- obsah amonia < 0,5 mg/l;
- obsah železa <0,2 mg/l;
- obsah manganu <0,05 mg/l;
- tvrdost >1 mmol/l (Sedlák, 2008; Žáčková, 2012).

3.3 Chemismus vod

3.3.1 Kyslík

Kyslík se do vody dostává z atmosféry a fotosyntetickou asimilací vodních rostlin a řas. Rozpustnost kyslíku ve vodě je závislá na teplotě a tlaku. V nádržích a jezerech je voda v

epilimniu kyslíkem obvykle téměř nasycena a eutrofizované vody s nadměrnou produkcí řas bývají v letním období při intenzivním slunečním svitu kyslíkem i přesyceny. V období letní stagnace dochází pod skočnou vrstvou k rychlému poklesu koncentrace kyslíku. V hypolimniu se mohou koncentrace pohybovat v desetinách mg.l-1 a nade dnem hlubokých nádrží bývá někdy dosaženo až anoxických podmínek. (Pitter, 1999)

Kyslík se ve vodě spotřebovává při aerobním biologickém rozkladu organických látek, disimilaci vodních rostlin a fytoplanktonu, respiraci zooplanktonu, při nitrifikaci a při oxidaci železa, manganu a sulfidu. (Pitter, 1999)

Koncentrace kyslíku indikuje stav jakosti vody a rozhoduje o tom, zda budou ve vodě probíhat aerobní, či nežádoucí anaerobní procesy. Kyslík je nezbytný pro zajištění aerobních pochodu při samočištění povrchových vod a biologickém čištění odpadních vod. Je-li z vody vyčerpán, začnou jej mikroorganismy pro biochemické oxidace získávat nejprve redukcí některých anorganických látek (dusičnanu) a po vyčerpání těchto zdrojů redukcí síranu a organických látek za produkce sulfanu a methanu. (Pitter, 1999)

3.3.2 Dusík

Dusík (chemická značka N) patří mezi základní biogenní prvky, je čtvrtou nejhojnější složkou živé hmoty. Hraje nezastupitelnou roli při tvorbě jednoho ze základních stavebních kamenů všeho živého - bílkovin. Řada organismů, včetně všech živočichů, neumí přijímat dusík ve formě anorganických sloučenin, musí jej získávat zprostředkovaně z organických sloučenin. Tento organický dusík vyrábějí např. rostliny (Kukol, 2013).

Formy dusíku ve vodách

- -III amoniakální dusík (NH_4^+ , NH_3 , kyanidy CN^-)
- -I hydroxylamin (NH_2OH)
- elementární dusík (N_2)
- +I oxid dusný (N_2O)
- +III dusitanový dusík (N-NO_2^-)
- +V dusičnanový dusík (N-NO_3^-)

Transformace dusíku ve vodním prostředí dle Vymazala 2013:

- Těkání - fyzikálně-chemický proces, při kterém je amoniakální dusík v rovnováze mezi plynnou a vodní formou

- Amonifikace - proces, při kterém je organicky vázaný N přeměněn na amoniak komplexním několikasupňovým biochemickým procesem, při kterém se uvolňuje energie
- Nitrifikace - definována jako biologická oxidace amoniaku na dusičnany s dusitany jako mezistupněm v reakční sekvenci
- Nitrát-amonifikace
- Denitrifikace - z biochemického hlediska je denitrifikace bakteriální proces, při kterém oxidy dusíku slouží jako konečný příjemce elektronů pro transport elektronů při respiraci
- Fixace N_2 - fixace vzdušného dusíku je konverze plynného dusíku na amoniak a dále na organický N. Vlastní fixace je striktně anaerobní děj. Schopnost fixovat dusík mají aerobní, fakultativně anaerobní a striktně anaerobní organizmy, ale fixace v anaerobních podmínkách je vyšší
- Asimilace - Asimilace dusíku je soubor biologických procesů, kterými se transformují anorganické formy dusíku na organické sloučeniny, které slouží jako stavební bloky pro buňky.
- Anammox - anaerobní oxidace amoniaku
- Adsorpce amonových iontů
- Ukládání organického dusíku
- Fragmentace a vyplavování

3.3.3 Fosfor

Fosfor je ze všech základních biogenních prvků nejméně hojný. Hlavní zásobník představují horniny a oceánské sedimenty, ve kterých je zastoupen jednou desetinou procenta. Vzduch a voda v přirozeném stavu obsahují velice málo fosforu. Významné procento představuje pouze fosfor vázaný v organismech (D. E. C. Corbridge, 1985; Kukol, 2013).

Formy výskytu ve vodách jak uvádí Vymazal 2013:

1) rozpuštěný

- organický

- anorganický: orthofosforečnany (rozpuštěný reaktivní fosfor – SRP)

2) nerozpuštěný (partikulovaný)

- organický
- anorganický

Nerozpuštěný anorganicky vázaný fosfor je tvořen různými fosforečnany Ca, Mg, Fe, Al nebo volně dispergovanými, nebo chemicky či sorpčně vázanými na jiných anorganických nebo organických nerozpuštěných látkách a sedimentech (Sedlák, 2008).

Výskyt fosforu ve vodách

Vzhledem k tvorbě málo rozpustných fosforečnanů s Ca, Mg, Fe a Al a vzhledem k jejich významné chemisorpci na tuhých fázích se fosforečnany v přírodních vodách vyskytují jen v nízkých koncentracích, většinou do 1 mg/l (Vymazal, 2013).

Transformace fosforu ve vodním prostředí dle Vymazala 2013:

- Adsorpce/desorpce
- Srážení/rozpouštění
- Asimilace (rostliny/baktérie)
- Fragmentace a vyplavování
- Mineralizace
- Sedimentace (nárůst půdního profilu)
- Ukládání

3.3.4 Železo

Železo přítomné ve vodách způsobuje hlavně technické závady, jelikož zbarvuje materiály, se kterými přichází do styku, a to žlutě až hnědě. Negativně ovlivňuje také organoleptické vlastnosti vody, a to barvu, chuť a zákal. Malé koncentrace Fe^{II} ve vodě mohou být příčinou velkého rozvoje železitých bakterií, které pak ucpávají potrubí, a při jejich odumírání voda zapáchá. Přítomnost železa ve vodách pro zásobování průmyslu je rovněž nevídané, protože zbarvuje a narušuje některé technologické procesy (Kukol, 2013).

3.3.5 Mangan

Formy manganu ve vodách.

V redukčních podmínkách za nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku a jiných oxidačních činidel je nejstabilnější formou manganu ve vodě Mn^{2+} . V kyselém a neutrálním prostředí převažuje rozpuštěná forma. Mangan v oxidačním stupni (II) je ve vodách obsahujících rozpuštěný kyslík nestabilní a rychle oxiduje, hydrolyzuje a vylučují se málo rozpustné vyšší oxidační formy (III) a především (IV). Mangan (II) je odolnější vůči oxidaci než Fe, ale naopak náchylnější k redukci (Vymazal, 2013).

Výskyt manganu ve vodách jak uvádí Vymazal 2013:

V atmosférických vodách setiny až tisíce mg/l.

V povrchových vodách většinou desetiny mg/l.

V podzemních vodách většinou setiny až desetiny mg/l.

V důlních vodách až desítky mg/l.

Význam manganu ve vodách dle Vymazala 2013:

Výrazně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody (více než železo).

Nadměrný rozvoj manganových bakterií způsobuje zarůstání potrubí pro dopravu vody.

3.3.6 Hliník

Hliník se ve vodách vyskytuje v rozpuštěné i nerozpuštěné formě, jako anorganicky nebo organicky vázaný. V povrchových a podzemních vodách většinou v koncentracích nižších než 0,1 mg/l. Toxický pro vodní organizmy a rostliny. Významným způsobem váže fosfor, a proto se hliník používá k odstranění nadměrných koncentrací P v nádržích a jezerech (Vymazal, 2013).

3.3.7 Mikrobiální znečištění

Koliformní bakterie - gramnegativní tyčinky, netvořící spory a jsou schopné růstu na kultivačním médiu obsahujícím žlučové soli či jiné povrchově aktivní látky s podobnými vlastnostmi. Mají schopnost fermentovat laktózu. Jsou aerobní nebo fakultativně anaerobní. Metoda stanovení koliformních bakterií se používá jako indikace účinnosti úpravy vody či dodatečné kontaminace (Vymazal, 2013).

Termotolerantní koliformní bakterie - gramnegativní tyčinky netvořící spory, mající schopnost růst za přítomnosti žlučových solí a jiných povrchově aktivních látek s podobnými vlastnostmi a které jsou schopné fermentovat laktózu. Dříve se tyto bakterie označovaly jako fekální koliformní bakterie. Do skupiny termotolerantních koliformních bakterií patří *Escherichia coli* (Vymazal, 2013).

Intestinální enterokoky (streptokoky) - grampozitivní koky, které mnohdy tvoří diplokoky. Často se vyskytují v obsahu intestinálního traktu, proto jsou používány jako indikátor fekálního znečištění. Mají citlivost vůči změnám vnějšího prostředí, proto se ve vodě velmi vzácně pomnožují a přežívají jen krátkou dobu. Jsou považovány za indikátory čerstvého fekálního znečištění, více než např. koliformní bakterie. Jsou odolné vůči dezinfekčním prostředkům, např. chloru, proto dále indikují nedostatečnou dávku dezinfekčního prostředku. Převládající počet kmenů tzv. fekálních streptokoků náleží k druhům *Streptococcus faecalis*, *S. faecium*, *S. avium* (Vymazal, 2013).

Bakterie psychrofilní - chladnomilné bakterie, které rostou nejlépe při teplotách nižších než 20 °C a *bakterie mezofilní* mají optimální růst při teplotě 37°C (Vymazal, 2013).

4. BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ VOD

4.1 Význam vegetace v procesu čištění

Rostliny spotřebovávají živiny a prvky obsažené v čištěné vodě biotopu k vlastnímu růstu biomasy a tím se podílejí na snížení případného znečištění ve formě eutrofizace. Vodní rostliny na svých kořenech vytvářejí příznivé prostředí pro vývoj mikroorganismů, nezbytných pro plnicí funkci stabilizace biotopu. Sinice a řasy produkující fotosyntézou kyslík jsou významným zdrojem kyslíku zejména pro proces odbourávání zčištění v regeneračních zónách biotopu. Vodní rostliny jsou nezbytné pro proces okysličování vody v bezkyslíkových zónách vodního sloupce, a tím pomáhají k doplnění kyslíkové bilance ve vodním prostředí. Díky transpiraci převádějí velké množství vody do okolního ovzduší, a tím vytvářejí příznivé mikroklima. Rostliny ponechané přirozenému vývoji v zimním období pomáhají tvořit tepelnou izolaci regenerační zóny a minimalizují hloubku promrznutí. Na jaře je nutné odumřelé části rostlin ořezat, aby nedocházelo k jejich rozkladu v regenerační zóně (Šálek a Tlapák, 2006).

4.2 Omezení tvorby řas

Rostliny jsou konkurentem řas a odebírají jim potřebné živiny. Některé druhy rostlin dokonce produkují látky omezující tvorbu řas, např. růžkatec ostnitý (*Ceratophyllum demersum*) a parožnatky (*Chara*). Rostliny musí mít možnost odebírat živiny z vody a ne ze substrátu, ve kterém jsou zasazeny, proto využíváme chudý substrát (Sedlák, 2008).

Většina vyšších rostlin, kromě rostlin volně plovoucích, však využívá živiny ze sedimentu, a proto „nekonkurují řasám“ v příjmu živin z vodního sloupce. Mezi takové rostliny patří například sítiny (*Juncus*), orobince (*Typha* spp.), máta vodní (*Mentha aquatica*), skřipinec jezerní (*Schoenoplectus lacustris*), rdest (*Potamogeton*) a vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*). Ponořené a plovoucí rostliny, jako růžkatec ponořený (*Ceratophyllum demersum*), bublinatka obecná (*Urticularia vulgaris*), vodňanka žabí (*Hydrocharis morsus-ranae*) a plavín štítnatý (*Nymphoides peltata*) jsou také velkými spotřebiteli dusíku. Dále pomáhá také pravidelné odstraňování plovoucích listů a částí rostlin. Je tedy možné říci, že biotop funguje tím lépe, čím vyváženější je rovnováha mezi producentem, konzumentem a destruentem, bez škodlivých vnějších zásahů (Helberg, 1995).

4.3 Zákonitosti čištění vody v biotopu

Biotopy jsou člověkem umělé vytvořená koupaliště s výrazným zastoupením vodních organismů, hlavně jeho regenerační části. Tím pádem zde probíhají procesy na základě přírodních a potravních řetězců, které jsou základním pohonem vedoucím k udržení biologické rovnováhy a proto také k dobré jakosti vody v biotopu. Proto můžeme označit, že díky konkurenční schopnosti organismů, nedochází k nadměrnému rozvoji jen jednoho článku řetězce: producentů, konzumentů a destruentů. Zajištění stability biotopu můžeme ovlivnit zejména vymezením nežádoucí potravní nabídky (Doležal, 2004).

4.3.1 Potravní řetězce

Producenti jsou fotosyntetizující organismy. Mezi ně se zejména řadí: řasy, sinice a vodní rostliny. Přeměňují živiny a dodávají do vody kyslík, jejich vývoj je závislý na množství živin, intenzitě slunečního záření a teplotě. Ve větším množství negativně působí na barvu a zákal vody, hlavně řasy a sinice. Stávají se potravní nabídkou pro zooplankton a další konzumenty. Vodní rostliny v biotopu efektivně rozšiřují aktivní plochu biotopu pro usídlení mikroorganismů na kořenech (Šimečková, Večeřová, 2008).

Konzumenti jsou zastoupeni zejména zooplanktonem, ale i vyššími řády organismů. Ze zooplanktonu můžeme jmenovat např. perloočky a vířníky, jejich potravou se stávají sinice a řasy, čím se zabrání jejich nadměrnému rozvoji v biotopu. Jejich rozmnožování je závislé na množství potravní nabídky. Odumřelý zooplankton způsobuje uvolnění živin do biotopu, ale nelze jej odstranit. Je to z důvodu, že v biotopu nelze zároveň chovat ryby, které jsou konzumentem zmíněného zooplanktonu. Protože, nemůžeme tento zooplankton odstranit přírodními procesy, dochází k částečnému narušení, stárnutí systému, nabezení rovnováhy a je tím ovlivněná konkurenceschopnosti organismů (Šimečková, Večeřová, 2008).

Destruenti jsou organismy, které jsou pouhým okem neviditelné. Jejich zástupci jsou především bakterie, houby a viry. Vzájemně se podílejí na mineralizaci organických látek, tyto látky jsou zastoupeny především v odumřelých částech producentů a konzumentů. Výhodou virů a bakterií je, že se rozmnoží v řádech hodin a proto jsou schopny velice rychle zareagovat na případné nepředpokládané zatížení znečištěním. Bakterie mají schopnost poutat dusík a fosfor stejně jako fotosyntetizující organismy (Šimečková, Večeřová, 2008).

Tím se uzavírá okruh potravního řetězce v biotopu, pokud tam nevniknou nežádoucí zástupci jmenovaných úrovní. Při návštěvách biotopového koupaliště Radotín, jsem

pozoroval kachny divoké a zástupce obojživelníků v různých stádiích vývoje. Proto je otázkou, jak se podílí na změně jakosti vody i zástupci těchto živočichů.

4.3.2 *Princip udržení rovnováhy*

Princip udržení rovnováhy v biotopu je závislý na vybrání zdrojové vody a také vody pro doplnění evapotranspirace z koupaliště. Chemicko – fyzikální složení vody určuje, v jaké koncentraci jsou zastoupeni prvky a to obzvlášť fosfor. Tento prvek je limitujícím pro rozvoj fytoplanktonu a proto je důležité udržet vodu na úrovni oligotrofie nebo mezotrofie. K udržení této trofické úrovně nám také slouží již zmíněné odstranění detritu. Odstranění se provádí vodním vysavačem. Odsátí je nutné provést večer nebo brzy ráno, aby nedocházelo k odsátí zooplanktonu. V tuto dobu se zooplankton nachází blízko hladiny. Nesmíme zapomenout na ošetření rostlin, kdy se stříhají poškozené a odumřelé části těchto vodních rostlin (Šimečková, Večeřová, 2008).

Další chemicko – biologické prvky, které se dostávají do biotopu: pyl, prach, pot, různé PPCP látky z opalovacích krémů. Vnosu těchto látek do vody v koupališti se snažíme zabránit. A to jak upozorněním koupajících se osob, aby se před koupáním osprchovaly tak případně stavebními prvky nebo jen založením trvalých porostů, které snižují prašnost v lokalitě. K zamezení vnosu z okolní plochy povrchovou vodou nám slouží řádný návrh a provedení stavebních prací (Šťastný, 2003).

4.3.3 *Rostliny používané v biotopech*

Vodní rostliny do regeneračních částí biotopových koupališť, vybíráme podle jejich tolerance k zaplavení a nároky na dostupnost živin obsažených ve vodním prostředí. Jak už bylo řečeno, pro biotopy se využívají rostliny s oligotrofní nebo mezotrofní úrovní. Pokud použijeme rostliny s vyššími trofickými úrovněmi tak nám rostliny postupně odumírají. Rostliny, které dáváme do regenerační zóny, se sázejí do kačírku, který nejméně poškozuje kořeny rostlin a zároveň nám nepřináší do vody živiny. Kačírek je i vhodný nosič pro vytváření vhodných biologických povrchů pro mikroorganismy, které se také podílejí na čistícím procesu. Další možností je umístění rostliny kotvením na háčky přímo do vody nebo sázení do speciálně vyrobených nádob. Počet rostlin se odvíjí od návrhu biotopu, který je dimenzován na určitý počet návštěvníků a tím vypočtené míry znečištění. V tabulce č. 1 jsou uvedeny příklady rostlin vhodných pro použití v regeneračních zónách biotopů pro soukromé účely tak pro biotopové koupaliště (Čížková, Konšalová, Husák, 1992; Alison, 2000).

Tabulka č. 1 Příklady vhodných rostlin do regeneračních zón biotopů (Alison, 2000).

Vodní a mokřadní rostliny	Trofie prostředí	Hloubka vody v cm	Výška porostu v cm
<i>Acorus calamus</i> - puškovec obecný	mezotrofní	0 - 30	100
<i>Caltha palustris</i> - blatouch bahenní	mezotrofní	0-10	20
<i>Carex paniculata</i> - ostřice latnatá	oligotrofní mezotrofní	0-20	50
<i>Carex nigra</i> - ostřice obecná	mezotrofní	0-20	50
<i>Elocharis acicularis</i> - bahnička jehlovitá	mezotrofní	0-20	25
<i>Iris pseudacorus</i> - kosatec žlutý	oligotrofní mezotrofní	0-30	80
<i>Juncus effusus</i> - sítina rozkladitá	oligotrofní mezotrofní	0-20	30-40
<i>Juncus inflexus</i> - sítina sivá	oligotrofní mezotrofní	0-20	30-40
<i>Lysimachya nummularia</i> - vrbina penížková	mezotrofní	0-15	10
<i>Lythrum sylicaria</i> - kyprej obecný	mezotrofní	0-30	60-150
<i>Mentha aquatica</i> - máta vodní	mezotrofní	0-25	30
<i>Scirpus lacustris</i> - skřípinec jezerní	oligotrofní mezotrofní	0-30	100-200
<i>Scirpus tebemaemontanii</i> - skřípinec dvoubližný	oligotrofní mezotrofní	0-30	100-200

Podobné rostliny se využívají na osázení KČOV. Kde se využívají mokřadní rostliny s vyššími nároky na úživnost vody, které jsou schopny tolerance k daleko výraznější míře znečištění. Rákosovité druhy, orobinec úzkolistý a širokolistý (*Typha angustifolia* a *Typha latifolia*), skřípinec jezerní (*Scirpus lacustris*) a zblochan vodní (*Glyceria maxima*), patří k nejvíce produktivním rostlinám mírného pásma (Véber, 1982).

Rákos obecný (*Phragmites australis*) nejčastěji používanou rostlinou v kořenových čistírnách odpadních vod vzhledem ke schopnosti velkého růstu podzemních částí většinou do hloubky 60 – 70 cm a nadzemní část dosahuje výšky až 4 m. Hodí se pro větší kořenové čistírny odpadních vod, ale se používá i pro malé kořenové čistírny. Z jedné rostliny je možné vytvořit hustý porost pokrývající plochu několika m². Rákos dobře přenáší kyslík do substrátu a poutá

významné množství živin. Není náchylný k možnému rozpětí teplot v našich podmínkách. Roste při 12 – 23 °C a rozmezí pH 3 – 8 (Šálek a kol., 2008).

Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L. syn. *Baldingera arundinacea* Dum) je značně univerzální tráva pro využití v kořenových čistírnách. Má vysoce vytvořený kořenový systém celý prorostlý oddenky, které prorůstají do hloubky 0,2 - 0,3 m. Za vhodných podmínek může prorůstat i hlouběji. Pro malé kořenové čistírny odpadních vod je vhodná forma *picta*, která má okrasný vzhled (Swindells, Mason, 2004).

Orobinec širokolistý a úzkolistý (*Typha latifolia*, *Typha angustifolia*) jsou velmi vhodné rostliny pro kořenové čistírny odpadních vod. Jejich odolnost jim dovoluje růst za různých podmínek prostředí. Oddenky se rozrůstají horizontálně a vytváří spleť oddenků dlouhých 0,6 – 1,0 m. Orobince dosahují výšky až 2,5 m. Oddenky vytvářejí hustý porost do 3 měsíců. Orobincům se daří v teplotách 10 – 30 °C a při pH 4 – 10. využívají se pro čištění vod s vyšším obsahem organických látek. Nejvhodnější je orobinec úzkolistý, jelikož snese nízkou hladinu vody (Swindells, Mason, 2004).

Zblochan vodní (*Glyceria maxima* = *G. aquatica*) je obecně rozšířený a tím tvoří významnou součást pobřežních rákosin. Prospívá v mělkých vodách do hloubky 0,20 - 0,30 m a může proniknout i do hloubky okolo 0,50 m. Dosahuje výšky 0,5 až 2,5 m. Jeho vegetační období je dlouhé, a to pomáhá k jeho rozrůstání (Vaněk, Stodola, 1987).

Kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*) je trvalá rostlina okrasného vzhledu, obvykle se vyskytuje na krajích rybníků, na březích stojatých i tekoucích vod, vlhkých příkopech, dále v bažinách, tůňích. Kosatec žlutý dosahuje výšky od 0,50 – 1,50 m (Šálek a kol., 2008).

4.4 Čistící procesy v biologických nádržích

Při návrhu biologických nádrží musí být vzata v úvahu kritéria, jako jsou klimatické podmínky, minimální hloubka vody jeden metr k zajištění sedimentace pevných látek, uspořádání vtoku a výtoku, četnost a způsob odběru sedimentu, druh provzdušňovacího zařízení, počet a velikost jednotlivých provzdušňovacích jednotek s přihlédnutím k hloubce vody a k ochraně dna před erozí, minimalizace zkratového proudění vhodným tvarem a v první řadě ovlivňování přítokem dešťových vod. Celý objem vodních ploch je třeba oddělit od půdního základu foliemi (Hříbal, 2003; Mlejnská a kol., 2009).

Proces čištění v biologických nádržích záleží na sedimentaci odumřelých organismů, chemické a biologické flokulaci a i případné oxidaci těchto látek. Přeměna látek ve vodním prostředí je důsledek složitých biochemických procesů, kde jsou zastoupeni nejen bakterie,

ale i vyšší vodní rostliny produkující kyslík a poutající nutrienty s vazbou na minerální ionty ve vodě. Kyslík se získává ze vzdušného kyslíku obsaženého v atmosféře při jejím styku s hladinou koupacího biotopu. Nesmíme opomenout produkci vodních rostlin v průběhu fotosyntézy a případné okysličování vody tlakovým vzduchem. Přídavné provzdušňování je nezbytné k dokonalejšímu přispění do bilance kyslíkového režimu ve vodním prostředí. Možný deficit na straně kyslíku se projeví při přemnožení řas a sinic hlavně při jejich následném rozkladu, proto musí být tyto odumřelé části odstraněny, aby byl zachován stabilní proces čištění vody (Šálek a kol., 2008).

4.5 Využití vodních kultur k čištění vod

V úzkém významu znamená obhospodařování vodní kultury plánované a cílevědomé práce na vodní ploše, které směřuje k dosahování co nejlepších výsledků v pěstování vodní flóry a fauny podle podmínek daných v naší republice. Tím, že věnujeme nezbytnou pozornost pěstování vodní kultury flóry, nám vzniká prostor pro její využití v možném čištění odpadní vody (Šálek a kol., 2008).

5. VODNÍ ROSTLINY JEJICH OSAZOVÁNÍ A ÚDRŽBA

Přírodní biotopy jsou příkladem prostředí vhodného pro zkoumání antropogenního vlivu na život v daných lokalitách. Pokud biotopy nejsou vystaveny antropogennímu vlivu, udržují bahenní a vodní rostliny celkově přijatelné prostředí ve vodě pro vývoj stanoviště (Komínková, 2014).

Zdravé vodní rostliny slouží k produkci kyslíku, který je nezbytný pro vývoj mikroorganismů. Redukují případné škodlivé znečištění a jsou velmi důležitým konkurentem řas. Některé druhy vodních rostlin mají antitoxické a omezující, nebo antibiotické účinky. Tím obhajují svojí nezastupitelnost ve vodním prostředí, kterou nemůžeme nahradit námi dosud známou technikou (Helberg, 1995).

5.1 Osazování regenerační nádrže

Cílem je, aby vodní rostliny čistily vodu v biotopu, a tudíž jsou vybírány druhy, které již svým růstem vytvářejí početné množství vegetační hmoty. Pro čištění vody jsou nejvíce vhodné velké rostliny, protože malé rostliny nejsou schopny vytvořit požadované množství biomasy. Rostliny se sází do skupin. Na 1 m² je třeba pěti velkých rostlin a deseti malých. Pokud jsou rostliny daleko od sebe, může se velmi zbrzdit čistící možnosti regenerační nádrže. Skupiny stejného druhu rostlin si dokáží upravit prostředí pro dobrý vývoj, např. umí změnit hodnotu pH. Rostliny pro svůj vývoj spotřebovávají živiny a jsou schopny vytvářet kyslík. Vývoj rostlin prochází klasickými stádii svého vývoje, takže v prvním roce se přizpůsobují prostředí a až v dalších letech dochází k jejich rozmnožování a potom i k následnému maximálnímu využití pro jejich schopnosti plnit funkci stability ve vodním prostředí (Sedlák, 2008).

5.2 Počet rostlin v regenerační zóně

Druhy rostlin, které se rychle vyvinou a pak zaberou náhle mnoho místa. Pokud dosahují aspoň metrové výšky, působí v nádrži jako solitéry, měly by být od sebe na vzdálenost své výšky. Jestliže se má z rostlin vytvořit skupina, nevysazuje se na metr čtvereční maximálně pět rostlin. Ve smíšené sadbě se můžou rostliny sázet podle daných údajů: Rákosiny a příbuzné rostliny: 2 – 4 rostliny na m². Vzrůstné druhy, které se nerozrostou do plochy: 4 – 8 rostlin na m². Slatinné druhy: 10 – 15 rostlin na m². Leknínová zóna se osazuje pouze střídavě. Rostliny rostoucí pod vodou se vysazují ve více druzích, ale pouze v minimálním počtu od každého druhu (Kircher, A., Kircher, W., 2009).

Pro stabilitu biotopu je dobré, pokud se vzájemně prolínají zóny se zamokřeným substrátem, hlubokou vodou a mělkou vodou (Seitz, 2003).

Návrh výsadby s ohledem na perspektivu vývoje porostů, že je příhodné použít četný počet kusů na m². Záleží také na možnostech vzrůstu jednotlivého druhu s ohledem na růst během vegetačního období. V těchto případech je vhodné sázet alespoň 5 ks/m², v případě méně rostoucích druhů lze sázet 8 až 10 ks/m² (Šimečková 2008).

5.3 Údržba rostlin

Využití vodních rostlin s ohledem na jejich pozitivní vliv ve srovnání s plochami bez rostlin nese zvýšené nároky na jejich údržbu. Nejvýznamnější rozdíl je v nezbytnosti odstraňování biomasy. Termín odstraňování biomasy je nejčastěji okolo poloviny měsíce října, kdy je většinou ukončená vegetace a ještě nedošlo k odumírání části rostlin a tím k uvolňování anorganických látek do vody. Likvidací biomasy jsou i odstraněny anorganické látky a tím je pozitivně zúčena funkce rostlin v ovlivnění kvality vody. Vodní rostliny, které nehyní, jako je např. rákos, sítina a další, je naopak vhodné v zimním období ponechat, jelikož jejich prostřednictvím se zajišťuje výměna plynů mezi vodou a ovzduším (Šimečková, 2008).

6. METODIKA

V první části bylo především nutné se seznámit a prostudovat dostupnou literaturu k získání přehledu o problematice. Hlavním zdrojem informací byla knihovna, kde jsou k dispozici potřebné knihy a odborné časopisy. Použity byly i odborné internetové stránky, které se zabývají danou problematikou. Z prostudovaných materiálů byla zpracována rešerše.

Nedílnou součástí práce bylo osobně provést terénní průzkum, který byl zahájen v prosinci 2014. Danou lokalitu bylo potřeba navštívit vícekrát, jelikož bylo potřeba provést fotodokumentaci vybrané lokality. Fotodokumentace byla provedena vlastním fotoaparátem zn. Canon Power shot SD 400 a mobilním telefonem zn. Sony Xperia. Pokud není v bakalářské práci uvedeno jinak, je pořízená fotodokumentace autorská. Vybraná fotodokumentace z roku 2014 a 2015 z biotopu Radotín je uvedena v příloze č. 1. K vlastní práci bylo nutné prostudovat výsledky analýz z odebraných vzorků vody z biotopu Radotín. Tyto výsledky byly poskytnuty Analytickou laboratoří Zbraslav s.r.o. a VZ lab s.r.o. Praha 5.

7. CHARAKTERISTIKA VYBRANÉHO ÚZEMÍ

7.1 Revitalizace vybraného území po staré ČOV

Areál koupacího biotopu vznikl revitalizací území po bývalé čistírně odpadních vod v katastrálním území Radotín spravované Městskou částí Praha 16, jižně od centrální části na břehu řeky Berounky v zastavěné části obce. Lokalita se nachází v záplavovém území Vltavy a Berounky pro Q_{100} . Objekty, zázemí, pokladny a parkoviště se nachází mimo aktivní zónu za protipovodňovou stěnou. Jedná se o novostavbu areálu sloužícího jako venkovní koupaliště.

7.1.2. Stavba veřejného koupaliště „biotopu“

Přírodní koupací biotop má celkovou vodní plochu o výměře $5\,373\text{ m}^2$, celkový objem vodní plochy je $5\,850\text{ m}^3$. Vodní plocha koupací části je $3\,161\text{ m}^2$ a objem je $4\,650\text{ m}^3$. Vodní plocha regenerační části je $2\,212\text{ m}^2$ a objem je $1\,200\text{ m}^3$. Celková zastavěná plocha zázemí a pokladny je 359 m^2 . Ostatní plochy využívané k rekreačnímu odpočinku jsou o celkové velikosti $10\,933\text{ m}^2$. Na obr. č. 1 je vidět počátek stavby biotopu a to jak koupací, tak i biologické části.



Obr. č. 1. Pohled na stavbu biotopu Radotín (www.mapy.cz).

7.1.3. Koupací a biologická část

V dané lokalitě má koupací biotop tvar nepravidelného oválu. Na biotop je napojena čistící část, která je s biotopem propojena trubním spojením. Koupací část má proměnlivou hloubku, která se dělí na tři části: brouzdaliště (0 – 0,4 m), neplaveckou část (1,1 – 1,5 m) a plaveckou část (max. 3,25 m).

Biotop tvoří uzavřený okruh vody oddělený od okolního prostředí foliemi. Koupací část, filtrační zóny a biologická část jsou propojeny v cirkulačním systému. V průběhu užívání se doplňuje pouze výpar a voda při odkalení.

Biologické čištění probíhá ve filtračních zónách a v regenerační biologické části. Z biotopu se voda přečerpává do biologické části a odtud se gravitačně svádí zpět do biotopu. Odčerpaná voda z biotopu do biologické části je odsávána přes filtrační zóny. Ve filtrační části biotopu probíhá čištění pomocí minerálních substrátů a v biologické části pomocí rostlin. Orobinec nejmenší (*Thypha minima*), máta vodní (*Mentha aquatica*), žabník srdčitý (*Alisma subcordatum*), třezalka čtyřkřídla (*Hypericum tetrapterum*), mochna bahenní (*Potentilla palustris*), ostřice štíhlá (*Carex acuta*). Na níže uvedeném obr. č. 2 je z leteckého snímku patrné, jak je oddělena koupací část od části biologické.



Obr. č. 2. Pohled na provozovaný biotop Radotín (www.mapy.cz).

7.2 PROVOZ VEŘEJNÉHO KOUPALIŠTĚ „BIOTOPU“ Z HLEDISKA ČISTÉ VODY

Provoz je zajišťován třemi čerpadly, která jsou spouštěná dle potřeby provozu a míry znečištění koupací části, kde prochází přes minerální filtr. Následně je voda přečištěna od zbylých, hrubých nečistot na šterbinovém filtru TRIPOND s různými filtračními vložkami. V současné době se zkouškami řeší, jaká filtrační vložka by byla pro daný biotop nejvýhodnější. Poté je voda odvedena do regenerační části biotopu, kde dochází k vyčištění vody za působení submerzních rostlin a mikroorganismů. Část regenerační zóny je provzdušňována pomocí hadice se stálým tlakem vzduchu. K zajištění optimální filtrace přes biologickou část, bylo nutné její plochu rovnoměrně osadit druhovým složením rostlin. Množství rostlin je 2,5 ks/m², celkově tedy 5530 kusů rostlin. Regenerační zóna byla stavebně navržena tak, aby voda proudila jako meandrující tok. K tomuto jevu v roce 2015 nedocházelo, protože hladina vody byla přepadem držena nad šterkovým ložem, ve kterém byly zasazeny vodní rostliny. Samotné lože je členěno ve spodní části pěstebními rohožemi Grodan – Rokwool. Tyto rohože jsou vyrobeny z minerální čedičové vaty, jsou využitelné právě pro své absorpční schopnosti a jsou prosté patogenů. Na tomto základě je v drátěných koších nasypán kačírek a v něm jsou zasazeny rostliny. V roce 2015 po sezóně dochází k úpravě regenerační zóny a to výměnou drátěných košů s kačírkem a tím by mělo být již dosaženo, že vodní tok bude meandrovat dle původního záměru.

8. VÝSLEDKY

8.1 OVLIVNĚNÍ JAKOSTI VODY POČTEM NÁVŠTĚVNÍKŮ

Celkově za rok 2015 bylo v daném koupacím biotopu 34 690 návštěvníků. Ostatní parametry rozborů jsou shrnuty v tabulce č. 2. Kde jsou vyznačeny nejvýše naměřené hodnoty za období koupací sezóny roku 2015 červeným písmem. Z této tabulky byly vypracovány tři souhrnné grafy, které jsou uvedeny v kapitole 8. Dále v příloze č. 3 jsou uvedeny jednotlivé hodnoty výsledků rozborů vzorků vody za rok 2015.

Kapacita vodní plochy pro jednu osobu byla už při projektování stavby koupacího biotopu navržena na 10 m². Velikost koupací části je 3161 m², z čehož vychází, že kapacita vodní plochy je maximálně pro 316 osob. Tato doporučená kapacita návštěvníků byla v jednotlivých dnech, které svou teplotou byly příznivé ke koupání, překročena a to i o desítky. K navýšení kapacity návštěvníků dochází v důsledku obměny během jediného dne. V méně příznivých dnech ke koupání nebyla kapacita biotopu naplněna. Tím dochází k nerovnoměrnému zatížení regenerační zóny. Regenerační zóna, která je již svým principem založena jako umělý mokřad, by si měla s nerovnoměrným zatěžováním znečištění poradit. Z důvodu, že na odbourávání znečištění se podílí hlavně mikroorganismy, které rychle reagují na zvětšený přínos znečištění na přítoku do regenerační zóny svým množením. Proto je předpoklad, že by neměl být problém s dosažením výstupu kvalitní vody zpět do koupací části biotopu. Na obr. č. 3 je pohled na regenerační zónu biotopu Radotín. Fotografie byla pořízena v zimě roku 2015, kdy byla regenerační zóna rekonstruována tak aby docházelo k meandrování toku. Tímto by mělo dojít k dokonalejšímu čištění vody.

Tabulka č. 2 Výsledky rozborů vody za rok 2015

Jednotky parametrů		Biotop 2015								
		02.06.2015	16.06.2015	01.07.2015	13.07.2015	28.07.2015	11.08.2015	24.08.2015	01.09.2015	15.09.2015
max. 10, KTJ ve 100 ml.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	20	50	36	33	35	37	39	40	39
max. 100, KTJ ve 100 ml.	<i>Escherichia coli</i>	0	0	8	14	12	13	11	9	0
max. 50, KTJ ve 100 ml	intestinální enterokoky	10	0	9	17	7	13	15	8	10
org/ml.	celk. poč. organismů	12500	18900	22640	24000	38000	41000	60000	86100	49000
µg/l	chlorofyl -a	22	25	23	18	28	34	41	74	31
buníky/ml	celk. poč. sinic ve vodním květu	480	600	4860	7420	8700	11200	21100	20070	9460
%	abioseston	1	2	1	1	3	2	3	2	2
metr	průhlednost	1,9	1,8	1,4	1,14	1,1	1,05	0,82	0,83	0,95
	Počet návštěvníků celkem	420	950	1412	6627	14010	24021	31768	33712	34690

- červeně jsou vyznačeny maximální hodnoty jednotlivých parametrů



Obr. č. 3. Pohled na regenerační zónu biotopu. Foto autor.

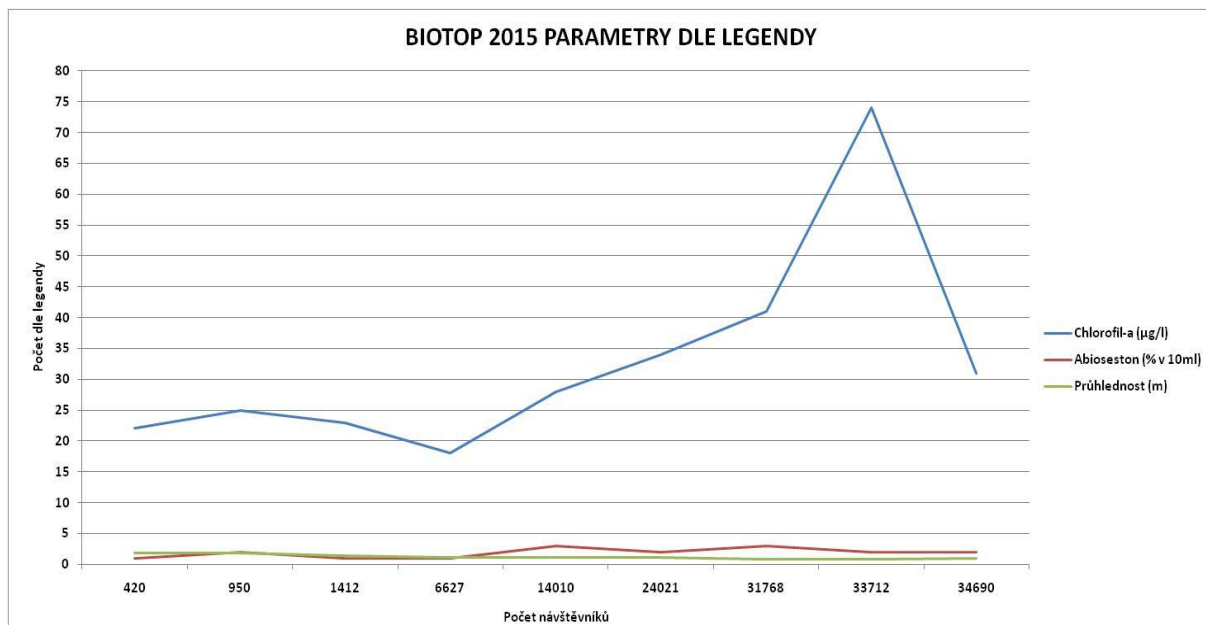
9. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ LABORATORNÍCH ZKOUŠEK NA KVALITU VOD

Rozbory vody byly prováděny dle vyhlášky č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění pozdějších předpisů. Tyto rozbory byly prováděny i nad rámec stanovený vyhláškou, protože dané koupaliště biotopového typu prošlo zkušebním provozem v roce 2014. Proto bylo provedeno více rozborů vody, aby si provozovatel ověřil účinnost čištění vody v regenerační zóně.

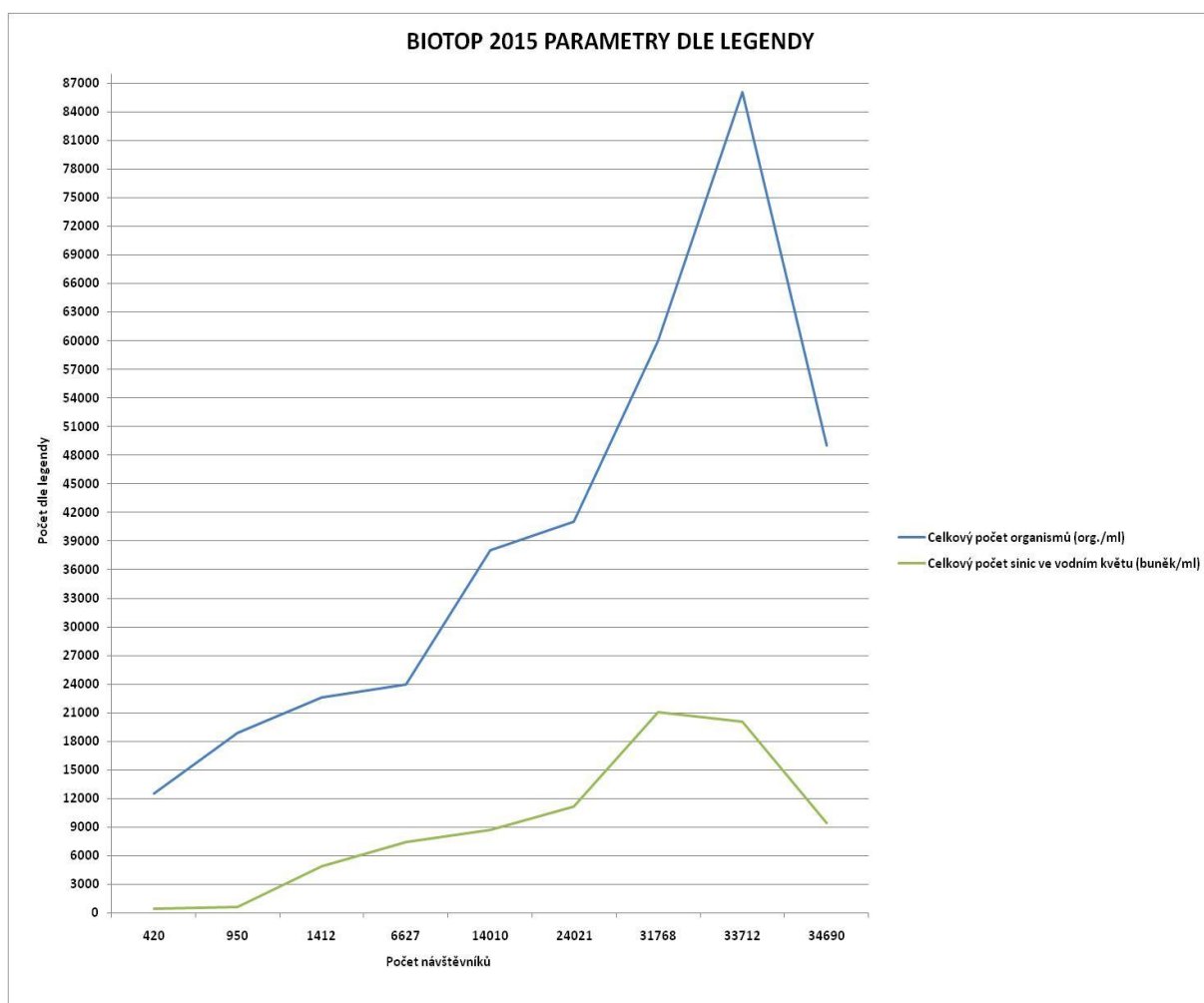
Na obr. č. 4 je znázorněn počet návštěvníků v jednotlivých dnech odběrů vzorků vody. Na obr. č. 5,6,7 jsou rozpracovány jednotlivé parametry rozborů kvality vody v závislosti na počet návštěvníků v biotopu Radotín, za období koupací sezóny roku 2015. Parametry rozborů vody jsou děleny do grafů po menším počtu, z důvodu lepší přehlednosti, kde v legendě je vždy popsáno o který parametr se konkrétně jedná a v jakých jednotkách byl akreditovanou laboratoří měřen.



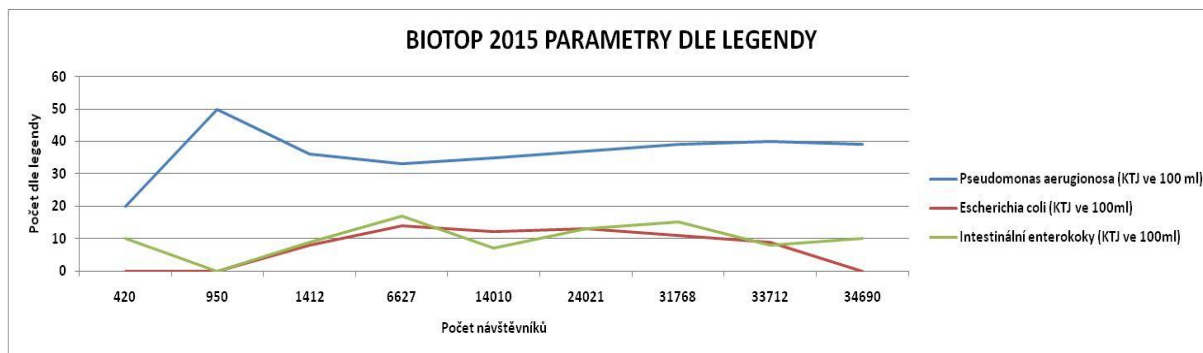
Obr. č. 4. Kumulativní počet návštěvníků biotopu Radotín v době odběrů v roce 2015.



Obr. č. 5. Koncentrace chlorofylu, abiosestonu a průhlednost vody v závislosti na počtu návštěvníků v biotopu Radotín v roce 2015.



Obr. č. 6. Celkový počet organismů a celkový počet sinic ve vodním květu na lokalitě biotopu Radotín v roce 2015.



Obr. č. 7. Počty *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* a intestinálních enterokoků v závislosti na počtu návštěvníků v roce 2015.

Právní předpisy upravující parametry vody s přírodním způsobem čištění vody jsou zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví §6 a vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Ze zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví §6 vyplívá, že za kvalitu vody zodpovídá provozovatel koupaliště. V tomto přírodním koupališti došlo k tomu, že hodnoty dle vyhlášky č. 238/2011 Sb. v tabulce č. 2 přílohy číslo 7, byly překročeny v parametru *Pseudomonas Aeruginosa*, vyhláška stanovuje tuto hodnotu na 10 KTJ/100 ml. Protokoly o výsledcích kontroly jakosti vody jsou dle zákona č. 258/2000 Sb. § 6c odstavec 1 předávány v elektronické podobě příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví. V tomto případě je Hygienická stanice hlavního města Prahy.

Ze zjištění vyplívá, že by se provozovatel měl zachovat dle zákona č. 258/2000 Sb. § 6a odst. 3 písm. a) Znečištěním vody ke koupání nebo ochlazování se rozumí překročení hygienického limitu mikrobiologického ukazatele jakosti vody ke koupání v přírodním koupališti nebo překročení hygienického limitu fyzikálního ukazatele vody ke koupání v nádrži ke koupání nebo ve stavbě povolené k účelu koupání vybavené systémem přírodního způsobu čištění vody.

A z tohoto plynou pro provozovatele další povinnosti dle § 6b odst. 1. Dojde-li ke znečištění vody ke koupání nebo sprchování, je provozovatel přírodního koupaliště povinen informovat o této skutečnosti veřejnost, a to po celou dobu trvání znečištění. Informace musí být umístěna na všech pokladnách u vstupu na koupaliště, a pokud zde nejsou, v blízkosti koupaliště na viditelném místě, musí být snadno čitelná, v nesmazatelné formě a nesmí obsahovat jiné údaje než údaje týkající se znečištění vody.

Dle výsledku rozborů vody, nedošlo k překročení jednotlivých parametrů pro vodu vhodnou ke koupání, až do odběrů dne 24.8., 1.9. a 8.9. 2015. Parametry dané vyhláškou byly překročeny dne 24. 8. a 1. 9. 2015 v nadlimitním počtu sinic ve vodním květu a zmenšené průhlednosti pod jeden metr. Z těchto důvodů byla označena jako zhoršená voda ke koupání. Obecný popis: Mírně zvýšená pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci, u některých vnímavých jedinců by se již mohly vyskytnout zdravotní obtíže, po koupání se doporučuje osprchovat.

Dle dalšího výsledku ze dne 8.9. 2015 byl překročen pouze parametr průhlednosti pod jeden metr, proto byla označena jako voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi. Obecný popis: Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci především se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi, v případě možnosti je vhodné se osprchovat. Z výsledků lze vyčíst, že na kvalitě vody se podílí nejenom počet návštěvníků biotopového koupaliště, ale i míra dosažených teplot a vydatnost srážek za dané období.

V příloze č. 2 je dána ukázka toho, jak vypadá protokol o rozboru vody akreditovanou zkušební laboratoří dle ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 pod číslem 1402, a to VZ lab s.r.o. Praha 5. kde jsou uvedeny výsledky kvality vody. Tyto protokoly byly sumarizovány do tabulky 2 a z ní poté vytvořeny jednotlivé grafy. Dále v příloze č. 4 a 5 jsou uvedeny teploty a srážky od června do září 2015, z meteostanice Velká Chuchle, jelikož na kvalitu vody mají podstatný vliv.

10. DISKUZE

Podle výsledků rozborů, které byly odebrány na biotopovém koupališti Praha, Radotín za sezónu 2015 je průkazné, že i k nadlimitnímu počtu návštěvníků je schopna regenerační zóna zvládnout úpravu vody na kvalitní úrovni. Což se ukázalo i vzhledem k současnému extrémnímu teplotnímu vývoji v roce 2015.

Pseudomonas aeruginosa v rekreačních vodách, je kontrolován dle normy ČSN EN ISO 16266, která je rozporována našimi i zahraničními vědeckými pracovníky, kteří zjistili u přírodních bazénů cca 71 % falešně pozitivních výsledků růstu při 42 °C (Heinemayer, Luden, 2009)

Z našich vědeckých pracovníků se touto problematikou zabýval Státní zdravotní ústav a ten dospěl k tomuto závěru. Falešně pozitivní výsledky na *Pseudomonas aeruginosa* kmeny, potvrzené dle ČSN EN ISO 16266 testovány navíc na růst při 42 °C, což je významná charakteristika vykazalo jen 40 % kmenů, tj. cca 60 % falešně pozitivních výsledků. V tomto případě se jednalo o jiné druhy než *Pseudomonas aeruginosa* a to o *Pseudomonas putida* a *Pseudomonas fluorescens* a jiné nefermentující oxidázo - pozitivní bakterie (Šašek, 2014).

Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu pro vyšetřování a hodnocení kvality vody ke koupání podle §§ 13 – 15 vyhlášky č. 238/2011 Sb. ve znění vyhlášky č. 97/2014 Sb. pro sezónu 2014.

Novelou č. 97/2014 Sb. byl vyřazen ukazatel *Pseudomonas aeruginosa* z přílohy č. 7 vyhlášky č. 238/2011 Sb.

Poznámka: Upozorňujeme na nesprávný výklad novely č. 97/2014 Sb. v právních systémech ASPI (již opraveno), CODEXIS – Legislativa ČR i ve volně dostupné legislativě v konsolidovaném znění na adrese www.zakonyprolidi.cz., je zde uvedeno, že vyřazen byl ukazatel průhlednost a nikoli *Pseudomonas aeruginosa*. Aktuální hodnocení v koupací jakosti vody ke koupání v koupalištích hodnocených podle §13 –15. Slovní vyjádření k použitým barevným symbolům (sluníčkům) je totožné, jako je tomu u přírodních koupališť v příloze č. 6 vyhlášky č. 238/2011 Sb. V souladu se zněním § 6a odst. 1 písm. b) a § 6b odst. 1 zákona o ochraně veřejného zdraví je povinností provozovatele informovat veřejnost, že došlo (v případě překročení limitní hodnoty) ke znečištění vody, ale nikoli přestat provozovat koupaliště. Mgr. Petr Pummann vedoucí NRC pro pitnou vodu (Státní zdravotní ústav, 2016).

Tudíž dle vyhlášky č. 97/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, došlo k tomu, že provozovatel a ani ze strany příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví, nedošlo k omezení koupání v Biotopovém koupališti Praha

Radotín. Chtěl bych upozornit na zřejmě tiskovou chybu v uvedené vyhlášce, kde uvádějí název *Pseudomonas aeruginosa*.

Pouze v parametrech celkový počet sinic ve vodním květu a průhlednosti vody v odběrech za dne 24.8. a 1.9. 2015 lze zjistit překročení limitů pro vodu vhodnou ke koupání. Obecný popis: Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci s vyhovujícími smyslově postižitelnými vlastnostmi. V odběru dne 8.9. 2015 došlo pouze k překročení limitu pro průhlednost vody. Všechny tyto limity byly překročeny na samé spodní hranici pro dané rozmezí. Na tomto překročení se spíše podílelo extrémně teplé počasí a nedostatek srážek za rok 2015.

Myslím si, že k docílení vyšší kvality vody v koupališti by přispěla i možná ochrana před náletem vodního ptactva do regenerační zóny koupaliště. Vodní ptactvo konzumuje vodní rostliny a tím narušuje stabilitu umělého mokřadu. Dále ptactvo svými výměšky přispívá k eutrofizaci vody a tím následně k rozvoji nežádoucích řas a sinic. Tyto řasy a sinice tvoří velké kolonie, které se z vody odebírají, což přináší zvýšené nároky na obsluhu koupaliště.

Oblíbenost rekreačního koupání, kde se voda čistí přírodním způsobem za použití rostlin a mikroorganismů, bez použití čištění na základě přidávání chemických látek má vzrůstající tendenci. Nesmíme opomenout, že koupaliště je stále formou úpravy regenerační zóny rekonstruováno, aby bylo dosaženo co nejlepších výsledků v jakosti vody podle vyhlášky č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění pozdějších předpisů. Toto je způsobeno dlouhodobým trendem společnosti na základě informovanosti a oblíbenosti přírodních produktů a tak zvanému životu v souladu s přírodou. Protože čistá voda bez chemických látek a kvalitní poskytnutí zázemí a služeb na koupališti v Radotíně bude rozhodovat o možném počtu návštěvníků i v dalších letech provozu tohoto koupaliště.

11. ZÁVĚR

Nový směr v údržbě a čištění vody ve veřejných koupalištích je svým návratem k přírodním čistícím procesům převratný. Dlouhou dobu byl zastáván názor, že pouze vody, které jsou čištěny chemickým způsobem, jsou vhodné po všech stránkách k možnosti veřejného koupání. V dnešní době víme, že chemicky ošetřená voda, může přispět k zhoršení zdravotních problémů, nebo přímo vytvořit specifikované zdravotní riziko vznikem onemocnění.

Proto příchod poznatků a technologie přírodního čištění vody ve veřejných koupalištích je u veřejností přijato s velkým nadšením. Je to směr, který je v současné době hodně publikován v médiích jako návrat k přírodě – návrat ke zdraví. Dnes se budují nejen přírodní koupací biotopy pro veřejnost, ale v hojně míře je tento proces čištění využívání k zakládání koupacích jezírek v soukromém vlastnictví. V těchto jezírkách je často kladen důraz nejen na čištění vody, a následné využití ke koupání, ale i na estetickou stránku jezírka. Zde se vhodným výběrem rostlin a jejich umístěním v jezírku dají vybudovat pěkná zákoutí. Pokud budeme brát koupací jezírko jako celek, tak se jezírko stává ústředním prvkem v zahradách a k této skutečnosti je následně koncipováno rozložení dalších prvků v zahradě.

Přírodní způsob čištění vody je i z hlediska ekonomického příznivý pro provozovatele koupaliště, protože zde vznikají mnohem menší nároky na provozní náklady týkající se údržby. Vybudování přírodního koupaliště je oproti bazénu s chemicky čištěnou vodou také mnohonásobně levnější, ale musíme počítat, že vzhledem k přírodnímu čištění za přispění rostlin a mikroorganismů je omezeno využití koupaliště jen na letní sezónu.

Koupací biotop Radotín, je provozován od roku 2014 kdy byl pouze ve zkušebním provozu, přesto jej v tomto roce navštívilo 35892 návštěvníků. V roce 2015 jej navštívilo 34690 návštěvníků. Z této návštěvnosti lze usuzovat, že koupaliště, které je vybaveno přírodním způsobem čištění se stávají nedílnou možností využití volného času pro občany.

Z výsledků rozborů lze dovést, že kvalita vody vyhovuje hygienickým limitům, ale ne vždy v té nejvyšší kvalitě. Velký vliv na kvalitu vody mají dosažené teploty za dané období, které podporují zvýšený růst sinic tím, že dochází k přehřátí vody v biotopu. Potom i úhrny srážek, které mohou vnést do biotopu látky, jak svým přímým spadem nebo splavením z okolí, které mohou být spouštěčem nežádoucích reakcí.

Pravidelnými návštěvami biotopu a nastudování zdrojové literatury, jsem se utvrdil v přesvědčení, že tento způsob trávení volného času lze doporučit pro širokou veřejnost.

12. LITERATURA

ALISON, F. 2000: Easy Water Gardening. United Kingdom Marshall Publishing Limited. ISBN: 1-84028-336-X.

BUEGE, D., UHLAND, V. 2002: Natural swimming pools. Mother Earth News, Issue 193, pp. 64-73.

CASANOVAS-MASSANA, A., BLANCH, A. R., 2013: Characterization of microbial populations associated with natural and swimming pools. International Journal of Hygiene and Environmental Health 26: 132 – 137

ČÍŽKOVÁ - KONČALOVÁ, H., HUSÁK, Š., 1992: Účelové kultivace vodních a mokřadních rostlin. Sborník. Botanický ústav ČSAV. Třeboň.

D. E. C. CORBRIDGE 1985: Phosphorus: an outline of its chemistry, biochemistry, and technology. Elsevier Science Publishers. Kalifornská univerzita. ISBN: 0444424687,9780444424686. 761 s.

DOLEŽAL, V. 2004: Malá vodní díla ve vaší zahradě. ERA, Brno, 2004, ISBN: 80-86517-40-3.

DOLEŽAL, V. 2006: Koupací biotopy. In Dny zahradní a krajinářské tvorby: Město – zeleň a bydlení. 1. vyd. Praha: Tiskap, ISBN: 80-86950-00-X.

HEINEMEYER, E., LUDEN, K., 2009: "Probleme bei der Anwendung der DIN EN 12780 zum Nachweis von *Pseudomonas aeruginosa* aus Schwimmteichen und Oberflächengewässern." *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung- Gesundheitschutz* 52.3

HELBERG, T. 1995: Wasser Gärten. Franckh - Kosmos Verlags - GmbH & Co. Stuttgart. ISBN: 3440068994.

HŘÍBAL V., 2003: Zahradní jezírka a vodní rostliny. GRADA PUBLISHING, A.S. PRAHA. ISBN: 8024705907.

KENNETH L. BLAXTER, 2012: Food Chains and Human Nutrition. Springer Science a Business Media. ISBN: 9401173362,9789401173360. 472 s.

KIRCHER, A., KIRCHER, W. 2009: Quickfinder Gartenteich. Gräfe und Unzer Verlag GmbH. München. ISBN: 383381523X.

KOMÍNKOVÁ D., BENEŠOVÁ L., ŠŤASTNÁ G., 2014: Úprava pitných a čištění odpadních vod, skripta, ČZÚ FŽP Praha

KUKOL J., 2013: Eutrofizace vodních nádrží. Vysoké učení technické, Brno, 7,8 s.

LARRY W. MAYS, 2010: Water Resources Engineering. II. Ilustrované vydání. John Wiley a Sons. ISBN: 0470460644,9780470460641. 890 s.

MLEJNSKÁ, E., ROZKOŠNÝ, M., BAUDIŠOVÁ, D., VÁŇA, M., WANNER, F. A KUČERA, J., 2009: Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. VÚV Praha TGM, MŽP ČR.

- PITTER P., 1999:** Hydrochemie. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, ISBN: 80-7080-340-1.
- SEDLÁK, J., 2008:** Koupací jezírka. Grada Publishing, a.s. Praha. ISBN: 9788024725543.
- SEITZ, W. 2003:** Mein Gartenteich. Compact Verlag GmbH. München. ISBN: 3817455429.
- SWINDELLS, P., MASON, D. 2004:** The Complete Book of the Water Garden. Cassell Illustrated. London. 208 s. ISBN: 1841881716.
- ŠAŠEK, J., 2014:** Státní zdravotní ústav, Praha 10, Šrobárova 48, seminář ke koupacím vodám, VÚV Praha
- ŠÁLEK, J. A TLAPÁK, V., 2006.** Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT Praha.
- ŠÁLEK, J., ŽÁKOVÁ, Z., HRNČÍŘ, P. 2008.** Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. ERA group spol. s r.o. Brno. ISBN: 9788073661250.
- ŠIMEČKOVÁ, J., VEČEŘOVÁ, I. 2008:** Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost. Publikace SZÚZ Brno.
- ŠIMEČKOVÁ, J., 2005.** Ekologická koupací jezírka. Svaz zakládání a údržby zeleně. Brno.
- ŠŤASTNÝ, B., 2003:** Stavba a provoz bazénů. ABF, Praha. ISBN 80-86165-56-6.
- VANĚK, V., STODOLA, J. 1987:** Vodní a vlhkomilné rostliny. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.
- VÉBER, K., 1982:** Biologické základy pěstování a využití rákosu obecného v Československu. Studie ČSAV. Academia. Československá akademie věd. Praha.
- VYMAZAL, J., 2013:** Koloběh živin ve vodě a půdě, PowerPoint, přednáška Praha ČZÚ
- ŽÁČKOVÁ M., 2012:** Zhodnocení vytrvalých rostlin vhodných pro koupací jezírka a biotopy v ČR. ČZU Praha, fakulta Agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů.

Legislativa

Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch

Vyhláška č. 97/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů

Internetové odkazy

Mapy.cz, 2015: online:

<http://mapy.cz/letecka?x=14.3592147&y=49.9791898&z=17&source=ward&id=13592&q=Radot%C3%ADn>, cit. 23.11.2015

Seznam.cz, 2015: Meteostanice Velká Chuchle, online:

http://www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=praha_ch, cit. 25.12.2015

Státní zdravotní ústav, 2016: Metodické doporučení, online:

http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/Metodicke_doporuceni_NRC_koupaliste_13_15_sezona_2014.pdf, cit. 12.3.2016

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - Příklady vhodných rostlin do regeneračních zón biotopů

Tabulka č. 2 - Výsledky rozborů vody za rok 2015

Seznam obrázků

Obr. č. 1 - Pohled na stavbu biotopu Radotín

Obr. č. 2 - Pohled na provozovaný biotop Radotín

Obr. č. 3 - Pohled na regenerační zónu biotopu

Obr. č. 4 Počet návštěvníků x datum odběrů v roce 2015

Obr. č. 5 - Parametr: Chlorofyl, Abioseton, průhlednost x počet návštěvníků v roce 2015

Obr. č. 6 - Parametr: Celkový počet organismů, celkový počet sinic ve vodním květu x počet návštěvníků v roce 2015

Obr. č. 7 - Parametr: *Pseudomonas Aeruginosa*, *Escherichia coli*, Intestinální enterokoky x počet návštěvníků v roce 2015

Seznam příloh

Příloha č. 13.1 - Vybraná fotodokumentace z roku 2014 a 2015

Příloha č. 13.2 - Protokol o rozboru vody akreditovanou zkušební laboratoří

Příloha č. 13.3 - Jednotlivé grafy výsledky rozborů za rok 2015

Příloha č. 13.4 - Teplotní rozmezí z meteostanice Velká Chuchle 2015

Příloha č. 13.5 - Srážkové úhrny z meteostanice Velká Chuchle 2015

13. PŘÍLOHY

Příloha č. 1 Vybraná fotodokumentace z roku 2014 a 2015 biotopu Radotín (fotografie: Jan Dragoun)



Obr. č. 13.1.1 Podzim 2014, regenerační zóna



Obr. č. 13.1.2 Podzim 2014, obnova regenerační zóny



Obr. č. 13.1.3 Podzim 2015, celkový pohled



Obr. č. 13.1.4 Podzim 2015, před rekonstrukcí



Obr. č. 13.1.5 Zima 2015, rekonstrukce regenerační zóny



Obr. č. 13.1.6 Zima 2015, po rekonstrukci



Obr. č. 13.1.7 Zima 2015, detail filtrační stěny



Obr. č. 13.1.8 Zima 2015, filtrační stěna



Obr. č. 13.1.9 Zima 2015, prorůstání kořenového systému



Obr. č. 13.1.10 Zima 2015, regenerační zóna

Příloha č. 2 Protokol o rozboru vody akreditovanou zkušební laboratoří.



VZ

Jindřicha Plachty 535/16
150 00 Praha 5
tel.: 266 779 115, www.vzlab.cz



ROZBOR
VODY

Protokol č.: 78370

Zkušební laboratoř akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 pod číslem 1402

Akce:	BIOTOP	Zákazník:	BIOTOP
Číslo zakázky:	013001		K Lázním
Datum dodání:	16.6.2015		150 00 Praha 5
Datum odběru:	16.6.2015		
Odebral:	Marek		

Číslo rozboru: **221757**

Místo odběru: **koupaliště**

celkový počet organismů **	org/ml	18900
chlorofyl-a**	µg/l	25
celk. počet sinic ve vod.květu **	buňky/ml	600
abioseston **	%	2
průhlednost *	m	1,8
<i><u>Mikrobiologické ukazatele:</u></i>		
Escherichia coli	KTJ ve 100 ml	0
Intestinální enterokoky	KTJ ve 100 ml	0
Pseudomonas aeruginosa	KTJ ve 100 ml	>50

* Stanovení mimo rámec akreditace.

** Stanovení bylo provedeno v subdodávce akreditovanou laboratoří. Seznam akreditovaných subdodavatelů je k nahlédnutí v laboratoři.

> hodnota stanovení se nachází nad mezí stanovitelnosti

-Escherichia coli

SOP 46 (ČSN 757835)

-Pseudomonas aeruginosa

SOP 51 (ČSN EN 12 780)

-Enterokoky

SOP 49 (ČSN EN ISO 7899-2)

Nejistoty zkoušek na vyžádání přílohou protokolu.

Výsledky rozborů se týkají pouze analyzovaných vzorků. Protokol může být reprodukován pouze celý, část pouze s písemným souhlasem laboratoře VZ lab.

Analyzováno: 16.6.2015

Ing. Ivan Žalmánek

Protokol vystaven dne: 11.1.2016

zástupce vedoucího laboratoře

Obr. č. 13.2.1 Protokol o rozboru vody akreditovanou zkušební laboratoří VZ lab s.r.o. Praha.

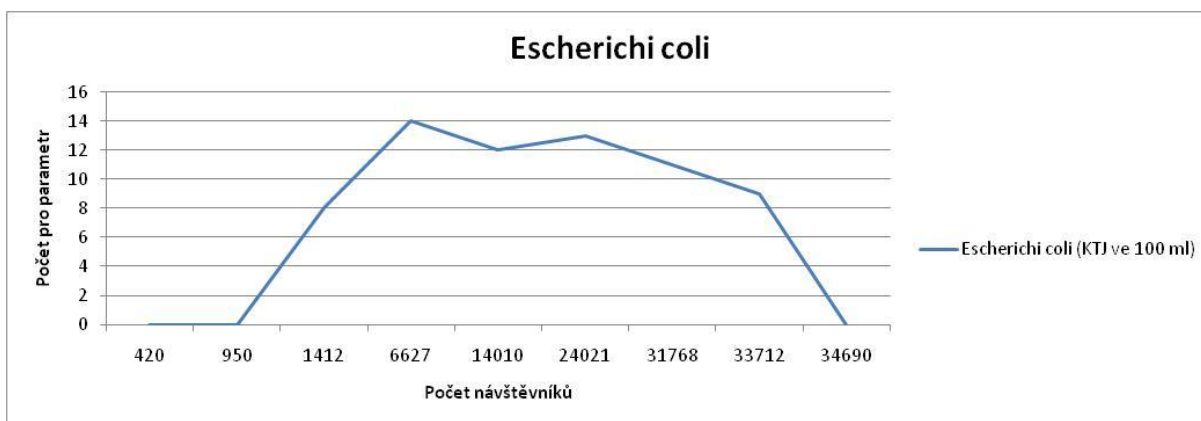
Příloha č. 3 Výsledky rozborů za rok 2015.



Obr. č. 13.3.1 Parametr: Počet návštěvníků celkem x datum odběru



Obr. č. 13.3.2 Parametr: *Pseudomonas aeruginosa* x počet návštěvníků



Obr. č. 13.3.3 Parametr: *Escherichia coli* x počet návštěvníků



Obr. č. 13.3.4 Parametr: Intestinální enterokoky x počet návštěvníků



Obr. č. 13.3.5 Parametr: Celkový počet organismů x počet návštěvníků



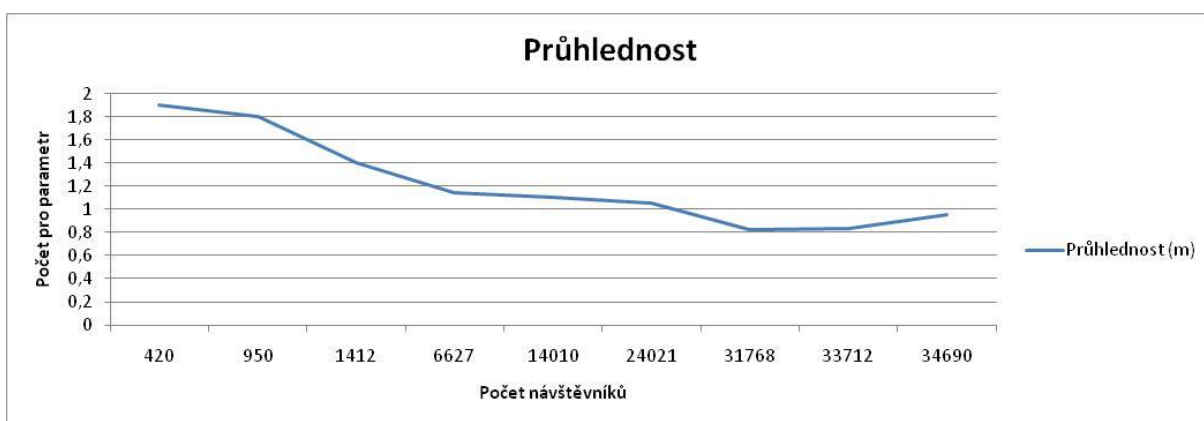
Obr. č. 13.3.6 Parametr: Chlorofyl-a x počet návštěvníků



Obr. č. 13.3.7. Parametr: Abioseston x počet návštěvníků

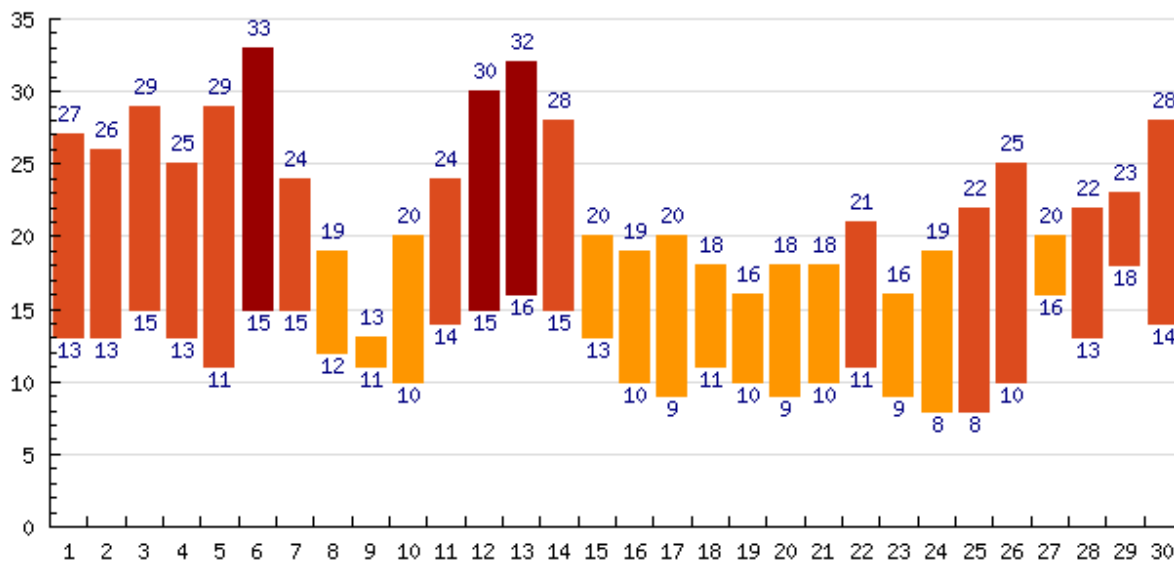


Obr. č. 13.3.8 Parametr: celkový počet sinic ve vodním květu x počet návštěvníků



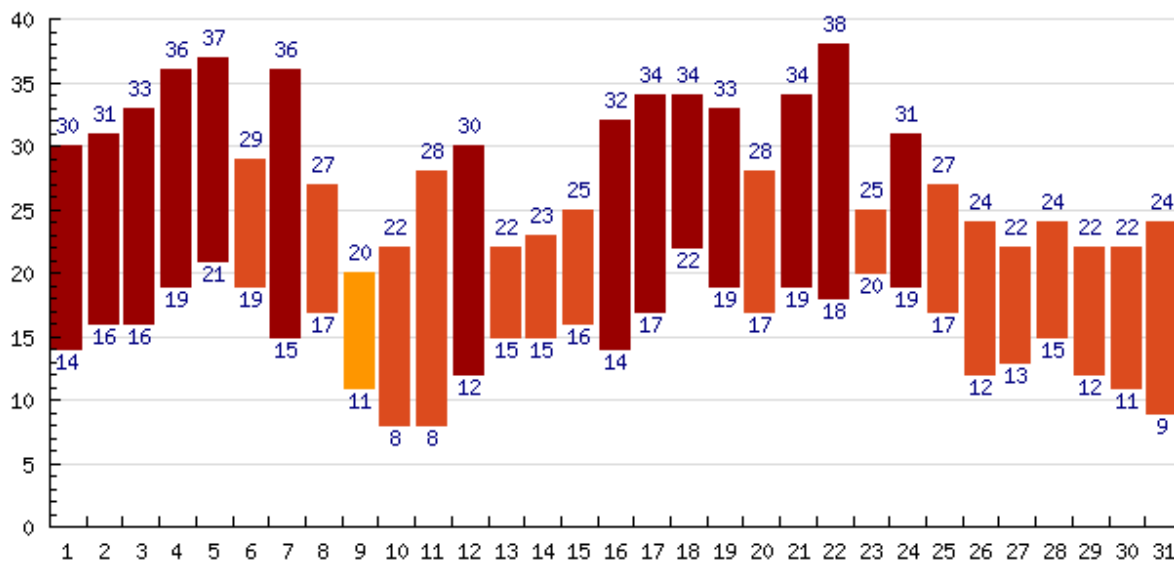
Obr. č. 13.3.9 Parametr: Průhlednost x počet návštěvníků

Příloha č. 4 Teplotní rozmezí z meteorologie Velká Chuchle 2015.



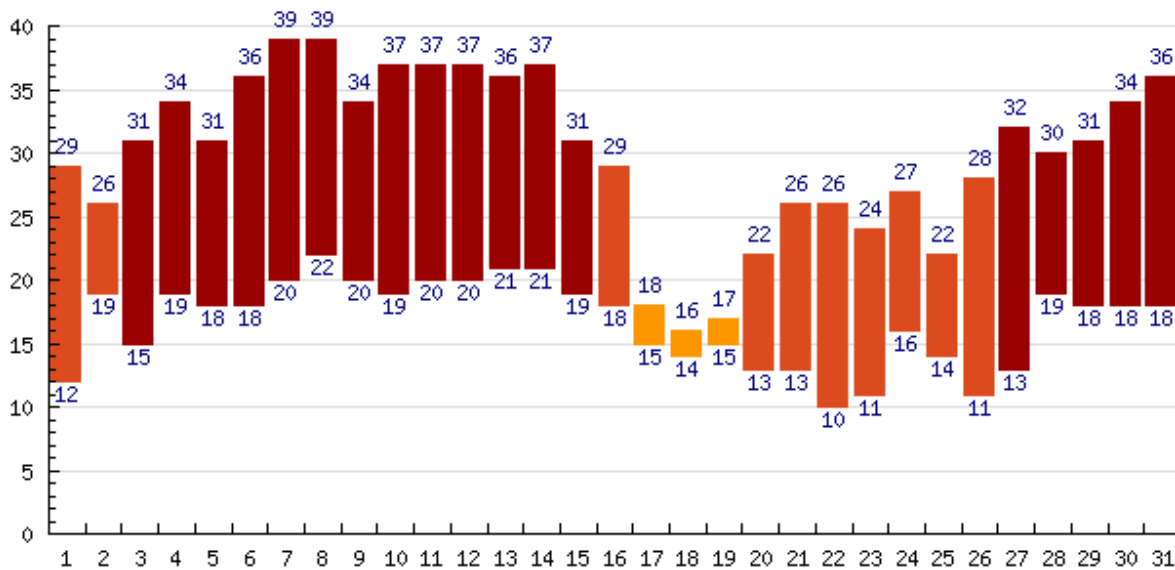
- teploty nad 30⁰C přes den
- průměrné teploty pro měsíc červen
- podprůměrné teploty za měsíc červen

Obr. č. 13.4.1 Graf teplot rozmezí den – noc červen 2015 (Seznam.cz, 2015).



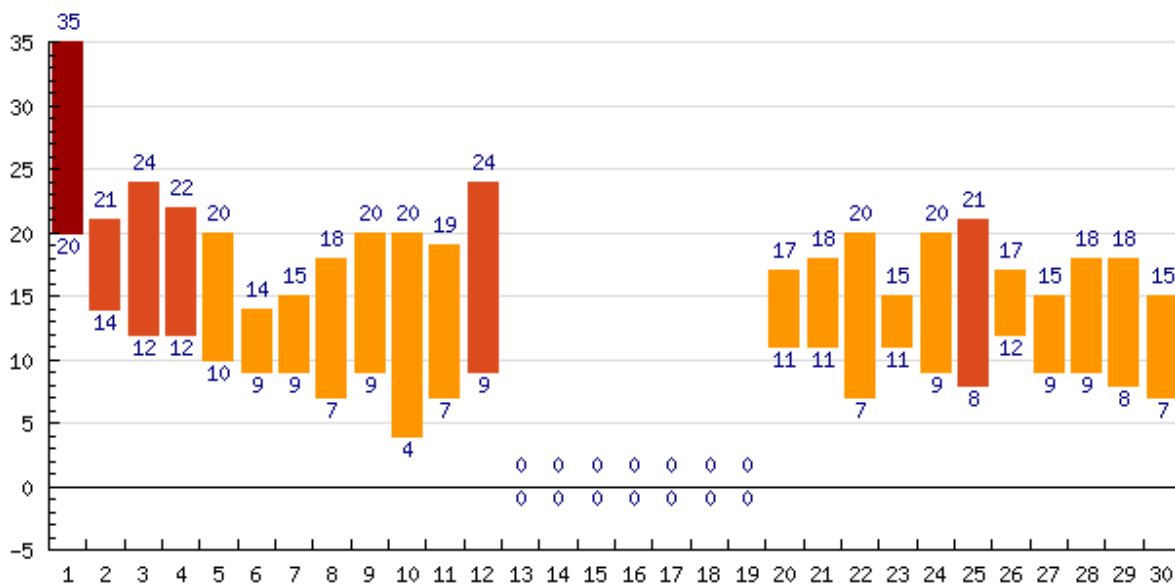
- teploty nad 30⁰C přes den
- průměrné teploty pro měsíc červenec
- podprůměrné teploty za měsíc červenec

Obr. č. 13.4.2 Graf teplot rozmezí den – noc červenec 2015 (Seznam.cz, 2015).



- teploty nad 30⁰C přes den
- průměrné teploty pro měsíc srpen
- podprůměrné teploty za měsíc srpen

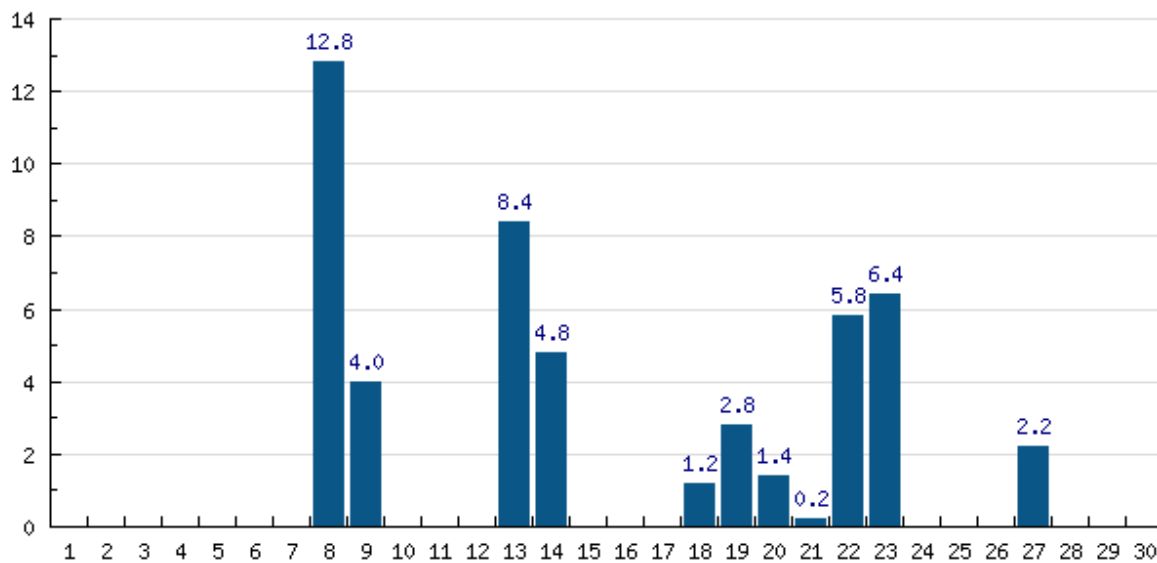
Obr. č. 13.4.3 Graf teplot rozmezí den – noc srpen 2015 (Seznam.cz, 2015).



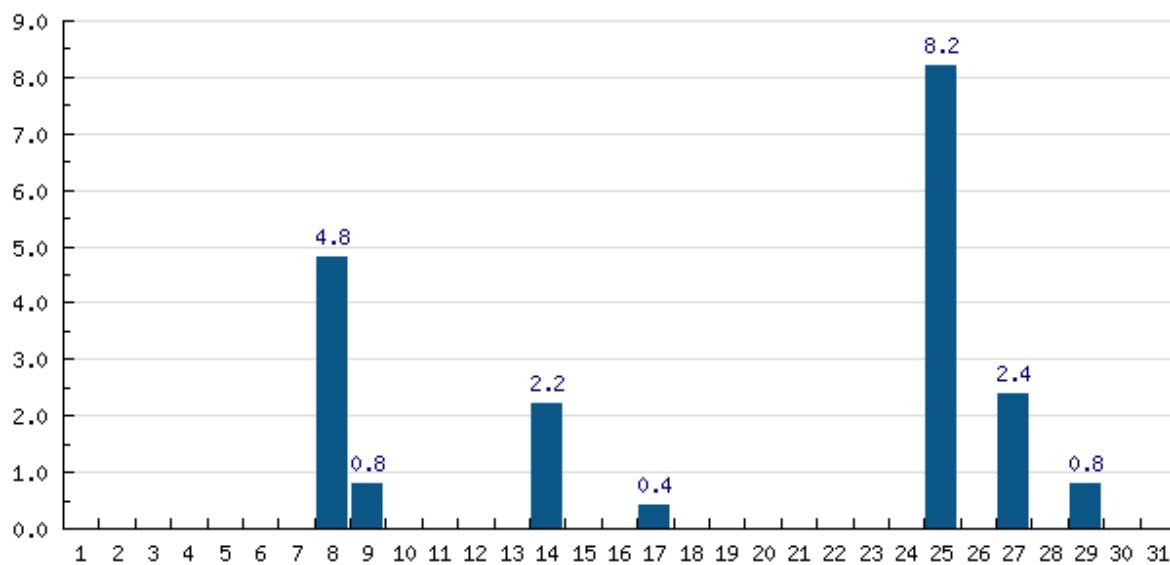
- teploty nad 30⁰C přes den
- průměrné teploty pro měsíc září
- podprůměrné teploty za měsíc září

Obr. č. 13.4.4 Graf teplot rozmezí den – noc září 2015 (Seznam.cz, 2015).

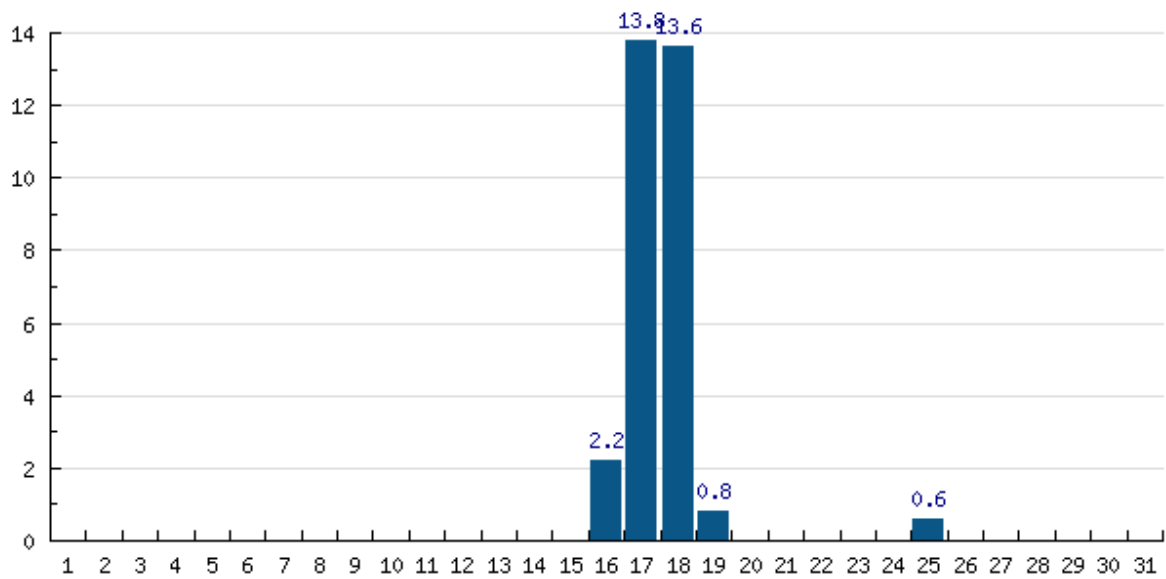
Příloha č. 5 Srážkové úhrny z meteorologické stanice Velká Chuchle 2015.



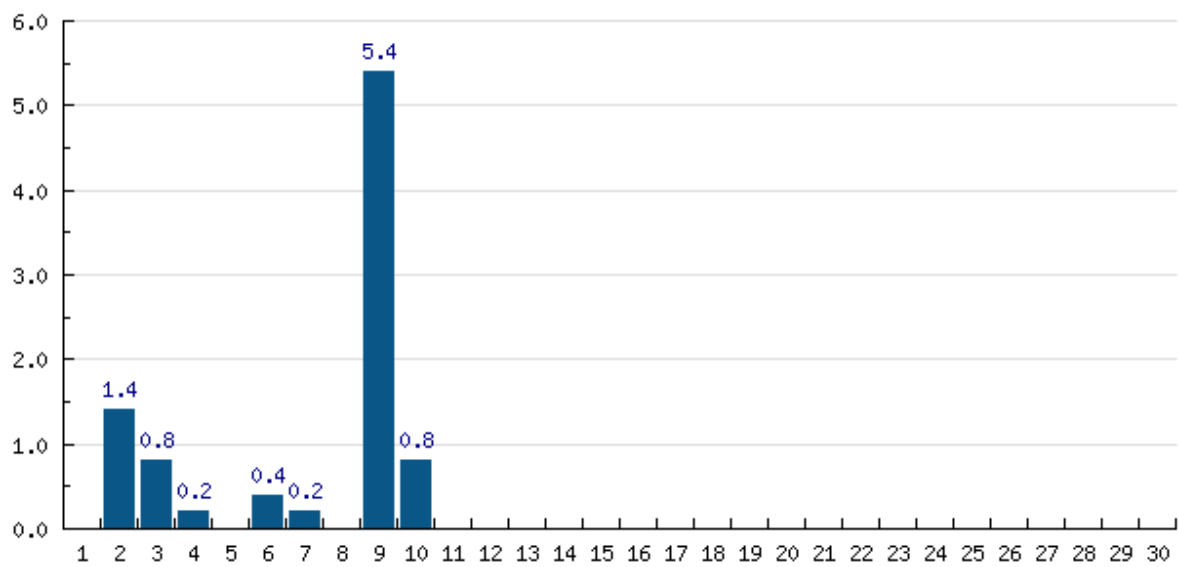
Obr. č. 13.5.1 Graf celkový úhrn srážek za měsíc červen 2015 – 50ml (Seznam.cz, 2015).



Obr. č. 13.5.2 Graf celkový úhrn srážek za měsíc červenec 2015 – 19,6ml (Seznam.cz, 2015).



Obr. č. 13.5.3 Graf celkový úhrn srážek za měsíc srpen 2015 – 31ml (Seznam.cz 2015).



Obr. č. 13.5.4 Graf celkový úhrn srážek za měsíc září 2015 - 9,2 ml do 10.9. 2015 (Seznam.cz, 2015).