

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Bakalářská práce

Komplexní vodohospodářská bilance v obci Lesná.

**Complex water management balance in the village
of Lesná.**

Šárka Packanová

Plzeň 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

„Komplexní vodohospodářská bilance v obci Lesná“

vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

Plzeň dne 24.4.2023

v.r. Šárka Packanová

Zásady pro vypracování práce

1. Proved'te rozbor vodohospodářské bilance obcí.
2. Stanovte cíle práce a metodiku výzkumu.
3. Proved'te terénní šetření vybraných složek vodohospodářské bilance obce Lesná.
4. Proved'te analýzu vodohospodářské bilance v různých časových periodách (denní, roční).
5. Výsledky zpracujte syntetickými metodami, včetně kartografických výstupů a doporučení rozvoje.
6. Diskutujte výsledky práce a proved'te shrnutí výsledků.

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu doc. RNDr. Janu Koppovi, Ph.D. za vstřícný přístup, odborné rady, podnětné připomínky a poskytnuté konzultace při vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat všem respondentům a pracovníkům obecního úřadu v Lesné za poskytnuté informace a data. Nakonec patří velké dík mé rodině, která mě po celou dobu podporovala

Obsah

Úvod	6
1 Cíle.....	7
2 Rozbor problematiky.....	8
2.1 Vodohospodářská bilance	8
2.2 Hydrologická bilance	9
2.2.1 Srážky	13
2.2.2 Evapotranspirace.....	14
2.2.3 Odtok	17
2.2.4 Infiltrace.....	18
2.3 Hospodaření s dešťovou vodou.....	19
2.3.1 Konvenční způsob odvádění dešťové vody	20
2.3.2 Decentrální koncepce hospodaření s dešťovou vodou.....	20
2.3.3 Opatření při hospodaření s dešťovou vodou.....	21
3 Vstupní charakteristika území	23
3.1 Využívání krajiny	26
3.2 Vodohospodářské poměry sídla Lesná.....	27
3.3 Hydrologická charakteristika území	29
4 Metody zpracování	32
5 Praktická část.....	35
5.1 Hydrologická bilance	35
5.1.1 Srážky	35
5.1.2 Teploty	38
5.1.3 Odtok	39
5.1.4 Evapotranspirace.....	41

5.1.5	Hydrologická bilance	43
5.2	Vodohospodářská bilance	45
5.3	Výsledky dotazníkového šetření	49
5.3.1	Koncepce HDV v domácnostech a obci Lesná.....	51
	Diskuse výsledků	54
	Závěr	56
	Seznam použitých zdrojů	57
	Seznam tabulek	61
	Seznam obrázků.....	62
	Seznam grafů.....	63
	Seznam zkratk	64
	Seznam příloh.....	66
	Přílohy	
	Abstrakt	
	Abstract	

Úvod

Tato práce se zabývá stanovením vodohospodářské bilance v hlavním sídle obce Lesná a určením hydrologické bilance vybraného povodí. Určení bilancí je doplněno o průzkum hospodaření s vodou v domácnostech, na které poté navazuje koncepce, ve které jsou rozebrány možnosti hospodaření s dešťovou vodou.

Vodohospodářská bilance je klíčovým ukazatelem pro řízení vody v krajině a plánování vodního hospodářství. Jde o model, který bere v potaz veškeré přírodní a lidské procesy, které ovlivňují množství a kvalitu vody v obci. Jedná se o srovnání přírůstků a úbytku vody s ohledem na její kvalitu. V současné době se jedná o velmi důležitou součást vodohospodářského plánování a jde o hlavní prvek při správě vodních zdrojů. Nedostatek vody a její nerovnoměrné rozložení je problém, který rezonuje napříč světem a jeho zkoumání je zásadní při plánování rozvoje. Určení vodohospodářské bilance obce slouží pro určení množství a kvality v dané oblasti a udává rámec pro hospodaření s vodními zdroji, které je v posledních letech stále náročnější z důvodu růstu počtu obyvatel, spotřebě vody v průmyslu a zemědělství, a především kvůli globálnímu oteplování. Jde tedy o komplexní nástroj, který slouží k měření a řízení vodních zdrojů a umožňuje vytvořit obrázek o situaci v oblasti a na jeho základě vytvářet plány pro udržitelné hospodaření s vodou v krajině. Správné řízení vodních zdrojů je klíčové pro ochranu přírodních zdrojů a lidského zdraví a pro udržení ekonomické stability a prosperity.

V první části práce, která je zaměřena na teoretický rámec, bude podrobněji popsána problematika hydrologické a vodohospodářské bilance a její význam pro udržitelné hospodaření s vodou. Dále budou představeny základní pojmy jako vodní stopa či hospodaření s dešťovou vodou, a nakonec bude představeno území, pro které bude průzkum vodních bilancí probíhat.

V druhé části práce budou prezentovány výsledky hydrologické a vodohospodářské bilance pro zvolené území. Zahrnuty budou také grafické a tabulkové přehledy bilancí pro jednotlivé měsíce a roky, což umožní posoudit vodohospodářskou situaci v oblasti v průběhu času. Na základě výsledků bilancí a dotazníkového šetření budou navržena opatření, která by mohla vést ke zlepšení hospodaření s vodou v obci i v domácnostech.

V závěru budou shrnuty výsledky a bude zhodnocena ekonomická a ekologická udržitelnost činností v obci.

1 Cíle

Hlavní cíl

Stanovit komplexní vodohospodářskou bilanci v obci Lesná.

Dílčí cíle

1. Stanovit hydrologickou bilanci povodí Lužního potoka
2. Zhodnotit využití a nakládání s vodou v sídle Lesná.
3. Navrhnout koncepci pro efektivnější hospodaření s vodou v domácnostech a v obci Lesná.

Hlavním cílem této práce je stanovit vodohospodářskou bilanci v sídle Lesná.

Mezi dílčí cíle patří stanovení hydrologické bilance dílčího povodí. Zkoumané povodí Lužního potoka se značnou částí nachází v obci Lesná. Dále bude na základě dotazníkového šetření zjištěno nakládání s vodou v domácnostech, na které naváže návrh opatření, která by mohla vést k udržitelnému využívání vodních zdrojů v obci.

2 Rozbor problematiky

2.1 Vodohospodářská bilance

Vodohospodářská bilance je chápána jako složka vodní bilance, jejímž účelem je porovnání požadavků na odběry povrchové a podzemní vody, včetně odběru přírodních léčivých a minerálních vod a vypouštění odpadních a důlních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hlediska množství a jakosti vody. To definuje zákon o vodách č. 150/2010 Sb., § 22. Výsledkem je informace o množství a jakosti vody a jejich soulad s požadavky na vodu a vodní zdroje, které slouží jako základ pro hospodaření s vodou (Šembera, 1979).

Šembera (1979) ve svém díle uvádí, že roku 1975 byl zaveden nový přístup, který přináší směrný vodohospodářský plán. V rámci tohoto plánu bylo zavedeno systematické zpracování vodohospodářské bilance a povinnost Ministerstva lesního a vodního hospodářství ji sestavovat. Bilance byla sestavována na základě celostátní metodiky, a byla v ní zohledněna kvantita i kvalita povrchových a podpovrchových vod.

Odebíraná voda je nejčastěji využívána pro zásobování obce pitnou vodou, v zemědělství, energetice, průmyslových odvětvích či službách. Takto odebraná voda musí splňovat požadavky na zdroje vody, kterými jsou požadavky na odběr povrchových a podzemních vod na zachování minimálních průtoků ve vodních tocích. Pro potřeby vodní bilance jsou odběratelé povinni dokládat množství odebrané vody, a to při množství převyšující 6 000 m³/rok nebo 500 m³/měsíc. Způsob a četnost měření je stanovena ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody. Zároveň se na odběry podzemní vody vztahuje povinnost platit za odebrané množství podzemní a povrchové vody podle ustanovení § 88 vodního zákona. Co se týče hodnocení jakosti podzemních a povrchových vod, je prováděno na základě porovnání hodnot zjištěných ukazatelů jakosti podzemních vod vypočtených z naměřených hodnot s limitními hodnotami ukazatelů jakosti podzemních vod dle ČSN 75 7221. Dle ustanovení § 10 vyhlášky o vodní bilanci se posuzuje hodnota ukazatelů: chloridy, sírany, amonné ionty, dusičnany, CHSK_{Mn}, měď, kadmium, olovo a pH (Balejová a kol., 2022). Jakost povrchové vody se provádí dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., a podle normy ČSN 75 7221. Hodnoceny jsou zejména ukazatele jakosti vody, kterými je ukazatel kyslíkového režimu, základní chemické a fyzikální ukazatele a biologické a

mikrobiologické ukazatele. Často bývají sledovány i doplňující chemické ukazatele, jako například celkový organický uhlík, chloridy, sírany, vápník, hořčík, železo, mangan a jiné. Ze získaných ukazatelů je vytvořen aritmetický průměr, medián, maximální a minimální hodnota a charakteristická hodnota. Dle výsledků jsou poté povrchové vody zařazeny do příslušných kategorií I-V, které určují jejich jakost (Rutová & Balejová, 2022). Další důležitou složkou vodohospodářské bilance je odtok či vypouštění vyčištěných odpadních vod zpět do vodního toku. Dle ustanovení § 21 odst. 2 písm. b) vodního zákona, v souladu s ustanovením § 22 téhož zákona jsou subjekty vypouštějící vodu v míře 6 000 m³/rok nebo 500 m³/měsíc povinni jednou ročně ohlašovat údaje o objemu vypouštěných vod a míru jejich znečištění. Zdroje znečištění lze rozdělit na zdroje evidované a bilancované (Balejová a kol., 2022). Na základě znalosti množství odběrů a vypouštění vody, lze provést porovnání což bude také jedním z cílů práce.

Rovnice vodohospodářské bilance slouží tedy k popisu vztahů mezi příjmy a výdaji vody na daném území a zároveň bere v potaz také její kvalitu. V této práci bude využita rovnice

$$\Delta S = H_S + H_{př.} - (H_O + H_{OD} + H_{ET})$$

kdy

H_S vyjadřují srážky, $H_{př.}$ je přírůstek vody z jiného území, H_O je odtok vody z území, H_{ET} je evapotranspirace H_{OD} značí odčerpanou vodu, která již není vrácena do území. Výsledkem je ΔS , který vyjadřuje změnu stavu vodní zásoby v sídle.

Rovnice vodohospodářské bilance zohledňuje množství přitékající vody na území, množství vody, které je možné získat z vodních zdrojů, a také odběr vody v různých sektorech a odtok vody z území. Tato rovnice bude využita k hodnocení stavu vodních zdrojů a ke stanovení plánů na úspornější a efektivnější využívání vodních zdrojů.

2.2 Hydrologická bilance

Hydrologická bilance je v současné době definována zákonem o vodách č. 150/2010 Sb., § 22, který uvádí, že hydrologická bilance spolu s vodohospodářskou bilancí tvoří vodní bilanci. Dle § 2 je hydrologická bilance definována jako „porovnání přírůstků a úbytků vody s vyhodnocením změn vodních zásob v povodí, v hydrogeologickém rajonu, v území nebo ve vodním útvaru za daný časový interval z hlediska množství a jakosti vody, které charakterizuje prostorové a časové rozdělení oběhu vody v přírodním prostředí“. O

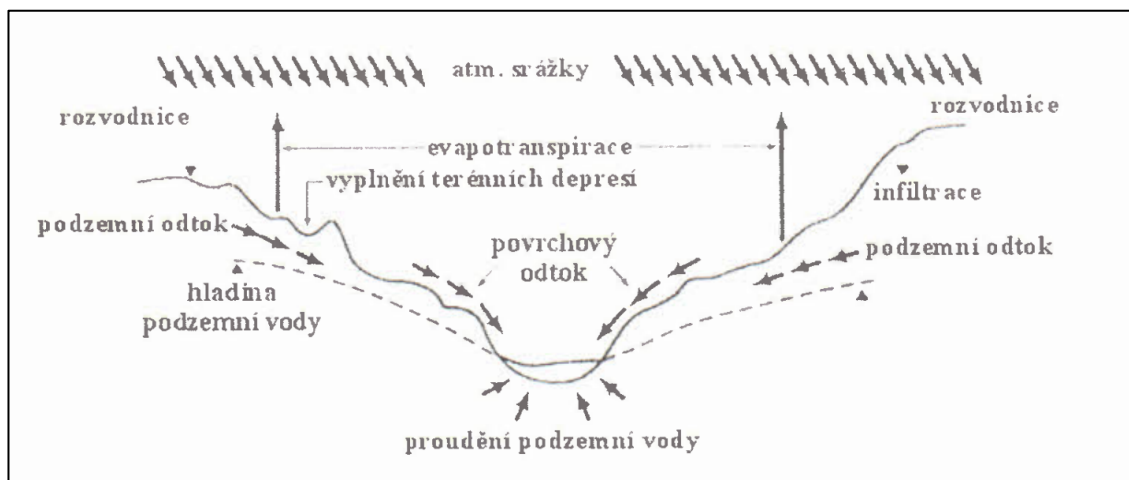
konkrétních podmínkách stanovení hydrologické bilance v České republice pojednává vyhláška č. 431/2001 Sb.

Šráček a Kuchovský (2003) ve svém díle uvádí, že hydrologická bilance vyjadřuje veškeré zdroje a ztráty vody v daném povodí, kdy je povodí chápáno jako uzavřená oblast. Nemusí se však jednat pouze o povodí, hydrologická bilance může být vypočtena i pro jiná území, například stát, okres, obec a podobně, ale nejčastěji je vypočtena právě pro povodí. Povodí je vymezeno fiktivní čarou, rozvodnicí, což je spojnice nejvyšších míst, vrcholů a hřebenů oddělující od sebe povodí. Rozvodnice mohou být orografické či hydrogeologické (Tyl, David, Beran, 2021).

Bilance je vždy vypočtena za určitou časovou periodu, například měsíc či rok. Často bývá hydrologická bilance zpracována pro hydrologickou událost, kterou je například povodeň. Nejčastěji je pro stanovení bilance využíván hydrologický rok, protože pro kratší časové úseky nebývá výpočet tolik přesný, dokonce je v některých případech nemožné stanovit či separovat určité členy bilance (Kemel, 1996). Jeden hydrologický rok je období 12 měsíců, v Evropě začíná 1. listopadu a končí 31. října následujícího kalendářního roku. Dle Šilara (1993) a Kemela (1996) je využívání tohoto časového intervalu vhodné z důvodu zahrnutí srážek v podobě sněhu, tyto srážky se tak dostanou do výpočtů za shodné bilanční období. Pro tvoření bilanční rovnice je také velmi důležitým poznatkem, že je velmi pravděpodobné, že na začátku a konci hydrologického roku jsou naměřeny velmi podobné hodnoty a díky tomu má zavedení tohoto hydrologického roku velký význam pro sestavení právě hydrologické bilanční rovnice.

Základy hydrologické bilance byly položeny již v roce 1983, kdy autor vycházel z teorie, že jediným zdrojem vody účastníci se hydrologického cyklu jsou srážky. Mezi novější autory zabývající se hydrologickou bilancí patří například Dingman (2014), který uvádí, že lze základní rovnici vyjádřit jako množství vody vstupující do území za určitý čas mínus množství vody, které území opustilo za stejný časový úsek.

Obrázek 1: Vstupní členy hydrologické bilance.



Zdroj: Šráček a Kuchovský (2003)

Základní rovnice hydrologické bilance vychází ze základní rovnice oběhu vody a lze ji vyjádřit jako:

$$H_S = H_O + H_{ET} \text{ (mm/rok)}$$

kde

H_S vyjadřuje roční úhrn srážek v mm, H_O vyjadřuje odtokovou výšku (mm/rok) a H_{ET} vyjadřuje evapotranspiraci (mm/rok). (Suda & Herber, 2003; Kemel, 1996; Langhammer, 2007; Švihla, 2001). Tuto základní rovnici ve svém díle více rozvinul Dingman (2014), rovnice je doplněna o přítok podzemní vody a odtok podpovrchové vody. Tato rovnice má tvar:

$$\Delta S = H_S + H_{\text{pod.}} - (H_O + H_{ET} + H_{\text{pod.odtok}}) \text{ (mm/rok)}$$

kdy

H_S vyjadřují srážky, $H_{\text{pod.}}$ je přítok podzemní vody, H_O je odtok, H_{ET} je evapotranspirace a $H_{\text{pod.odtok}}$ je podpovrchový odtok, výsledkem je tedy ΔS , který označuje změnu stavu vodní zásoby. Podobnou rovnici využívají Šráček a Kuchovský (2003), kteří uvádí, že hlavním vstupem do povodí jsou srážky, které mohou být dešťové a sněhové. Výstupů je v povodí hned několik, základními jsou infiltrace a povrchový odtok. Povrchový odtok je dále rozdělena na podzemní a hypodermický odtok. Dalším výstupem z povodí je evaporace a transpirace, která se často označuje souhrnným názvem evapotranspirace. Při výpočtu hydrologické rovnice je zanedbána změna zásob vody, respektive se rovná nule, a zjednodušená rovnice je tedy:

$$H_S = H_{ET} + H_{PO} + H_I \text{ (mm/rok)}$$

kdy

H_S jsou srážky, ET je evapotranspirace, H_{PO} je povrchový odtok a písmeno H_I označuje v rovnici infiltraci. Infiltrace může být dále rozdělena na doplňování podzemní vody a hypodermický odtok (Šráček & Kuchovský, 2003). Podrobnější rovnici má ve svém díle Šilar (1996), který uvažuje se změnou objemu úbytku a přírůstkem jak povrchové, tak podpovrchové vody, rovnici tedy upravil do tvaru:

$$\pm \Delta V = P_s + P_{pv} + P_{pz} + P_{pr} - O_{ev} - O_{pv} - O_{pz} \text{ (mm/rok)}$$

kde

písmena P značí přírůstek vody, P_s jsou srážky, P_{pv} značí povrchový přítok, P_{pz} je podzemní přítok a P_{pr} vyjadřuje přírůstek vody z jiného území, za určité území. Písmena O vyjadřují výstupy z povodí, konkrétně O_{ev} vyjadřuje evapotranspiraci, O_{pv} je povrchový odtok O_{pz} vyjadřuje podzemní odtok.

Výsledná bilance je tedy vypočtena na základě středních hodnot členů z rovnice, které jsou výsledkem aritmetických průměrů. V případě, že nenastanou extrémní situace, jako jsou například povodně, měla by být bilance vyrovnaná, a změna stavu zásob vody rovna nule.

Hydrologická bilance stanovená pro malé povodí lze také definovat jako:

$$H_S = H_O + H_{ET} + H_{DW} \text{ (mm za zvolené období)}$$

kde

H_S je úhrn srážek, H_O je celková odtoková výška, H_{ET} výška územního výparu, který se skládá z evapotranspirace a intercepce, a nakonec H_{DW} označuje změnu zásob vody v povodí (Švihla, 2001).

Jednotlivé členy rovnice lze stanovit různými metodami, které ve svém díle uvádí Šilar (1996). Srážky lze získat ze srážkoměrných stanic či z vlastních měření. Přirozený průtok a odtok lze měřit běžnými metodami měření průtoků, podzemní přítok a odtok bývá často neznámý, a tak bývá vypočten z rovnice. Evapotranspirace bývá často také neznámá, respektive její měření není prováděno v každém povodí, a tak bývá často dopočtena (nejčastěji z průměrných teplot). V případě, že není možné evapotranspiraci dopočítat, lze ji nahradit hodnotou z tabulek pro analogické přírodní poměry. Poslední člen

hydrologické bilance je objem podzemní vody. Tento člen lze vypočítat ze změn hladiny podzemní vody a poměrného objemu gravitační vody v hornině, pokud však počítáme hydrologickou bilanci za hydrologický rok, lze tento výpočet zanedbat, protože uvažujeme, že je vyrovnaný a jeho hodnota se tedy rovná nule (Šilar, 1996).

2.2.1 Srážky

Atmosférické srážky jsou vodní částice vzniklé kondenzací či sublimací vodní páry v ovzduší. Dělíme je na srážky horizontální a vertikální. Horizontální srážky vznikají na zemském povrchu ve formě rosy, mlhy, jinovatky a podobně. Pro hydrologickou bilanci jsou však tyto srážky zanedbatelné z důvodu jejich malého množství ve srovnání s vertikálními srážkami. Vertikální srážky, někdy nazývané také atmosférické, vznikají ve volné atmosféře a na zemský povrch dopadají ve formě deště, sněhu, krup, krupek či zmrzlého deště (Tlapák, Šálek & Legát, 1992). Podle skupenství můžeme srážky dělit na kapalné a tuhé. Mezi nejčastější kapalné srážky patří déšť. U něj sledujeme několik základních charakteristik, a to jeho vydatnost, dobu trvání, plochu zásahu a pravděpodobnost výskytu. Nejdůležitější je však vydatnost a délka trvání, ze které se dále počítá intenzita, která je úzce spjata s odtokovým procesem. (Tlapák, Šálek & Legát, 1992).

Srážky jsou vyjádřeny jako množství vodního sloupce. Výška srážek je udávána v milimetrech a jde současně o množství, které spadlo na 1 m^2 zemského povrchu. Výšku srážek měříme srážkoměrem, popřípadě zapisujícím dešťoměrem (ombrograf) či totalizátorem (Kemel, 1996). Měření probíhá v síti srážkoměrných stanic, které u nás v České republice buduje a spravuje Český hydrometeorologický ústav. Český hydrometeorologický ústav (n. d.) na svých stránkách uvádí, že k roku 2011 se v České republice nacházelo 802 stanic, z nichž je 38 profesionálních, 179 dobrovolnických, která podávají rozsáhlá klimatologická data, a 559 dobrovolnických, která však podávají jen základní data o úhrnu srážek a vlastnostech sněhové pokrývky. Dále také spravují 26 totalizátorů, které jsou umístěny v horských oblastech s obtížným přístupem.

Výška sněhové pokrývky je nejčastěji udávána v centimetrech a je měřena sněhoměrnou latí. Lat' je umístěna na místo, na kterém nebude výška sněhové pokrývky ovlivněna větrem. Při tomto měření se každý den zapisuje starý a nový sníh. Vzhledem k tomu, že nejde o příliš přesný údaj, zavádí se pojem vodní hodnota sněhu. Jde o údaj, který vzniká

poměrem výšky vodního sloupce, který vznikl roztáním sněhu, k výšce sněhu před roztáním (Šilar, 1996).

2.2.2 Evapotranspirace

Evapotranspirace se skládá z výparu (evaporace), transpirace a sublimace. Velké množství vody, které spadne na zemský povrch jakožto srážky, se vrátí zpět do ovzduší. Zang a kol. (2012) ve svém díle uvádí, že se do atmosféry odhadem vrátí více než 60 % srážek. Evapotranspirace je ovlivněna několika činiteli, jako sluneční záření, množství srážek, rychlostí větru či vegetačním pokryvem. Nejvýznamnějším činitelem při tomto procesu je sluneční záření, které přemění vodu, respektive její kapalnou skupenství, na skupenství plynné. Tento jev nazýváme výpar. Obdobně je tomu u sublimace, jediný rozdíl je, že je v tomto případě přeměněno pevné skupenství (led, sníh), aniž by se nejprve přeměnilo v kapalnou. Posledním činitelem evapotranspirace je transpirace, při které je voda do ovzduší uvolňována rostlinami. Vzhledem k tomu, že výpar a transpiraci od sebe nelze v reálném případě oddělit, bývá označována souhrnným názvem evapotranspirace (Šilar, 1996).

Evapotranspirace se dále dělí na skutečnou a potenciální. Skutečná evapotranspirace nastává v přírodních podmínkách a je určena skutečným výparem a transpirací, voda tedy není dále doplňována může se odpařit jen její omezené množství. V případě potenciální evapotranspirace je tomu jinak. Nastává ve chvíli, kdy je k dispozici neomezené množství vody (zavlažování pozemků, pokusná zařízení) (Šilar, 1996). Dle Šráček a Kuchovský (2003) k tomu dochází i v přirozených podmínkách, a to nejčastěji na jaře a na podzim, kdy je hodnota potenciální evapotranspirace nízká a množství srážek vysoké.

Evapotranspiraci lze zjistit dvěma způsoby, buď ji lze vypočítat z rovnice hydrologické bilance, nebo ji lze změřit pomocí lysimetru. Zjednodušeně řečeno, lysimetr je nádoba nebo skříň naplněná hlínou a jsou v ní zasazeny určité rostliny. Celý tento přístroj je umístěn na váze, a díky tomu lze zjistit množství, pohyb vody, ze kterého lze dále vypočítat evapotranspiraci (Šráček & Kuchovský, 2003). V případě oblastí, ve kterých nejsou přístroje měřící evapotranspiraci, ji lze také určit pomocí nejrůznějších empirických vzorců jako například Thornthwaitův, Penmannův, Turcův, Papadakisův a mnoho dalších (Litschmann, 2005). Nejčastěji používanou metodou je výpočet potenciální evapotranspirace podle Thornthwaita, který vychází z průměrné měsíční

teploty vzduchu. Tuto rovnici ve svém díle uvádí například Šráček a Kuchovský (2003) a má tvar:

$$PET = 16,2 \times \left(\frac{10 \times T_{ai}}{I}\right)^a \times F(\lambda) \text{ [mm/měsíc]}$$

kde

Tai je průměrná měsíční teplota vzduchu, I je roční termický index, který lze vypočítat

jako: $I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_{ai}}{5}\right)^{1,5}$, $F(\lambda)$ je korekční koeficient, který vychází ze zeměpisné šířky a

měsíce v roce (viz. obr. 2) a nakonec proměnná a je koeficient vypočtený jako:

$$a = 0,49239 + 0,0179 \times I - 0,0000771 \times I^2 + 0,000000675 \times I^3.$$

Obrázek 2: Hodnoty korekčního koeficientu.

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70

Zdroj: Šráček a Kuchovský (2003).

Hlavní nevýhodou této rovnice je nepřesnost v měsících, kdy se hodnota přibližuje nule a potenciální evapotranspirace vychází také jako nulová. Proto byla tato rovnice upravena do vztahu:

$$PET = 0,17 \times \frac{n_{max}}{12} \times T_m \text{ [mm/den]}$$

kde

n_{\max} je astronomicky možná délka slunečního svitu [hod] a T_m je průměrná denní teplota vzduchu [°C].

Tímto vzorcem lze tedy vypočítat potenciální evapotranspiraci pro jednotlivé dny. Nulová evapotranspirace vyjde až v případě záporné teploty vzduchu (Litschmann, 2005).

Dub, Němec a kol. (1996) ve svém díle zmiňují Penmanův vzorec, který určuje evapotranspiraci na základě výpočtu výparu z volné hladiny mělké nádrže. Tento vzorec je:

$$Hv(d) = \frac{H_0\Delta + \gamma E_a}{\Delta + \gamma} \text{ [mm/den]}$$

kde

H_0 je čistý příjem energie záření [mm/den], γ je psychrometrická konstanta [kPa. /°C], $E_a = 0,35(0,5 + 0,54 u^2)(e_a - e_d)$ [mm/den], kde u^2 vyjadřuje rychlost větru ve výšce 2 m [m/s], e_a je napětí nasycených vodních par při teplotě vzduchu (ve výšce 2 m) a e_d je napětí nasycených vodních par při rosném bodu, dále Δ je vypočtena jako $\Delta = \frac{de_a}{dta}$ a jde o gradient křivky, vyjadřující vztah mezi napětím nasycených vodních par a teplotou vzduchu. Z této rovnice se poté stanoví potenciální evapotranspirace, a to vynásobením hodnoty $H_{v(d)}$ redukčním koeficientem, který je 0,7 v měsících březen, duben, září a říjen, od května do srpna je hodnota 0,8 (Dub, Němec a kol., 1996). Dalším vzorcem, který ve svém díle uvádí Dub a kol. (1996) je Turcův vzorec, který je ve tvaru:

$$He(dk) = \frac{Hs(dk) + a + V}{\sqrt{1 + \left(\frac{Hs(dk) + a}{i} + \frac{V}{2i}\right)^2}}$$

kde

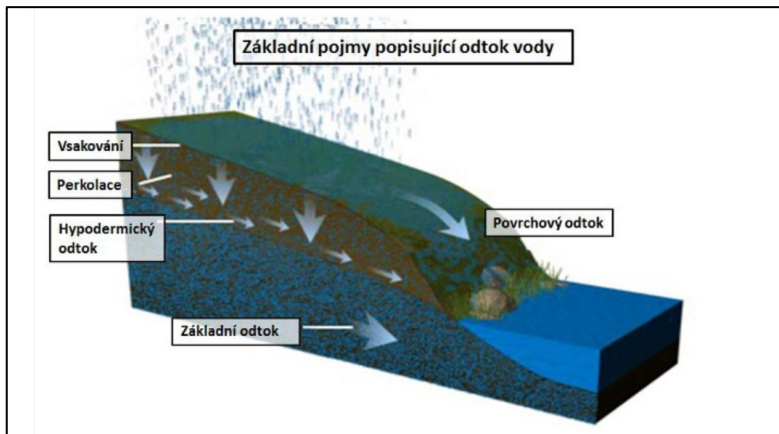
$H_{s(dk)}$ jsou srážky, a vypočtený jako: $a = 35 - \sigma$ je zdroj půdní vláhy, kde σ vyjadřuje deficit půdní vlhkosti na začátku dekády, i vypočteme jako $i = 1/16(T+2)\sqrt{R}$, kde R vyjadřuje průměrnou dopadající záři, T je průměrná teplota vzduchu a nakonec V vyjadřuje teplotu rosného bodu.

Všechny zmíněné vzorce jsou tedy k výpočtu potenciální evapotranspirace. Ve práci bude použit vzorec pro výpočet potenciální evapotranspirace podle Thornthwaita ve tvaru, který ve svém díle uvádí Šráček a Kuchovský (2003).

2.2.3 Odtok

Celkový odtok je hlavním výstupem vody z povodí. Dělíme ho na základní, hypodermický a nasycený povrchový odtok (viz obr. 3).

Obrázek 3: *Jednotlivé složky odtoku.*



Zdroj: Český hydrometeorologický ústav, 2010

V rámci hydrologické bilance bývá celkový odtok dělen pouze na základní (podzemní) a přímý. Základní odtok je tvořen dotací z podzemních vod a jeho měření není přímo možné, proto se k jeho určení používají nejrůznější metody, jako například metoda separace hydrogramu, metoda stanovení podzemního odtoku na základě nejnižších průtoků v povrchových tocích, Castanyho metoda, při které se základní odtok zjišťuje na základě minimálních měsíčních průtoků, metoda Kliner-Kněžkova a mnoho dalších. Často tedy bývá odtok zjišťován na základě známých průtoků z období sucha, kdy se předpokládá, že je tok dotován především podzemní vodou (Kulhavý & Kovář, 2000).

Povrchový odtok vzniká v důsledku překročení schopnosti krajiny pojmout vodu ze srážek. Často je označován jako přímý odtok a dělíme ho dle způsobu vzniku. První vzniká v tenkých plošných vrstvách na málo propustných plochách, které mohou patřit k infiltračním i aluviálním (plocha nasycená vodou) částem povodí. Jde o jev, kdy intenzita deště překročí infiltrační kapacitu půdy. Tento způsob se nazývá, podle jeho autora, jako hortonovský povrchový odtok (Kulhavý & Kovář, 2000).

Povrchový odtok vychází především z hydrologických měření, které se provádí v hydrologických stanicích. Základní měření, prováděná v těchto stanicích, jsou měření průtoků vody a vodních stavů. Některé stanice jsou však vybaveny přístroji na měření teploty a množství unášených splavenin. Stanice jsou nejčastěji umístovány nad vtokem řeky do přehrady nebo naopak pod odtokem z nádrže. Dále jsou umístovány do mostních

profilů (z důvodu měření průtoku za vysokých stavů řeky) či do míst, kde je potřeba tok pozorovat z důvodu bezpečnosti osob či staveb. Umístění takové stanice musí také splňovat některé náležitosti, jako například zvolení vhodného profilu. Stanice by měla být umístěna na rovném úseku se stálým spádem (Šilar, 1996).

Zjišťování průtoku je velmi důležité pro mnoho oborů. V případě této práce, je velmi důležitý pro určení hydrologické bilance vybraného povodí. Průtoky lze měřit dvěma způsoby, a to přímo (množství vody vtékající do nádoby určitého objemu za určitý čas) a nepřímo (pomocí plováku, vodoměrnou vrtulí, pomocí roztoků, paprsku, venturimetrem či odvozením z průtočného profilu) (Šilar, 1996).

2.2.4 Infiltrace

Infiltrace, jinými slovy vsakování, velmi ovlivňuje vodní režim půdy, intenzitu povrchového odtoku a zásoby podpovrchové vody. Každá půda má omezenou infiltrační kapacitu, která se vypočítá jako množství vody infiltrované za určitý čas a je udávána v milimetrech za minutu. Z počátku je vsakování velmi rychlé, až do určité chvíle, kdy začíná být konstantní. Velice zjednodušeně, vsakující voda před sebou sune uzavřený vzduch a ve chvíli, kdy vzduch nemá možnost unikát, sníží se rychlost vsaku. Vliv stlačeného vzduchu se však liší i u různých typů půdy, více se projevuje na půdě s nestrukturálním povrchem než na půdě strukturální. Dále je rychlost infiltrace ovlivněna hloubkou provlhčení. Je to z toho důvodu, že vlhkost roste s časem, a tak se rychlost vsakování s časem snižuje (Kutílek, 1963).

Pro výpočet se nejčastěji používá rovnice odvozená z rovnice hydrologické bilance, tedy:

$$H_I = H_S - H_{ET} - H_{PO}$$

kdy

H_S jsou srážky, H_{ET} je evapotranspirace a H_{PO} je povrchový odtok. Tato rovnice může být dále ještě doplněna o podzemní vodu a hypodermický odtok. V tomto případě by tedy rovnice pro výpočet infiltrace vypadala takto: $H_I = H_{pod. odtok} + H_{HO}$, kdy tedy $H_{pod. odtok}$ je odtok podzemní vody a H_{HO} je hypodermický odtok. Hodnoty jednotlivých členů jsou pro výpočty v rozsahu povodí převáděny na m^3 (Šráček & Kuchovský, 2003). Přestože se jedná o důležitý činitel, který ovlivňuje hydrologický cyklus, v rámci povodí je infiltrace složitě získatelná a nelze zcela přesně určit, zdali se infiltrovaná voda vypaří, či

se stane součástí podzemního odtoku. Z toho důvodu nebude v této práci s infiltrací počítáno.

2.3 Hospodaření s dešťovou vodou

Voda je nenahraditelný přírodní zdroj, který zasahuje do všech oblastí života. Vyskytuje se v různých skupenstvích a má různé vlastnosti. Aby byl stav vody v přírodě vyrovnaný, dochází v přírodě k velkému a malému koloběhu.

Ve velkém koloběhu vody dochází k výměně vody mezi pevninou a oceány. Dochází k výparu vody z pevniny, který je následně pomocí vzduchových hmot přenesen na pevninu, kde spadne ve formě srážek, které jsou poté prostřednictvím řek odváděny zpět do oceánu. Malý koloběh představuje uzavřený oběh vody v rámci oceánu anebo části pevniny. Právě malý koloběh je pro tuto práci důležitější, protože ho do značné míry může člověk ovlivnit, například způsobem využívání krajiny, intenzitou zemědělství, či množstvím zastavěných ploch. V šedesátých a sedmdesátých letech minulého století byla voda z území velkoplošně odváděna pomocí hydromeliorací. V dnešní době se usiluje o návrat k původnímu vzhledu a zastavení nadměrného odvodňování půdy (Salzmann, 2019). Nejen kvůli tomu všemu je velmi důležité, jakým způsobem budeme hospodařit s dešťovou vodou. Je důležité ji správně využívat a zajistit, aby nebyla zbytečně odváděna z krajiny.

Základní princip při hospodaření s dešťovou vodou v sídlech je napodobení či přiblížení se přirozenému vodnímu cyklu. V člověkem nedotčené přírodě dochází k velkému výparu srážkové vody zpět do atmosféry, značná část vody se vsákne do půdy a pouze malá část odteče povrchově. V případě dotčené, respektive urbanizované, krajiny je tomu jinak, a dochází k výraznému narušení tohoto cyklu. Většina srážkové vody v tomto případě odteče po povrchu. Konvenční odvodnění představuje napojení na kanalizaci a odtok srážkových vod kanalizací. Tento způsob odvodnění je z hlediska hospodaření s dešťovými vodami zcela nevhodný a neztotožňuje se se základními pravidly, která zahrnují redukci a transformaci srážkové vody přímo v místě dopadu srážek a zamezení míchání srážkové vody se splaškovými. Tím pádem je zanedbáno základní pravidlo při hospodaření se srážkovými vodami a zachování přirozené bilance. To znamená, že by ze zastavěné parcely mělo odtéct stejné množství vody, které by oteklo přirozeně (Vítek a kol., 2015, Salzmann, 2019). Novým způsobem je tedy decentrální koncepce odvodnění, ve světě je tento koncept zmiňován od 70. let 20. století, pro každý stát, region či jiné

územní jednotky se název liší, avšak jedno mají všechny společné, snaží se eliminovat odtok srážkových vod z území a tím zamezit klimatickým změnám, které se projevují záplavami a následným znečišťováním vodních toků.

Požadavky na nakládání s dešťovou vodou řeší primárně zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, a požadavky na stavby jsou regulovány zákonem č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) a jeho prováděcími předpisy, Zejména vyhláška 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území a vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2019).

2.3.1 Konvenční způsob odvádění dešťové vody

Jak bylo zmiňováno, jde o způsob, při kterém je dešťová voda co nejrychlejším způsobem odváděna do recipientu, kterým je buď kanalizace nebo vodní tok. Hlavním nedostatkem této metody je vnímání dešťové vody jako problému, kterého je potřeba se co nejrychleji zbavit. Kvůli tomu má velké množství měst a obcí jednotný kanalizační systém, který současně odvádí dešťovou i splaškovou vodu. Pro případ přívalových dešťů je kanalizace opatřena oddělovači, které část vody rovnou odvedou do vodního toku. Aby se snížila zátěž na vodoteče, začaly se také do míst mezi kanalizací a vodními toky osazovat retenční nádrže, které mají za úkol snížit počet přepadů do recipientu. Tento systém je však finančně nákladný, ať už z hlediska samotné výstavby nebo z hlediska výkupu pozemku, které jsou potřeba k výstavbě (Vítek a kol., 2015; Vykydal, 2017).

Konvenční způsob lze tedy využít jen v případě menší zastavěnosti území, tedy v případě menších měst a obcí. Vzhledem k tomu, že tento systém vnímá dešťovou vodu jako překážku, je v dnešní době považován za zastaralý a neperspektivní. Abychom tedy předešli negativním důsledkům, dosud špatného hospodaření s dešťovou vodou, musíme přejít od centrálního odvádění srážkových vod k decentrálnímu hospodaření s nimi (Vítek a kol., 2015).

2.3.2 Decentrální koncepce hospodaření s dešťovou vodou

Jedná se o přírodě blízký koncept, pro který se u nás používá označení Hospodaření s dešťovou vodou, často také ve zkratce HDV. Jde především o způsob odvodnění urbanizovaného území způsobem, který napodobuje přirozený režim. Využívá se tedy objektů, které srážkovou vodu zadržují, vsakují, či čistí. Tento koncept se snaží o primární

hospodaření se srážkovou vodou přímo v zástavbě, na parcelách, což je hlavní odlišnost od konvenčního způsobu.

Dle Vítek a kol. (2015) jsou základními technickými nástroji objekty, které podporují přirozený oběh vody a zároveň tyto techniky a nástroje eliminují intenzitu odtoků srážkových vod ze zpevněných ploch při přívalových deštích. Objekty a zařízení HDV tedy přispívají ke snížení zátěže v případě kanalizací a mají vliv na celkovém počtu přeпадů z dešťové kanalizace, což zmírňuje hydraulické a látkové zatížení. Tyto objekty můžeme rozdělit na decentrální a centrální. Decentrální jsou zaměřeny na hospodaření s dešťovou vodou přímo na pozemku stavby, např. pomocí vegetační střechy nebo akumulace a využívání srážkové vody. Centrální jsou určena pro více staveb a jsou aplikována až na konci řetězce. Tyto dva přístupy jsou však používány současně, respektive centrální objekty a zařízení jsou zařazena za decentrální.

2.3.3 Opatření při hospodaření s dešťovou vodou

Jak bylo již zmíněno, existuje velké množství opatření, skrz která lze zadržovat či efektivně využívat srážkovou vodu. Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu popisuje mnoho opatření, která lze využít při hospodaření s dešťovou vodou v sídlech. Základními jsou propustné plochy, mezi které patří stěrkové a mlatové plochy, trávníky, keře, stromy, záhony a mnoho dalších. Další kategorií jsou retenční nádrže či umělé mokřady, které slouží k zadržení srážkové vody (Voda ve městě, 2021). Obdobné rozdělení používá ve svém článku Nehasil (2015), který zmiňuje několik opatření, která lze využít. První z nich jsou pasivní opatření, která zahrnují propustné povrchy a vegetační střechy. V případě propustných ploch bychom měli využívat více propustného materiálu. Místo klasického betonu či zámkové dlažby je možné zvolit vegetační tvárnice, kterými by prorůstala tráva, a díky tomu by nedocházelo tak velkému výhřevu okolí a zároveň by voda prosakovala do trávy. V případě vegetačních střeš jde opět o minimalizování odtoku vody a snižují tepelný ostrov města. V posledních letech se vegetační pokryvy dostaly do povědomí lidí a začínají být hojně využívány. Nejčastěji bývají umísťovány na ploché střechy, avšak lze zavést i v případě šikmých střeš, kde se musí více dbát na ukotvení substrátu (Voda ve městě, 2021). Například v Praze se nachází budova Drn, která je hojně osazena truhlíky a okrasnými travinami a na střeše budovy jsou platany doplněné o mykorhizu (houba), která stromům dodává živiny a napomáhá

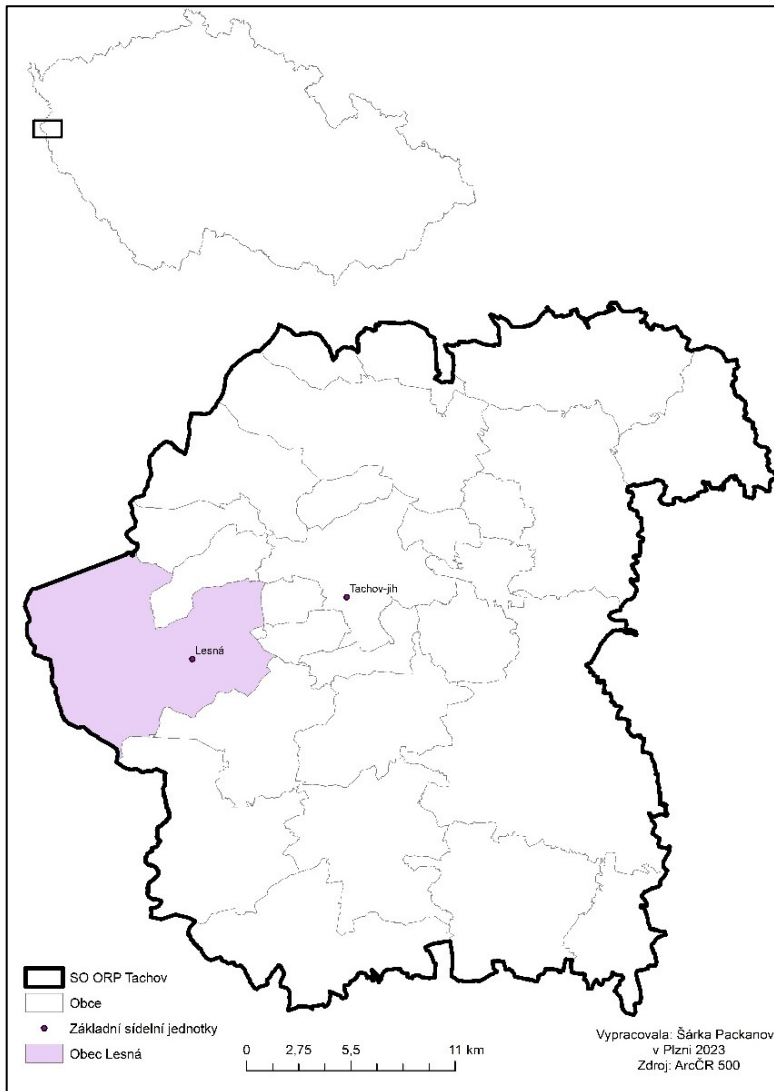
lepšímu vsakování vody (Králová, 2022). Obecně by měly být zelené střechy využívány především v případě větších areálů, jako jsou okrajové průmyslové zóny měst.

Dalším způsobem je zadržování, které je společně se zasakováním základním způsobem hospodaření s vodou. Nádrže jsou vystaveny ve chvíli, kdy má půda nedostatečnou vsakovací kapacitu, nebo nelze zasakovat z bezpečnostních či ekologických důvodů. Takové nádrže mohou být povrchové, podzemní či uvnitř budov (Žabička, & Vrána, 2011, Salzmann, 2019). Zadržovaná voda je buďto regulovaně vypouštěna do vodního toku, nebo, jako v případě nemovitostí, může být znovu využita. Nejčastěji bývá dešťová voda využita k zalévání zahrady, splachování toalety, praní prádla, mytí auta a další možnosti. V případě zavlažování jde o poměrně jednoduchý proces a není potřeba větších úprav, avšak co se týče využívání vody v domácnostech, je zapotřebí značných úprav, a to zakoupení retenční nádrže a případně i domácí vodárny. V případě nové stavby je vybudování takové nádrže snadné (je potřeba pouze územní souhlas). V případě stávající stavby je pořízení takové nádrže obtížnější. Je potřeba mít oddělené rozvody pitné a srážkové vody, což je velký zásah, a tento proces je i finančně náročný (Žabička, & Vrána, 2011, Kraus, 2021).

3 Vstupní charakteristika území

Obec Lesná se nachází na západě České republiky přibližně 11 km jihozápadně od okresního města Tachov a přibližně 7 km od německých hranic (viz obrázek 4).

Obrázek 4: *Obec Lesná v rámci SO ORP Tachov.*



Nejvyšším bodem obce je, se svou nadmořskou výškou 894 m, vrchol Havran, který se nachází na západě obce v blízkosti hranice s Německem. Obec se dělí na čtyři části, konkrétně na Háje, Písařova Vesce, Stará Knížecí Hut' a Lesná. Katastrálních území je v obci osm, a to katastrální území Bažantov, Česká Ves u Lesné, Jedlina, Lesná u Tachova, Pavlův Studenec 1, Písařova Vesce, Stará Knížecí Hut' a Zahájí u Lesné (Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2022). V tabulce 1 jsou zpracovány nadmořské výšky konkrétních katastrálních území a jejich celkové převýšení.

Tabulka 1: Nadmořské výšky katastrálních území obce Lesná.

Katastrální území	Max. m n. m.	Min. m n. m.	Převýšení (m)
Písařova Vesce	699,69	557,15	142,54
Lesná u Tachova	762,93	584,59	178,34
Bažantov	743,36	569,69	173,67
Česká Ves u Lesné	772,58	610,07	162,51
Pavlův Studenec 1	894,31	657	237,31
Stará Knížecí Huť	763,99	657,59	106,4
Zahájí u Lesné	729,31	606,66	122,65
Jedlina	772,78	571,33	201,45
Území obce Lesná	894,31	557,15	337,16

Zdroj: Český úřad zeměměřičský a katastrální (n.d.), vlastní zpracování

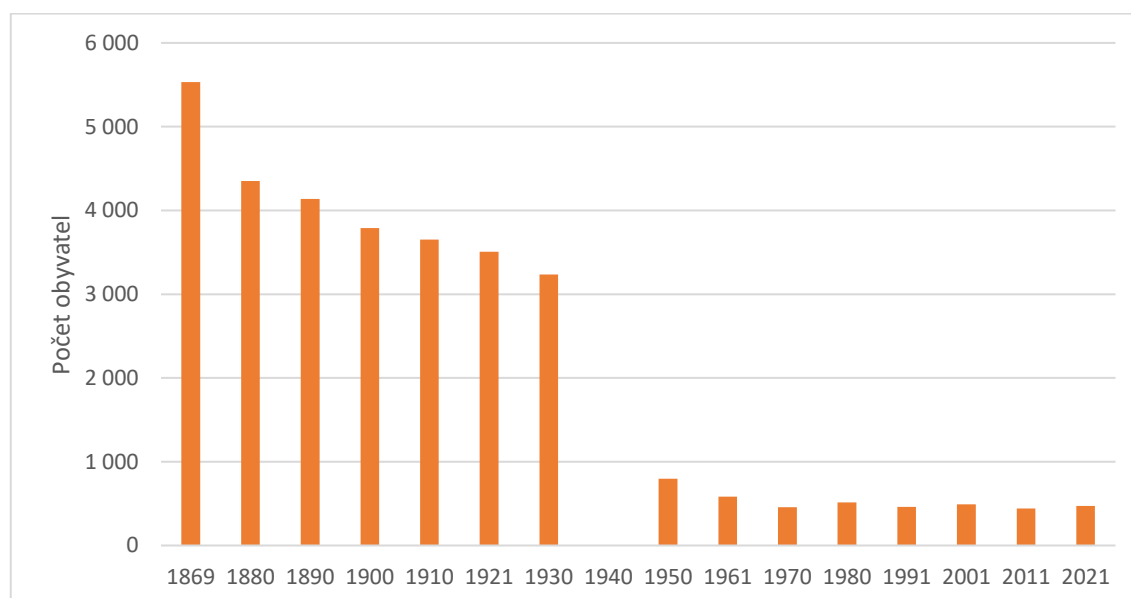
Základním celkem je zde Českoleská podsoustava, do které spadá Český les. Dalším celkem, do kterého obec spadá, je Kateřinská kotlina a Přimdský les, který je poté dále rozdělen na Havranskou vrchovinu, Rozvadovskou pahorkatinu a Plešiveckou vrchovinu (Český úřad zeměměřičský a katastrální, n.d.).

Klimaticky obec spadá do tří skupin. První je část obce, která je součástí CHKO Český les. Pro tuto oblast je charakteristické krátké, chladné, vlhké léto, mírné chladné jaro, mírný podzim a dlouhá chladná zima s průměrnými ročními teplotami pod 5 °C a s ročním úhrnem 800 mm. Oblast sídla Lesná se nachází v mírně chladném regionu. Nejteplejší oblastí je severozápadní část katastrálního území Písařova Vesce, která spadá do mírně teplého regionu (Územní plán Lesná, 2017).

Co se týče půd, jsou v obci hojně zastoupeny dystrické kambizemě. Dále jsou v obci hojně zastoupeny podzoly, rezité půdy a gleje. Ve vyšších nadmořských výškách se tedy vyskytují podzolové půdy, které vznikají na kyselých horninách (Česká geologická služba, 2012). Propustnost těchto půd v horských podmínkách je pouze mírně snížená (Kutílek, 1963). V nižších nadmořských výškách jsou charakteristické gleje a rašelinné gleje.

Historicky se počet obyvatel v obci v průběhu desetiletí velice měnil. Nejvíce obyvatel se v obci nacházelo v roce 1869, kdy na jejím území žilo kolem 5 500 obyvatel, svého času byla obec dokonce považována za městečko (Baxa a kol., 2008). Úbytek obyvatel můžeme pozorovat již od roku 1869, důvodem úbytku mohla být nedostatečná pracovní nabídka, protože dřívějšími obyvateli byli dřevorubci, zemědělci a lidé, kteří pracovali ve sklárnách. Velký a velmi významný úbytek nastal po druhé světové válce, kdy byli v poklidu odsunuti téměř všichni němečtí obyvatelé. Do opuštěných domů se poté nastěhovali lidé ze Slovenska, Ukrajiny či Rumunska (Fatková a kol, 2014). Nejdříve doosidlování probíhalo v obcích Jedlina, Háje, Stará Knížecí Huť, avšak kvůli zřízení železné opony byli obyvatelé donuceni se vystěhovat, především tedy ze sídla Jedlina, která byla celá srovnána se zemí.

Graf 1: Vývoj počtu obyvatel v obci Lesná mezi roky 1869–2021.



Zdroj: Český statistický úřad (2015), vlastní zpracování

S vývojem počtu obyvatel koreluje také počet domů nacházejících se v obci. Počet domů ve všech sídlech v obci Lesná se postupně snižuje. Opět se zde projevuje konec druhé světové války (viz graf 1), vysídlování německého obyvatelstva a vybudování hraničního pásma. Největší změna v počtu domů je u Staré Knížecí Huti, kde je úbytek rapidní. U Lesné a Písařově Vesce nastal mírný nárůst počtu domů, a i do budoucna mají tyto dvě sídla rozvojový potenciál. Zástavba je stabilizovaná a zároveň má předpoklady pro rozvoj podél jižního prstence zastavěného území sídla Lesná. V posledních letech (viz tabulka 2) počet obyvatel v obci mírně stoupá, lze předpokládat, že se obyvatelé stěhují do sídla Lesná, z důvodu větší občanské vybavenosti.

Tabulka 2: Pohyb obyvatelstva v obci Lesná za roky 2019, 2020 a 2021.

Rok	Živě narození	Zemřelí	Přirozený přírůstek	Přistěhovalí	Vystěhovalí	Migrační saldo
2021	2	2	0	19	13	6
2020	5	4	1	19	14	5
2019	6	6	0	8	7	1

Zdroj: Český statistický úřad (2023), vlastní zpracování

3.1 Využívání krajiny

V rámci výpočtu hydrologické bilance je velmi důležité vědět, jak je obhospodařována krajina. Znalost tohoto údaje je důležitá například pro pochopení procesu infiltrace či evapotranspirace.

Tabulka 3: Využití krajiny v obci Lesná za roky 2020 a 2021.

Využití půdy (ha)	2020	2021
Zemědělská půda	1 758,93	1 759,47
Orná půda	232,16	232,15
Zahrada	11,66	11,66
Trvalý travní porost	1 515,11	1 515,66
Nezemědělská půda	6 670,32	6 669,76
Lesní pozemek	6 370,42	6 370,18
Vodní plocha	33,97	34,10
Zastavěná plocha a nádvoří	12,83	12,95
Ostatní plocha	253,09	252,54
Celková výměra	8 429,25	8 429,24

Zdroj: Český statistický úřad (2023), vlastní zpracování

Celková rozloha obce Lesná je 8 429 ha a z toho 6 670 ha je vedeno jako lesní pozemek, to znamená, že téměř 80 % z celkové plochy obce je tvořeno lesy. Lesy jsou převážně jehličnaté, smrkové a spadají do chráněné krajinné oblasti Český les. Z tabulky 3 můžeme

vidět, že se v obci vyskytuje velká plocha trvale travního porostu, který je využíván jako pastvina pro dobytek, za co nejspíše může fakt, že se podle BPEJ jedná o produkčně nevýznamnou půdu (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2019).

3.2 Vodohospodářské poměry sídla Lesná

Dle územního plánu Lesná (2017) má sídlo Lesná značné rezervy, co se týče odběru pitné vody. Z tohoto hlediska by tedy neměl být problém s rozšiřováním. Zdrojem pitné vody jsou čtyři zářezy asi 1,8 km jihozápadně od sídla Lesná s průměrnou kapacitou 0,8 l/s, odběr z prameniště Lesná je povolen v kapacitě 1,2 l/s. Přímo na prameništi je odkyselovací stanice, která zajišťuje okamžitou úpravu vody. Dále jsou v obci vybudovány dva vodojemy, s kapacitou 50+60 m³, na kterých bylo v roce 2011 vybudováno také odradonovací zařízení. Odebíraná podzemní voda musí splňovat nároky na kvalitu, které musí splňovat limity dle vyhlášky č. 83/2014 Sb., která stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Tabulka 4: *Jakost odebírané podzemní vody v Lesné za roky 2019- 2021.*

	chloridy	sírany	amonné ionty	dusičnany	CHSK _{Mn}	měď	kadmium	olovo	pH
-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mikrog/l	mikrog/l	mikrog/l	-
2021	3,7	16	<0,060	1,8	-	-	-	-	6,5
2020	<0,5	16	<0,061	0,84	-	-	-	-	7,7
2019	3,8	17	0,06	0	89	0,005	1	0,2	5,9
limitní hodnoty	100	250	0,5	50	5	1000	5,0	10	6,5-9,5

Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z obec Lesná

Prvním měřeným ukazatelem jsou chloridy. Tyto látky jsou ve vodě z horninového podloží či z odpadních vod nebo kvůli solení silnic v zimních období. V obci Lesná jde s největší pravděpodobností o přírodní původ. Za všechny sledované roky je tato hodnota výrazně pod limitem a chuť vody, kterou chloridy ovlivňují, není pozměněná. Druhým ukazatelem jsou sírany. Pro pitnou vodu jsou maximální povolené hodnoty 250 mg/l. Hodnoty v obci jsou za všechny sledované roky pod limitem, a to velmi výrazně. Sírany ve vodě jsou především z horninového podloží, nebo se do vody mohou dostat z polí, která jsou hnojená. V případě vyšších hodnot způsobují sírany tvrdost vody, kterou nelze odstranit ani varem. Amonné ionty jsou ukazatel průsaku fekálního znečištění či

znečištěním dusíkatými hnojivy. Za všechny sledované roky byla tato hodnota pod limitem, který je stanoven vyhláškou. Obdobně jako v případě amonných iontů, tak i u dusičnanů je tato hodnota ovlivněna dusíkatými hnojivy, limit pro tuto hodnotu je opět splněn, zároveň je také splněn snížený limit 10 mg/l, který je maximální přípustný pro kojenec. Posledním sledovaným ukazatelem, který byl měřen pro všechny roky, je pH. Tato hodnota vyjadřuje zásaditost vody. V případě podzemních vod je hodnota pH závislá na geologických vlastnostech. Hodnota pH nemá přímý vliv na zdraví, avšak ovlivňuje další procesy, jako například korozi (Aquatest a.s., 2005). V roce 2019 byla tato hodnota mírně podlimitní, ostatní roky splňují povolenou hodnotu. Ostatní ukazatele již nebudou zmiňovány z důvodu chybějících dat za roky 2020 a 2021 (viz tabulka č. 4).

Co se týče odpadních vod, v sídle Lesná byl v roce 2003 vybudován kanalizační systém a splaškové vody jsou odváděny do místní mechanicko-biologické čističky odpadních vod, která má kapacitu 550 ekvivalentního obyvatele (Územní plán Lesná, 2017).

Tabulka 5: *Vypouštěné znečištění z čističky odpadních vod v Lesné za roky 2019- 2021.*

	BSK ₅	CHSK _{Cr}	NL	RAS	N-NH ₄	N _{anorg.}	P _{celkem}
-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
2021	3,600	27,167	8,870	0,000	2,556	0,000	0,357
2020	4,683	33,910	6,633	0,000	1,895	0,000	0,385
2019	5,900	42,000	10,600	0,000	5,600	0,000	0,690
limit přípustný	40,000	150,000	50,000	-	-	-	-
limit maximální	80,000	220,000	80,000	-	-	-	-

Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z obec Lesná

BSK₅ neboli biochemická spotřeba kyslíku je ukazatel, který určuje množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemických pochodech na rozklad organických látek za 5 dní. (Járová & Hudcová, n.d.). Lze tedy říci, že čím vyšší je tato hodnota, tím větší je organické znečištění odpadní vody. Za všechny roky je tato hodnota výrazně pod přípustným limitem a každý rok klesá, to znamená, že odpadní voda není organicky znečištěná. Obdobným ukazatelem je CHSK_{Cr}, který značí chemickou spotřebu kyslíku dichromanem a obdobně jako předchozí ukazatel také značí organické znečištění odpadní vody. Dalším ukazatelem jsou nerozpustné látky, jedná se o pevné nebo kapalné látky, které lze odstranit filtrací nebo odstředěním. N-NH₄, neboli amoniakální dusík, je hlavním produktem při rozkladu dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu, jeho hodnoty indikují znečištění fekálními odpady. V případě vyšší hodnoty pH může působit toxicky na ryby a další organismy ve vodě (Švehla, Jeníček a kol., 2007). P_{celkem} značí celkový

fosfor, jeho měření se provádí především kvůli ochraně ekosystému. Pokud by se dostal do toků (ve vysokém množství), mohlo by to podpořit růst řas a rostlin a tím by se zamezil přísun kyslíku do vody, což by mělo negativní dopad na ryby. Jeho měření je prováděno především ochraně ekosystému a živočichů. (Hach, n.d.).

Hodnoty všech měřených ukazatelů jsou v souladu se stanoveným limitem a každým rokem se snižují (viz tabulka 5), jedinou výjimku tvoří amoniakální dusík. Jeho hodnota byla v roce 2021 vyšší než v roce 2020. Porovnáme-li však jeho hodnotu s rokem 2019 je více než o polovinu menší, proto toto mírné zhoršení není bráno negativně. Limity pro odpadní vody vypouštěné z komunálních čistíren odpadních vod jsou dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Dle Vyhlášky č. 48/2014 Sb. musí být minimální četnost rozborů při velikosti do 500 připojených ekvivalentních obyvatel v případě BSK₅, CHSK_{Cr} a NL dvakrát za rok, u ostatních ukazatelů stačí rozbor jednou ročně. Voda, která je v čistíře odpadních vod vyčištěna, je poté vypuštěna do bezejmenného potoka, který je pravým přítokem Lužního potoka.

S vypouštěnými odpadními vodami je také spojen koncept vodní stopy. Hoekstra a kol. (2011) uvádí, že byl koncept vodní stopy zaveden v roce 2002 a od té doby je považován za komplexní ukazatel využívání sladkovodních zdrojů. Tento ukazatel je vícerozměrný a uvádí objem spotřeby jak podle zdroje, tak i podle objemu znečištění. Jinými slovy, vodní stopa označuje vodu jak časově, tak místně specifickým způsobem. Vodní stopa je dělena podle typu znečištění na zelenou, modrou a šedou. S odpadními vodami je spojen pojem šedá vodní stopa. Jedná se o hodnotu, která je vypočtena ze vzorce

$$WF_{proc, grey} = L / (c_{max} - c_{nat}) \text{ [objem / čas]}$$

kdy

L vyjadřuje množství emitované znečišťující látky do vod, c_{max} je maximální přípustná koncentrace látky ve vodách a c_{nat} je přirozená koncentrace látky ve vodě (Hoekstra & kol., 2011).

3.3 Hydrologická charakteristika území

Hydrologicky obec Lesná náleží do dvou povodí, a to do povodí Labe a Dunaje (úmoří Středozevního a Černého moře). Podle hydrogeologické rajonizace náleží území do rajonu č.6212 „Krystalinikum v povodí Mže po Stříbro a Radbuzy po Staňkov“.

Území je zároveň součástí hydrogeologického masívu budovaného migmatitizovanými pararulami moldanubika Českého lesa. Zvodnění je v obci Lesná vázáno na přípovrchovou zónu. Skalní horniny jsou zde porušeny zvětráváním a tektonickými procesy. Propustnost se mění s mírou rozpuštění a porušení skalního podloží, lze však říct, že v těchto horninách propustnost s hloubkou klesá. Propustnost skalních hornin je ve většině případů charakterizována koeficientem propustnosti k_f , tento koeficient je v rozmezí $n.10^{-6}$ až $n.10^{-7}$ m/s. Lépe propustné podloží tvořené deluviálními a eluviálními sedimenty je lépe propustné a zvodněn v těchto místech je tvořena převážně srážkovými vodami (GEKON s.r.o., 2019).

V obci se nachází několik větších potoků, a to Celní potok, Huťský, Sklářský, Lužní, Hraniční, Spálený, Kateřinský, Lesní potok a nespočet malých bezejmenných toků. Sklářský potok pramení v Českém lese nedaleko státních hranic s Německem ve výšce 745 m n.m. Potok protéká přes pole a louky až k Mlýnskému rybníku, za kterým se vlévá zprava do nádrže Lučina (534 m n.m.), ve které ústí zprava do Mže. Celková plocha povodí je 27 km² a celková délka je 8,8 km (Vlček, Demek & Kestránek, 1984). Jediným přítokem, který stojí za zmínku, je Studenecký potok, který se do Sklářského potoka vlévá zleva, nedaleko Oborské hájenky (Mapy.cz, 2022). Hraniční potok pramení nedaleko Sklářského vrchu v nadmořské výšce 726 m. Celková plocha povodí je 42,7 km² a délka povodí v České republice je 16,2 km. Celní potok pramení nedaleko Sklářů v nadmořské výšce 815 m. Celková plocha v České republice je 54,1 km² a délka toku je 16,3 km. Stejně jako Hraniční potok se vlévá v Německu do Kateřinského potoka. Kateřinský potok pramení 1,5 km jihovýchodně od sídla Lesná v nadmořské výšce 679 m. Plocha tohoto povodí je 101,4 km² a délka toku v České republice je 20,5 km (Vlček, Demek & Kestránek, 1984).

Tabulka 6: *Hydrologické charakteristiky Lužního potoka.*

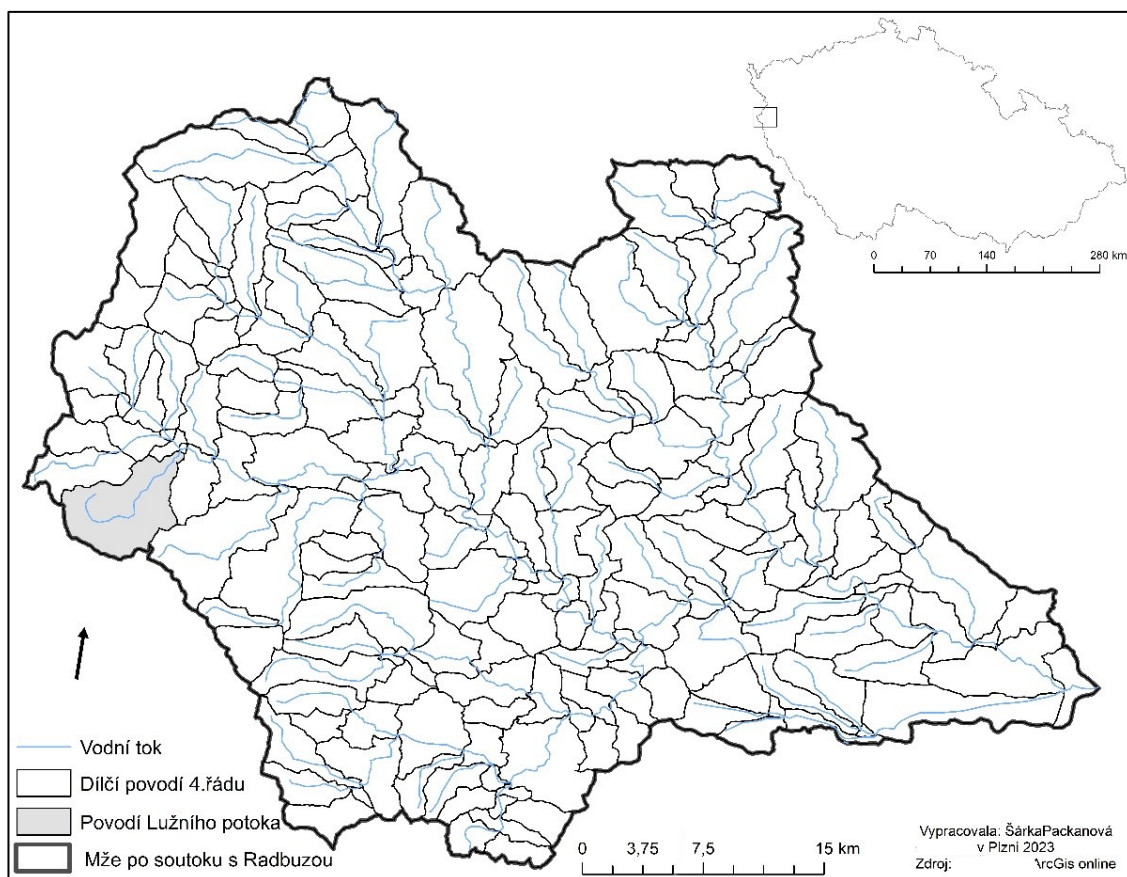
Vodní tok	Plocha povodí (km ²)	Délka povodí (km)	Průměr za roky 2013-2022		Nadmořská výška	
			Srážky (mm)	Odtoková výška (mm)	Pramen	Ústí
Lužní potok	30,17	11,50	725,56	314,71	750,00	535,00

Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z povodí Vltavy

Lužní potok, pro jehož povodí bude stanovena hydrologická bilance, byl vybrán z důvodu dostupnosti dat, která poskytl státní podnik povodí Vltavy. Na žádném z výše uvedených potoků se nenachází měření průtoků, z důvodu nedostatečně kvalitního místa pro

upevnění přístroje. Lužní potok je dílčím povodím Mže po soutoku s Radbuzou (viz obrázek 5). Data pro Lužní potok jsou dostupná díky jeho vyústění do vodní nádrže Lučina. Lužní potok (1-10-01-0130-0-00) pramení nedaleko vrchu Křížecí strom v přibližné nadmořské výšce 750 m n.m. Potok z velké části protéká lesem a v nadmořské výšce 535 m n.m. ústí do vodní nádrže Lučina. Plocha povodí je 30,17 km² a téměř polovina plochy povodí se nachází v obci Lesná. Tvarem je povodí spíše protáhlého typu, což potvrdil i výpočet koeficientu tvaru povodí, který lze vypočítat jako poměr plochy povodí ke čtverci délky toku. Tvar povodí má vliv na průtoky, především při srážkách či tání sněhu. Koeficient tvaru povodí lze doplnit o koeficient vývoje toku, který určuje Křivolakost povodí. Pro určení křivolakosti byl použit vzorec $K=L/L_{min}$, kde L značí délku toku a L_{min} značí nejkratší možnou délku (vzdušnou čarou). V případě Lužního potoka vyšel tento koeficient 1,6, což poukazuje na vyšší křivolakost povodí. V zásadě platí, že čím vyšších hodnot dosahuje koeficient, tím více je tok křivolaký (Suda & Herber, 2003). Celkový tvar povodí je spíše nesymetrický, tedy přítoky na jedné straně potoka jsou delší než na druhé, ale zároveň jsou přítoky rovnoběžné. Jedná se tedy o typický příklad pérovitého typu povodí, který ve svém díle uvádí Suda a Herber (2003).

Obrázek 5: Povodí 4. řádu v kontextu nadřazeného povodí Mže po soutoku s Radbuzou s vyznačeným povodím Lužního potoka.



4 Metody zpracování

Práce se zabývá stanovením hydrologické bilance Lužního potoka (viz obr. 6) a stanovením komplexní vodohospodářské bilance v sídle Lesná (viz obr. 7). Prvním krokem při psaní této práce bylo přiblížení pojmů souvisejících s tématem práce. Nejprve tedy proběhla rešerše literatury a na jejím základě byla vypracována teoretická část bakalářské práce. V praktické části se budu zabývat metodami výpočtů, které jsou potřeba provést pro stanovení hydrologické a vodohospodářské bilance. Data o teplotách, srážkách a průtocích byla poskytnuta správcem povodí Vltavy. Data o průtocích pochází z vodoměrné stanice nacházející se na Lužním potoce před jeho vyústěním do vodní nádrže Lučina. Data jsou z hodinového měření průtoků, které probíhá každý den v 7:00, za roky 2013-2023. Srážkové úhrny a teploty jsou ze srážkoměrné stanice nacházející se v sídle Lesná. Data o teplotách pochází z hodinového měření za roky 2013-2023, tato data však nebyla kompletní a měla výpadek od listopadu roku 2019 až do října roku 2020. Srážkové úhrny jsou z hodinového měření a ani tyto data nebyla kompletní, měla výpadek v celém kalendářním roce 2021. Z toho důvodu bude pracováno pouze s roky, za které jsou potřebná data kompletní.

Při určení vodohospodářské bilance bude pracováno s daty o množství a jakosti odebíraných podzemních vod. Množství odebíraných podzemních vod je za jednotlivé měsíce roku 2019–2021. Dále byla poskytnuta data o množství a jakosti vypouštěných odpadních vod z čističky odpadních vod v Lesné, tato data byla opět za roky 2019–2021. Spolu s těmito daty byla poskytnuta i data za spotřebu vody v jednotlivých domácnostech v sídle Lesná za roky 2020 a 2021, z těchto dat bude vypočtena průměrná spotřeba vody na obyvatele. Veškerá tato data poskytl starosta obce Lesná.

Hydrologická bilance

Hydrologická bilance, pro povodí Lužního potoka, bude stanovena na základě rovnice, kterou ve svém díle uvádí Suda a Herber (2003). Rovnice má tvar: "

$$H_S = H_O + H_{ET} \text{ (mm/rok)}$$

Skutečná evapotranspirace byla vypočtena na základě více zmíněné rovnice, která byla pouze upravena do tvaru $H_{ET} = H_S - H_O$ (mm/rok).

Potenciální evapotranspirace (PET) byla vypočtena na základě Thornthwaitova empirického vzorce:

$$PET = 16,2 \times \left(\frac{10 \times T_{ai}}{I}\right)^a \times F(\lambda) \text{ [mm/měsíc]}.$$

Při výpočtu bude potřeba nejprve vypočítat průměrné měsíční teploty (T_{ai}) za jednotlivé roky, z těchto hodnot poté bude pomocí vzorce $\left(\frac{T_{ai}}{5}\right)^{1,5}$ vypočteno i , jehož sumou se vypočte roční termický index I . Poté bude potřeba vypočítat koeficient a , ten se vypočte na základě vzorce $a = 0,49239 + 0,0179 \times I - 0,0000771 \times I^2 + 0,000000675 \times I^3$. Všechny získané údaje budou následně dosazeny do vzorečku, ze kterého vyjdou měsíční hodnoty potenciální evapotranspirace, jejich součtem vyjde roční hodnota za roky 2014-2019.

Odtok bude vypočten na základě průměrných měsíčních průtoků. Tato hodnota bude vypočtena v programu Excel pomocí vzorce PRŮMĚR. Průtok v m^3/s se vynásobí počtem sekund v jednotlivých měsících. Bude brán v potaz počet dnů v jednotlivých měsících, pouze u měsíce únor se nezohlední přestupný rok. Tímto výpočtem vznikne celkový odtok v m^3 , který bude přepočten ku celkové ploše povodí, a tím vznikne průměrná měsíční odtoková výška v $m/měsíc$. Tato hodnota se vydělí tisícem a vznikne tak průměrná odtoková výška v $mm/měsíc$. Jeho sumou bude poté vypočtena odtoková výška v mm/rok .

Dále bude proveden výpočet základního odtoku pomocí Castanyho metody, tedy stanovení základního odtoku na základě nejnižších průtoků. Při této metodě se bude vycházet z předpokladu, že v období nejnižších průtoků jsou toky napájeny podzemní vodou. Při výpočtu touto metodou bude základní odtok stanoven na základě nejnižších denních průtoků. Následujícím postupem bude tedy vypočten základní odtok. Nejprve bude vytvořen hydrogram, ze kterého bude odvozeno období, ve kterém se nacházelo 30 nejnižších po sobě jdoucích průtoků za každý hydrologický rok (celkem 10 let). Průměrem nejnižších ročních průtoků bude zjištěna hodnota základního ročního odtoku. Z těchto hodnot bude pomocí mediánu určen základní odtok za zvolené období. Povrchový odtok bude následně vypočten odečtením základního odtoku od celkového (Stojková, Machlica & Fendeková, 2008).

Posledním členem hydrologické bilance jsou srážky. V programu Excel budou vypočteny sumy úhrnu měsíčních a ročních srážek. Dále bude stanovena hodnota minimálního a maximálního úhrnu srážek. Pro lepší představu o srážkách bude dopočtena také směrodatná odchylka, která se vypočte pomocí funkce SMODCH a z její hodnoty bude dopočten variační koeficient, který je vypočten jako poměr směrodatné odchylky k průměru souboru dat (výsledek v %). Platí, že čím vyšší je variační koeficient, tím jsou

hodnoty odlišnější od průměrné hodnoty, a naopak pokud vyjde variační koeficient nízký, jsou hodnoty v souboru dat blízké průměru. Stejně hodnoty budou vypočteny také u odtokové výšky a teploty vzduchu.

Vodohospodářská bilance

V této práci bude využita rovnice

$$\Delta S = H_S + H_{př.} - (H_O + H_{OD} + H_{ET})$$

Měsíční skutečná evapotranspirace bude pro rok 2019 určena na základě potenciální evapotranspirace. Bude vycházeno z předpokladu, že poměr skutečné a potenciální evapotranspirace zůstává konstantní pro každý měsíc. Poměr se určí jako podíl skutečné a potenciální roční evapotranspirace a tento poměr se pak aplikuje na hodnoty potenciální evapotranspirace pro každý měsíc. Pro rok 2020 nejsou k dispozici data za srážkové úhrny, a proto pro tento rok nemůže být vodohospodářská bilance stanovena. Pro rok 2021 nejsou dostupná data o teplotách a z toho důvodu není známa potenciální evapotranspirace. Z toho důvodu nelze určit ani skutečnou měsíční evapotranspiraci.

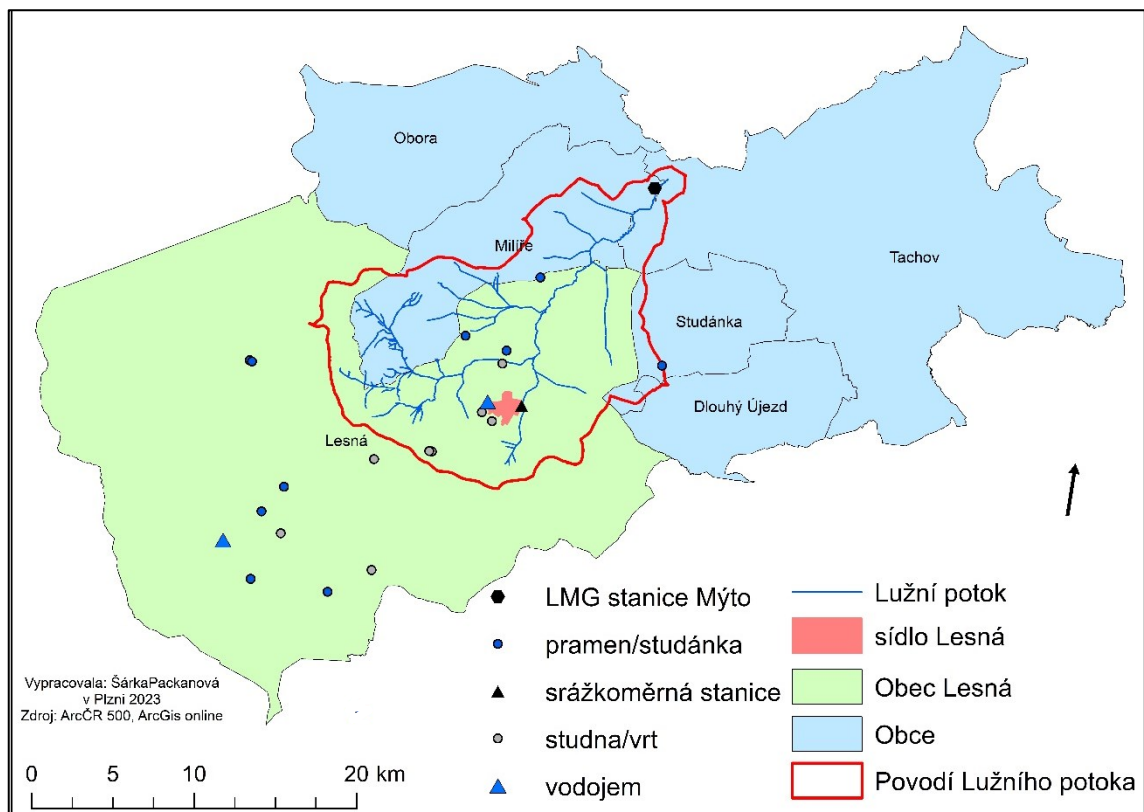
S daty za množství odebírané podzemní vody a vypouštěné odpadní vody bude pracováno v programu Excel, kde budou vytvořeny grafy a tabulky. Dále bude pracováno s daty, která poskytla LUČINA-STUDÁNKA s.r.o., tato data se týkají spotřeby vody v místním statku. Statek disponuje vlastní zdrojem vody, který se nachází mimo vymezené území (viz obrázek 7), jde se tedy o nový vstup vody do území. Jedná se především o data za zimní období, kdy je dobytek ustájen ve stáji a spotřebovaná voda je zahrnuta do vodohospodářské bilance. K zjištění spotřeby vody v domácnostech bylo provedeno dotazníkové šetření, kterého se zúčastnilo 24 domácností ze 139. Z výsledků šetření budou vytvořeny grafy v programu EXCEL a na jejich základě bude zhotoven návrh hospodaření s vodou jak v obci, tak v domácnostech.

5 Praktická část

5.1 Hydrologická bilance

Tato část práce bude věnována výpočtu hydrologické bilance z dat, která poskytl státní podnik Povodí Vltavy (viz kapitola metody zpracování). Měření průtoků probíhají na Lužním potoce před jeho ústím do vodní nádrže Lučina a jsou zde prováděna měření průtoků a vodního stavu. Data o teplotách a srážkách jsou ze srážkoměrné stanice, nacházející se přímo v sídle Lesná. Celkový úhrn srážek i průměrné teploty jsou vypočteny pro hydrologický rok, stejně jako ostatní ukazatelé hydrologické bilance.

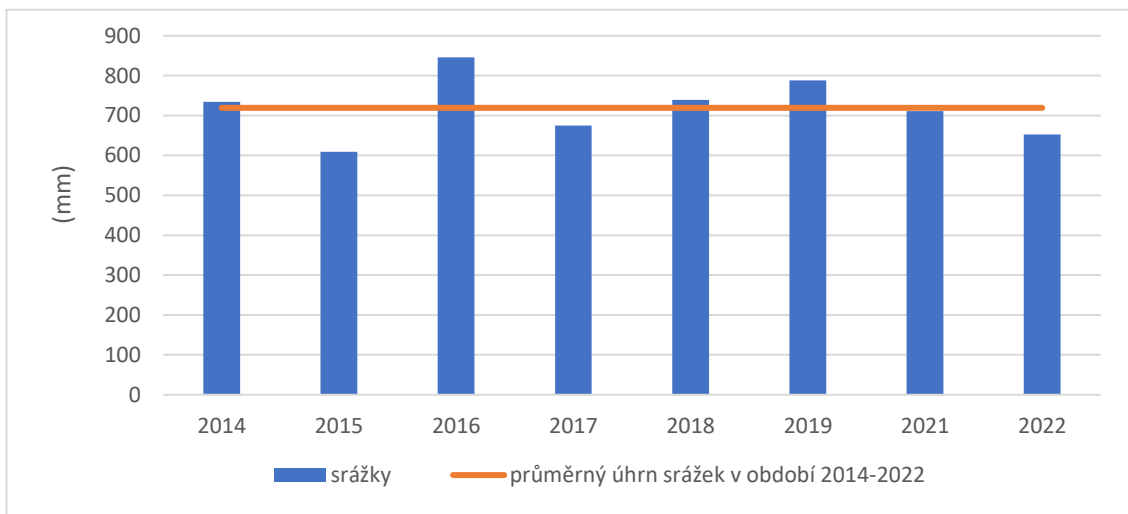
Obrázek 6: Povodí Lužního potoka v kontextu obce Lesná.



5.1.1 Srážky

Základním členem při určování hydrologické bilance jsou bezpochyby srážky, jedná se totiž o základní vstup do povodí. Průměrný roční úhrn srážek v povodí Lužního potoka za hydrologické roky 2014-2022 byl 718 mm. Nejvyšší roční úhrn srážek byl v roce 2016 a činil 846 mm. Naopak srážkově nejchudší byl rok 2015, ve kterém průměrně spadlo pouze 609 mm srážek. Celkově lze ale říct, že jsou roční úhrny vyrovnané a nenachází se zde žádný extrémní výkyv (viz graf 2).

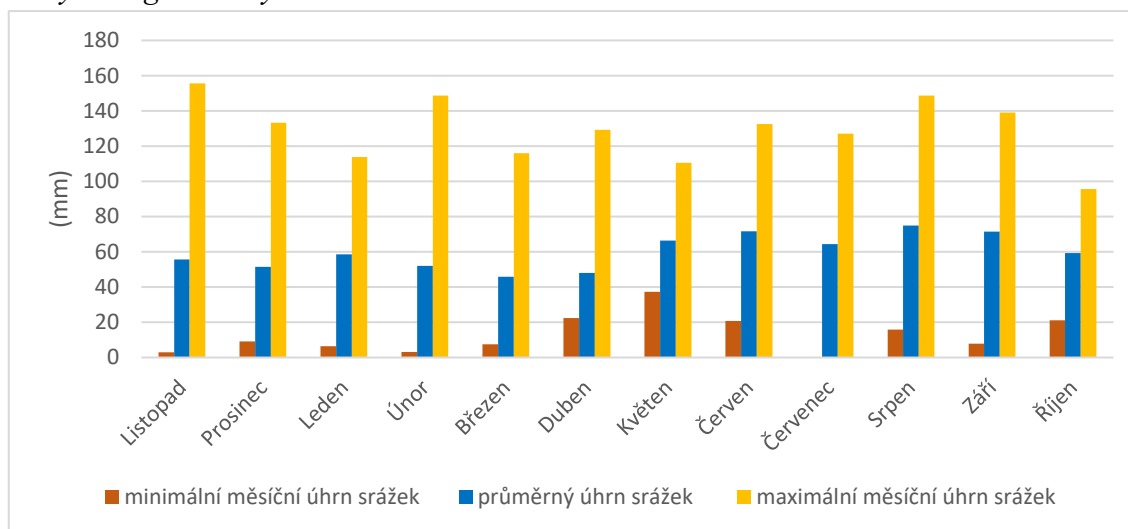
Graf 2: Průměrné roční úhrny srážek v povodí Lužního potoka za hydrologické roky v období 2014-2022.



Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z povodí Vltavy

V rámci hydrologické bilance byly určeny také měsíční úhrny srážek a následně z nich byly vyvozeny maximální, minimální a průměrné úhrny srážek v jednotlivých měsících za sledované období 2014-2022.

Graf 3: Minimální, maximální a průměrné měsíční úhrny srážek v povodí Lužního potoka za hydrologické roky v období 2014-2022.



Zdroj: vlastní zpracování, dle dat z povodí Vltavy

Za období 2014-2022 byl průměrně srážkově nejslabší měsíc březen, v tomto měsíci dosahovaly průměrné úhrny 45,9 mm. Naopak srážkově nejvydatnější je v průměru měsíc srpen. V tomto měsíci je průměrný srážkový úhrn téměř 75 mm. Z grafu 3 lze vidět, že se za dané období neobjevují žádné významné trendy. Sezónní rozložení srážek není nijak významné, avšak lze pozorovat vyšší srážkový úhrn v letních měsících. Srážky v povodí

Lužního potoka jsou v průměru celoročně velmi vyrovnané. Lepší povědomí o variabilitě nám poskytne variační koeficient. V případě srážek v povodí Lužního potoka se vyskytuje vysoký variační koeficient v měsíci listopadu (87,49 %) a únoru (95,63 %). Tyto měsíce se tedy v průběhu let vyznačují velmi proměnlivými úhrny srážek. Nejmenší odchylku od průměru lze vidět v květnu (26,3) a říjnu (26,4) (viz tab. 7). Celkově lze však říct, že je srážkově vyrovnanější období od května do října a srážkové úhrny za roky 2014-2022 se v tomto období nevzdalují od průměrných úhrnů tolik jako v období od listopadu do dubna.

Tabulka 7: *Statistické charakteristiky srážek v povodí Lužního potoka v období 2014-2022*

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
min. úhrn srážek (mm)	3	9	6	3	7	22	37	21	0	16	8	21
rok dosažení minima	2021	2021	2021	2015	2021	2021	2017	2022	2022	2022	2021	2021
max. úhrn srážek (mm)	156	133	114	149	116	129	111	133	127	149	139	96
rok dosažení maxima	2016	2019	2018	2021	2019	2018	2021	2021	2014	2021	2022	2017
medián (mm)	42	48	66	25	30	36	60	71	71	68	74	56
průměrný srážkový úhrn (mm)	56	51	59	52	46	48	66	72	64	75	71	59
směrodatná odchylka (mm)	48,6	37,8	32,6	49,7	36,3	32,9	26,3	35,7	39,2	48,7	38,9	26,4
variační koeficient (%)	87,5	73,4	55,7	95,6	79,0	68,4	39,6	49,9	60,9	65	54,4	44,6

Zdroj: vlastní zpracování dle dat z povodí Vltavy

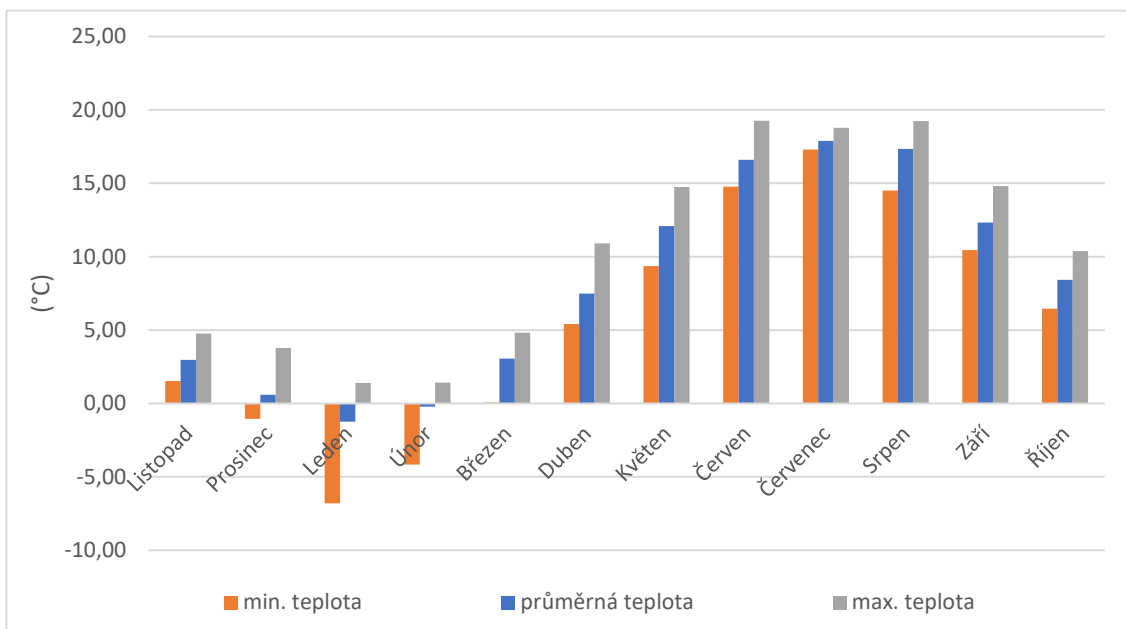
Ve sledovaném období 2014-2022 nastal nejvyšší měsíční srážkový úhrn v listopadu hydrologického roku 2016, jeho hodnota byla 156 mm. Naopak nejnižší srážkový úhrn můžeme vidět u roku 2022, kdy v červnu nespádl ani milimetr srážek. Největší rozpětí srážek hodnot bylo v listopadu, kdy se maximální a minimální hodnoty úhrnu srážek lišily o 153 mm, to potvrzuje i směrodatná odchylka, která dosáhla hodnoty 48,6 mm. Velké rozdíly můžeme pozorovat také v měsíci únoru a srpnu. Naopak nejmenší rozdíl (rozpětí hodnot) nastalo v květnu a říjnu, což potvrzuje také hodnota směrodatné odchylky.

5.1.2 Teploty

Další složkou, důležitou při určení hydrologické bilance, jsou teploty. Od teploty vzduchu se poté odvíjí výpočet potenciální evapotranspirace.

Z grafu 4 lze vypočítat významný sezonní teplotní trend. Teploty v zimních měsících jsou výrazně nižší než teploty v letních měsících. Průměrné nejnižší teploty jsou, za celé sledované období, v lednu (-1,24 °C) a únoru (-0,20 °C). Naopak nejvyšší průměrné teploty jsou v červenci, kdy dosahují hodnoty téměř 18 °C. Celkově lze u letních měsíců pozorovat stoupající trend, kdy jsou teploty každým rokem vyšší.

Graf 4: Minimální, maximální a průměrné měsíční teploty v povodí Lužního potoka hydrologické roky 2014-2022.



Zdroj: vlastní zpracování dle dat z povodí Vltavy

Nejnižší průměrná teplota za roky 2014-2022 byla v roce 2017, kdy v lednu dosahovala -6,81 °C. Naopak nejvyšší průměrná teplota byla v červnu roku 2019. Největší rozpětí teplot nastalo v lednu, kdy se maximální a minimální průměrná teplota lišila o 8,2 °C (viz tab. 8). Naopak nejmenší rozpětí hodnot nastalo v červenci, kdy byl rozdíl hodnot pouze 1,48 °C.

Tabulka 8: Statistické charakteristiky průměrných teplot v povodí Lužního potoka v období 2014-2022.

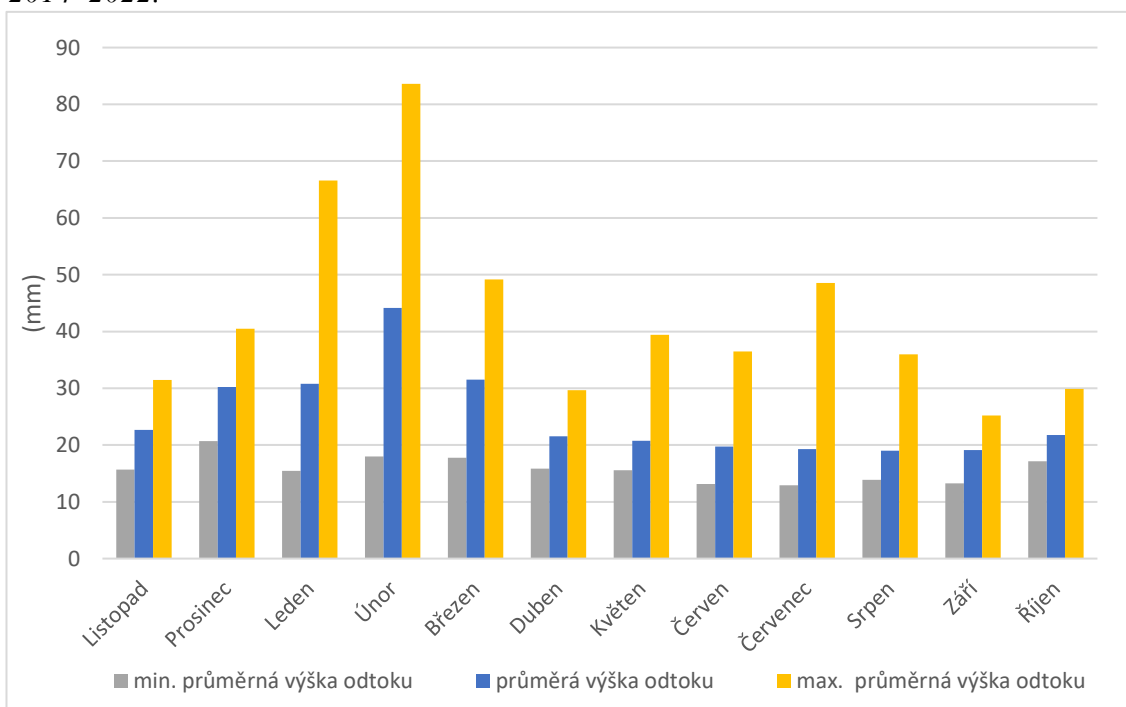
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
minimální průměrná měsíční teplota	1,52	-1,05	-6,81	-4,16	0,06	5,42	9,36	14,77	17,30	14,51	10,46	6,46
rok dosažení minima	2017	2017	2017	2018	2018	2022	2019	2014	2017	2014	2017	2016
Maximální průměrná měsíční teplota	4,77	3,78	1,40	1,43	4,82	10,91	14,75	19,26	18,78	19,25	14,81	10,39
rok dosažení maxima	2016	2016	2018	2018	2014	2018	2018	2019	2015	2015	2016	2022
medián	2,66	0,08	-0,02	0,67	3,09	6,70	11,95	16,30	17,90	17,71	12,47	8,92
průměrná měsíční teplota	2,97	0,58	-1,24	-0,20	3,05	7,49	12,08	16,59	17,89	17,33	12,33	8,41

Zdroj: vlastní zpracování dle dat z povodí Vltavy

5.1.3 Odtok

Dalším členem hydrologické bilance je odtok. Celkový odtok dělíme v rámci hydrologické bilance na přímý, který zahrnuje hypodermický a povrchový odtok, a základní odtok. Průměrná měsíční výška odtoku byla sledovaná za období 2014-2022.

Graf 5: Minimální, maximální a průměrná měsíční výška odtoku Lužního potoka za roky 2014–2022.



Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z povodí Vltavy

Maximální výška odtoku je v průměru za jednotlivé roky nejvyšší v měsíci únor (44 mm), zcela nejvyšší byla v roce 2017, kdy výška odtoku dosahovala 89 mm. Dle mého názoru tomu tak mohlo být z důvodu dotování toku vodou z roztátého sněhu. Teploty byly až do 3. 2. 2017 pod bodem mrazu, znamená to tedy, že nemohl probíhat odtok dotovaný roztátým sněhem., 3. 2. 2017 již začala teplota stoupat a 5. 2. 2017 v 15:00 se vyšplhala až na 10,8 °C, díky tomu nastala obleva a větší odtok vody z povodí.

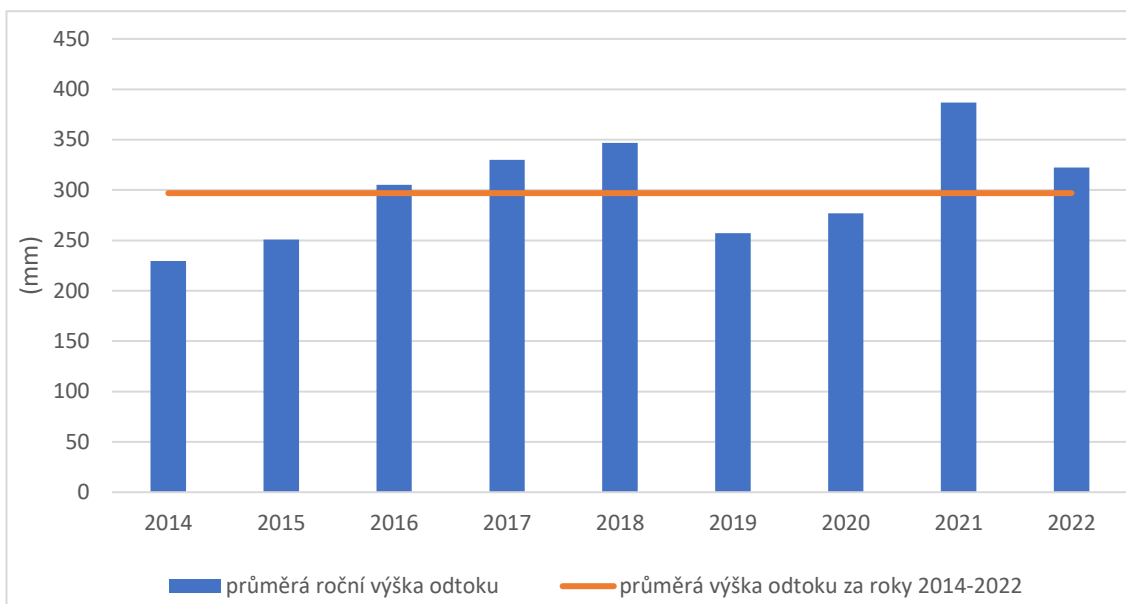
Z grafu 5 lze vypořadovat, že jsou průměrné odtokové výšky vyšší především v zimních měsících. Lužní potok je v tomto období dotován srážkovou vodou, či vodou z roztátého sněhu. V letních měsících jsou odtokové výšky nižší z důvodu vyšších teplot, a tedy i vyšší evapotranspirace, kvůli tomu se i přes vysoký úhrn srážek nedostane do toku tolik vody a odtoky jsou menší. Z tabulky 9 lze vidět výjimku, kterou je rok 2021, kdy se v letních měsících nacházejí vyšší odtokové výšky. Důvodem by mohly být nižší teploty, jedná se však pouze o domněnku z důvodu chybějících dat za teploty v tomto roce. Hodnota variačního koeficientu je za celé sledované období poměrně nízká. Nejvyšší hodnoty dosahuje v lednu (48 %) a červenci (56 %), znamená to tedy, že jsou tyto měsíce v průběhu let proměnlivější, v tomto případě se však nejedná o velké odchylky od průměrné hodnoty. Nejmenší odchylku od průměru lze vidět v prosinci (19,54 %) a říjnu (16,61 %).

Tabulka 9: *Statistické charakteristiky průměrných odtokových výšek v povodí Lužního potoka v období 2014-2022*

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
minimální průměrná výška odtoku	16	21	15	18	18	16	16	13	13	14	13	17
rok dosažení minima	2020	2020	2020	2014	2014	2014	2020	2017	2019	2019	2019	2019
maximální průměrná výška odtoku	31	40	67	84	49	30	39	36	49	36	25	30
rok dosažení maxima	2016	2022	2017	2017	2019	2022	2021	2021	2021	2021	2014	2017
medián	23	32	29	49	30	21	19	19	16	17	18	21
průměrná výška odtoku	23	30	31	44	32	22	21	20	19	19	19	22
směrodatná odchylka	5,0	6,1	14,6	14,7	8,8	4,7	7,2	7,1	11,0	6,6	4,0	3,4
variační koeficient	22%	21%	45%	45%	26%	21%	33%	36%	55%	33%	20%	20%

Zdroj: vlastní zpracování dle dat z povodí Vltavy

Graf 6: Průměrné roční odtokové výšky na Lužním potoce za roky 2014-2022.



Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z povodí Vltavy

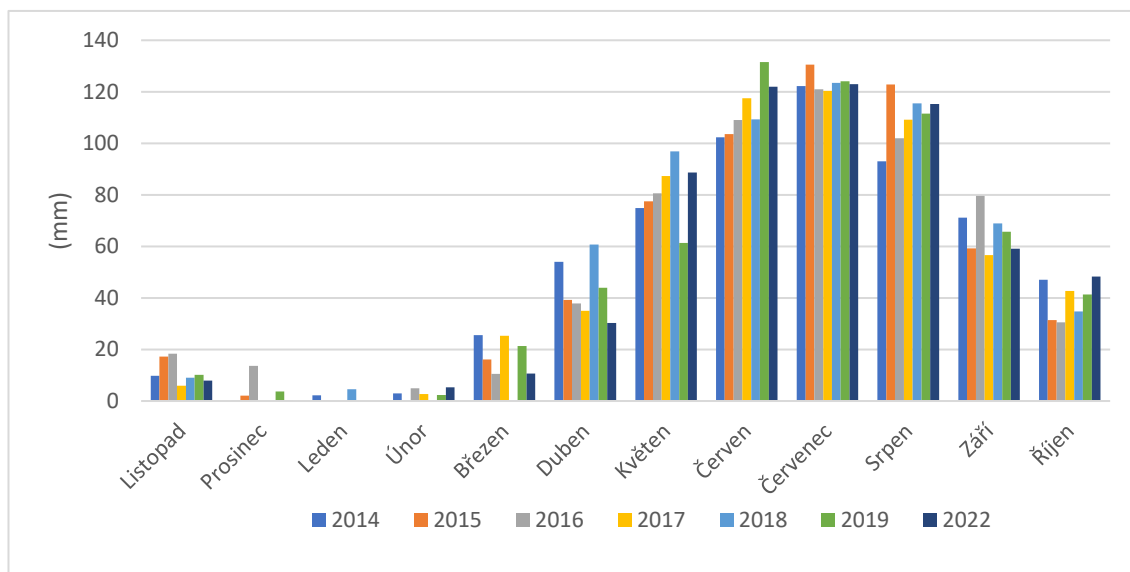
Průměrné roční odtokové výšky se pohybují v rozmezí cca 230-380 mm/rok. Roky 2014, 2015 a 2019 se nacházely výrazně pod průměrem sledovaného období 2014-2022 (viz graf 6). Nejvyšší roční odtok byl v roce 2021, kdy dosahoval hodnoty téměř 387 mm/rok. Povrchový odtok tvoří zhruba 50 % celkového odtoku, zbytek je tvořen odtokem základním (tedy dotací potoka podzemní vodou).

5.1.4 Evapotranspirace

Potenciální evapotranspirace

Ideální představu o intenzitě vysychání nám dá potenciální evapotranspirace (PET), která také byla dalším zjišťovaným členem hydrologické bilance. Tento údaj dává představu o tom, kolik by se z krajiny odpařilo vody v případě neomezeného množství vody. Potenciální evapotranspirace se pro podmínky obce Lesná od roku 2014 zvýšila (graf 7). Zatímco v roce 2014 byla tato hodnota zhruba 600 mm, v roce 2018 vzrostla přibližně na 623 mm. Projevil se zde tedy mírný nárůst teploty vzduchu, tento nárůst však nebyl nijak výrazný. Největší hodnoty potenciální evapotranspirace jsou v teplých letních měsících s maximy v červenci, kdy PET dosahuje hodnoty kolem 120 mm. Nejnížší hodnoty můžeme pozorovat v zimních měsících, kdy jsou teploty nízké a neprobíhá tedy takový výpar. Tyto výsledky poskytují představu o tom, v jakých měsících je krajina náchylná k vysychání.

Graf 7: Měsíční potenciální evapotranspirace v povodí Lužního potoka za roky 2014–2022.

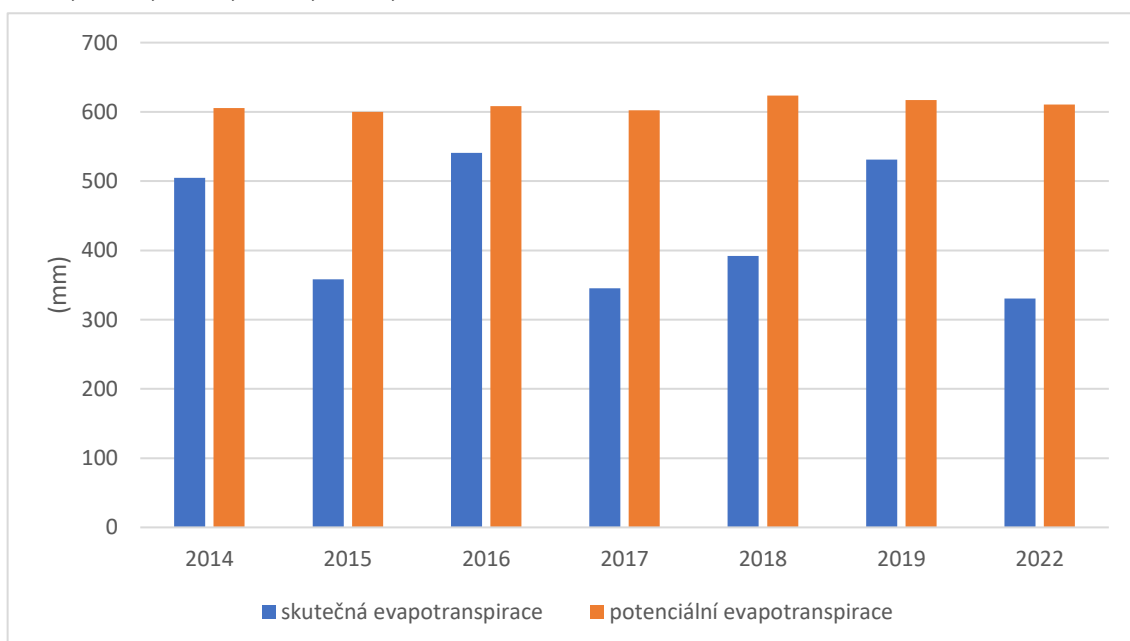


Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z povodí Vltavy

Skutečná evapotranspirace

Skutečná evapotranspirace je velmi podstatným výstupem vody z povodí a souvisí s vývojem teploty vzduch či vlhkosti ovzduší ve zkoumaném území. Hodnota skutečné evapotranspirace byla určena na základě hydrologické bilance a je vypočtena jako srážkový úhrn mínus odtoková výška.

Graf 8: Roční potenciální a skutečná evapotranspirace v povodí Lužního potoka za roky 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 a 2022.



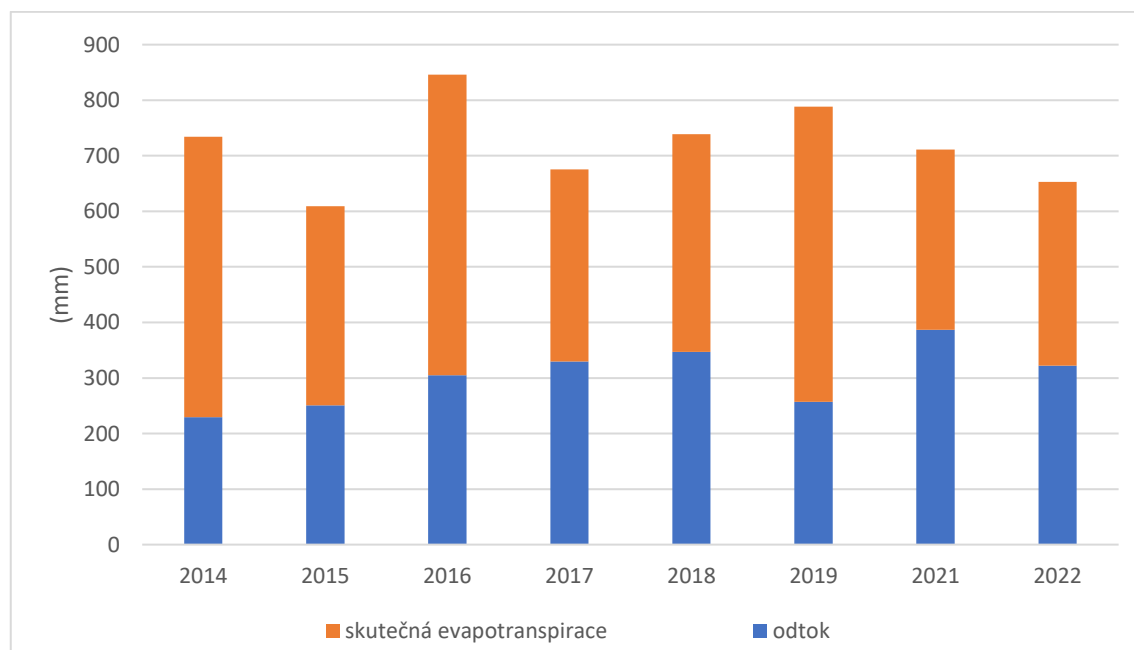
Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z povodí Vltavy

V grafu 8 jsou porovnány hodnoty skutečné a potenciální evapotranspirace. Lze si povšimnout, že je skutečná situace zcela odlišná od potenciální. Nejvyrovnanější hodnoty jsou v roce 2014, 2016 a 2019. Je to z toho důvodu, že byly tyto roky vydatné na srážky, půda byla dostatečně nasycena vodou a skutečná evapotranspirace probíhala velmi podobně jako ta potenciální. V roce 2015, 2017, 2018 a 2022 se hodnoty výrazně liší, a to kvůli nižším úhrnům srážek v porovnání s výše zmíněnými roky.

5.1.5 Hydrologická bilance

V této části budou porovnány všechny zjištěné měsíční ukazatele, jako jsou srážky, potenciální evapotranspirace a průtok za jednotlivé roky.

Graf 9: Hydrologická bilance za hydrologické roky 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021 a 2022.



Zdroj: Vlastní zpracování, dle dat z povodí Vltavy

Rok 2014 byl s celkovým úhrnem srážek 734,2 mm srážkově průměrný. Nejvyšší úhrny srážek byly zaznamenány v období od července do srpna. Z důvodu vyšších teplot a vyšší evapotranspirace, se v tomto roce z povodí dostalo až 70 % srážek. Největší odtok byl zaznamenán v prosinci, kdy kladné listopadové teploty a vysoký úhrn srážek přispěly k vysokým odtokovým výškám. Celkově lze říci, že v roce 2014 byla v povodí Lužního potoka vyšší evapotranspirace, což mělo za následek snížení průtoku vodního toku.

Rok 2015 je charakteristický nejnižším srážkovým úhrnem za celé sledované období. Celkový srážkový úhrn činil 609 mm a skutečná evapotranspirace dosáhla hodnoty

358 mm. V porovnání s rokem 2014 nastala v roce 2015 také nižší evapotranspirace, což mohlo být způsobeno nižšími teplotami. Celkově lze konstatovat, že rok 2015 byl pro povodí Lužního potoka poměrně suchý, ale díky nižší evapotranspiraci se do potoka dostalo více vody a odtok byl větší než v roce 2014 (viz graf 9).

Rok 2016 byl srážkově výrazně nadprůměrný, avšak z důvodu vyšších průměrných teplot nastala opět vyšší evapotranspirace, která v tomto roce tvořila zhruba 64 % srážek, obdobně jako v roce 2014. Celkově však lze říci, že v roce 2016 došlo k většímu odtoku než v předchozích letech, přičemž zdrojem vody byly především srážky, které spadly na území povodí Lužního potoka.

V roce 2017 byl odtok v povodí Lužního potoka nejvyšší z posledních čtyř let, dosáhl hodnoty téměř 330 mm, přestože byly srážkové úhrny mírně podprůměrné (průměr za roky 2014-2022).

Rok 2018 byl charakteristický nízkými teplotami v první polovině roku. V tomto období nastaly větší odtokové výšky, a to především z důvodu nižší infiltrace do půdy, to nám dokazuje také graf 9, ve kterém je vidět, že zhruba polovina spadlých srážek otekla z povodí, obdobně jako v roce 2017.

Hydrologický rok 2019 měl celoročně velmi vyrovnané srážkové úhrny a vyšší průměrné teploty. Z tohoto důvodu zde nastala vyšší evapotranspirace, která dosahovala až 70 % z celkového úhrnu srážek.

Rok 2021 byl srážkově nadprůměrný, evapotranspirace je v tomto roce nižší než v ostatních letech, může tomu tak být z důvodu nižších teplot, avšak to nelze potvrdit z důvodu chybějících dat za tento rok.

Posledním sledovaným rokem je hydrologický rok 2022. Tento rok se od ostatních let liší, především rozložením srážek, které byly vyšší v první polovině roku. Druhá polovina roku 2022 byla srážkově méně vydatná. Odtok byl zhruba 40 % z celkového úhrnu srážek a zbytek srážek se z povodí vypařil.

Diskuze

Hydrologická bilance

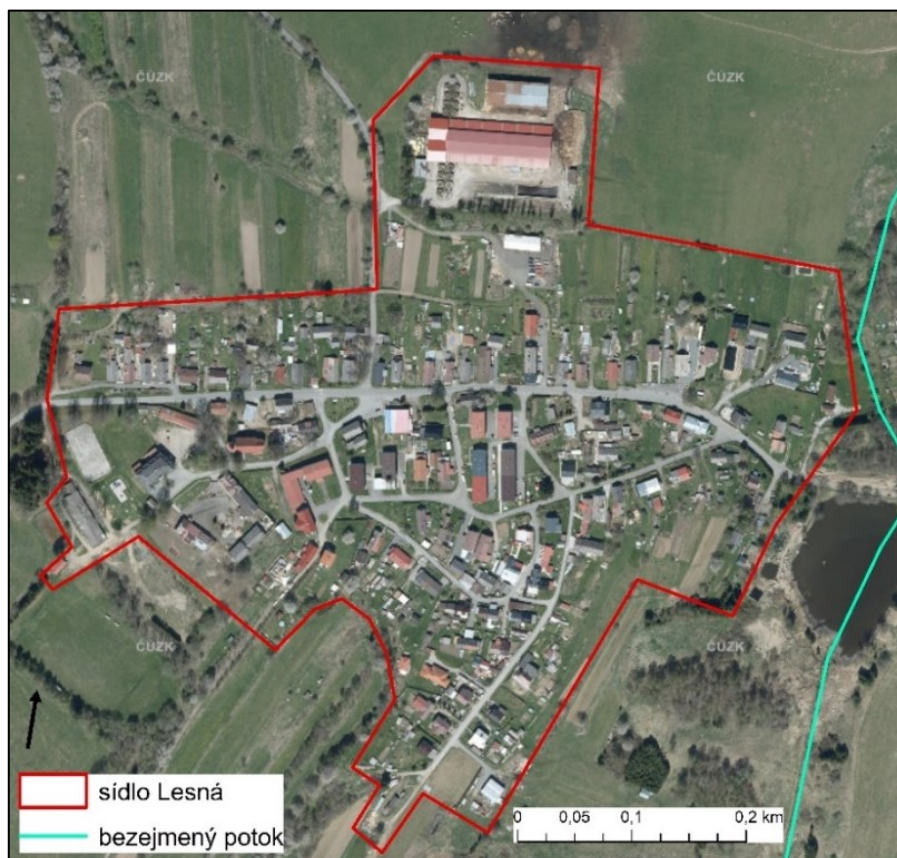
Z výše uvedených členů hydrologické bilance, které byly graficky a tabulkově znázorněny v kapitole 5.1. vychází, že má povodí Lužního potoka poměrně stabilní hydrologický režim s malými výkyvy průtoků a relativně vysokým množstvím srážek.

Průměrné odtokové výšky jsou vyšší v zimních měsících, kdy Lužní potok dotován srážkovou vodou, či vodou z roztátého sněhu. V letních měsících jsou odtokové výšky nižší z důvodu vyšších teplot, a tedy i vyšší evapotranspirace, kvůli tomu se i přes vysoký úhrn srážek nedostane do toku tolik vody a odtoky jsou menší. Z tabulky 9 lze vidět výjimku, kterou je rok 2021, kdy se v letních měsících nacházejí vyšší odtokové výšky. Důvodem by mohly být nižší teploty, jedná se však pouze o domněnku z důvodu chybějících dat za teploty v tomto roce. Hodnota variačního koeficientu je za celé sledované období poměrně nízká. Nejvyšší hodnoty dosahuje v lednu (48 %) a červenci (56 %), znamená to tedy, že jsou tyto měsíce v průběhu let proměnlivější, v tomto případě se však nejedná o velké odchylky od průměrné hodnoty. Nejmenší odchylku od průměru lze vidět v prosinci (19,54 %) a říjnu (16,61 %).

5.2 Vodohospodářská bilance

Vodohospodářská bilance je určena pro sídlo Lesná, které je vymezena zastavěnými plochami včetně zahrad (viz obrázek 7). Vodohospodářská bilance je v tomto případě stanovena pro kalendářní rok z důvodu dostupnosti dat pro jakost vody.

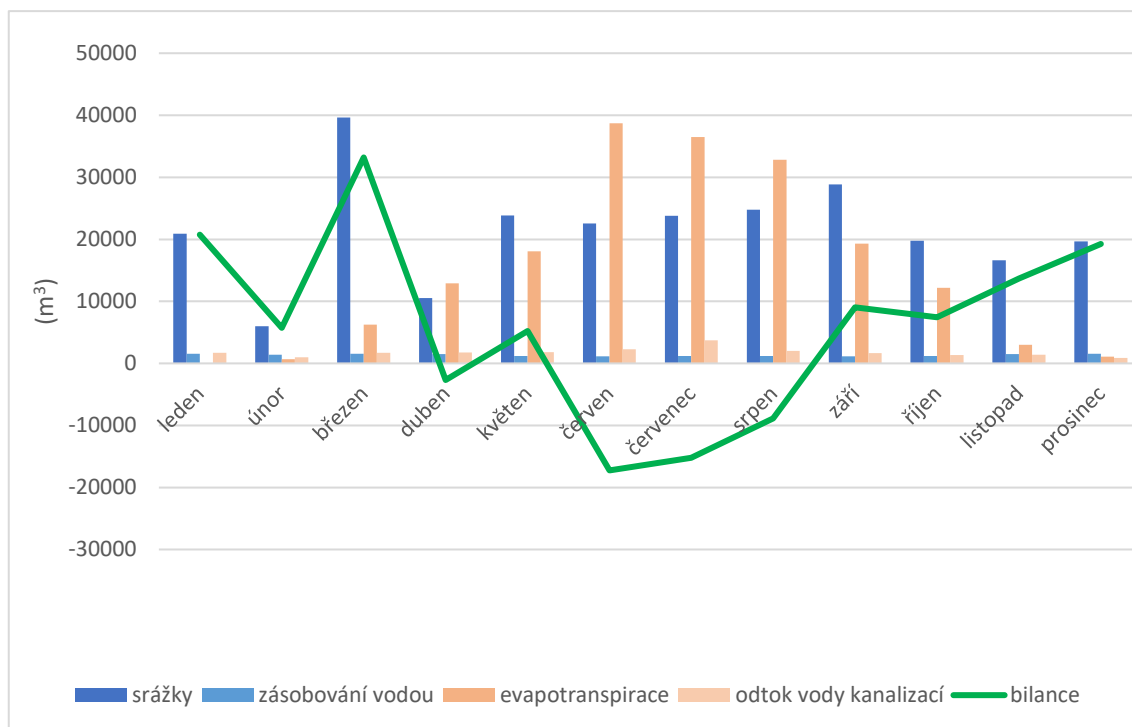
Obrázek 7: *Sídlo Lesná vyznačené na ortofotomapě.*



Zdroj: ArcČR 500, ArcGIS online, vlastní zpracování

Takto vymezené sídlo má rozlohu 0,342 km² a je zde zhruba 420 trvale žijících obyvatel. Celkem je v sídle Lesná zastavěno 0,0385 km² plochy, to znamená, že je hustota zastavění 11,26 %. Již na první pohled si lze všimnout velkého množství propustných ploch, které se v intravilánu nacházejí.

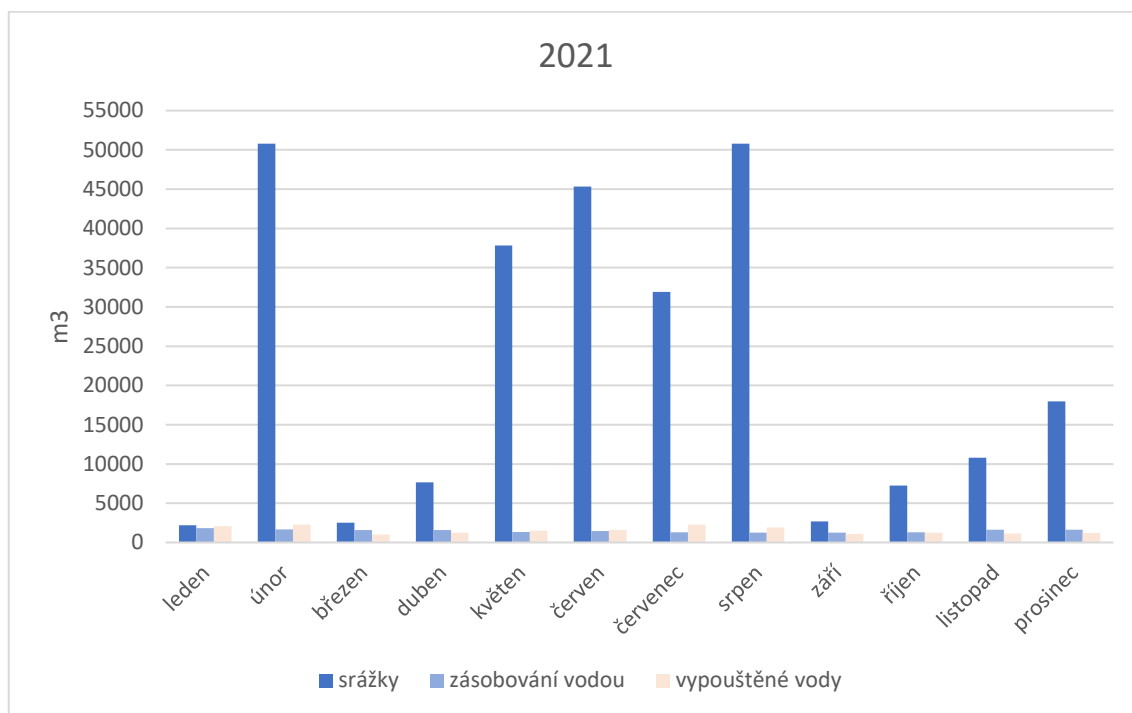
Graf 10: Měsíční bilance vody v sídle Lesná za rok 2019.



Zdroj: vlastní zpracování, dle dat z obecního úřadu Lesná

Graf 10 znázorňuje členy hydrologické bilance za rok 2019. Srážkový úhrn byl po celý rok velmi vyrovnaný. Nejvíce srážek spadlo v sídle Lesná v březnu, naopak nejméně v únoru. Evapotranspirace je vypočtena z rovnice hydrologické bilance a do měsíců je rozložena na základě potenciální evapotranspirace. Ukazatel zásobování vodou je po celý rok vyrovnaný a nevykazuje žádné výkyvy. Co se týče odtoku kanalizací, lze si všimnout mírného navýšení v červenci. Důvodem mohla být letní přivalová srážka, při které se voda nestačila vsáknout, a proto odtekla kanalizací.

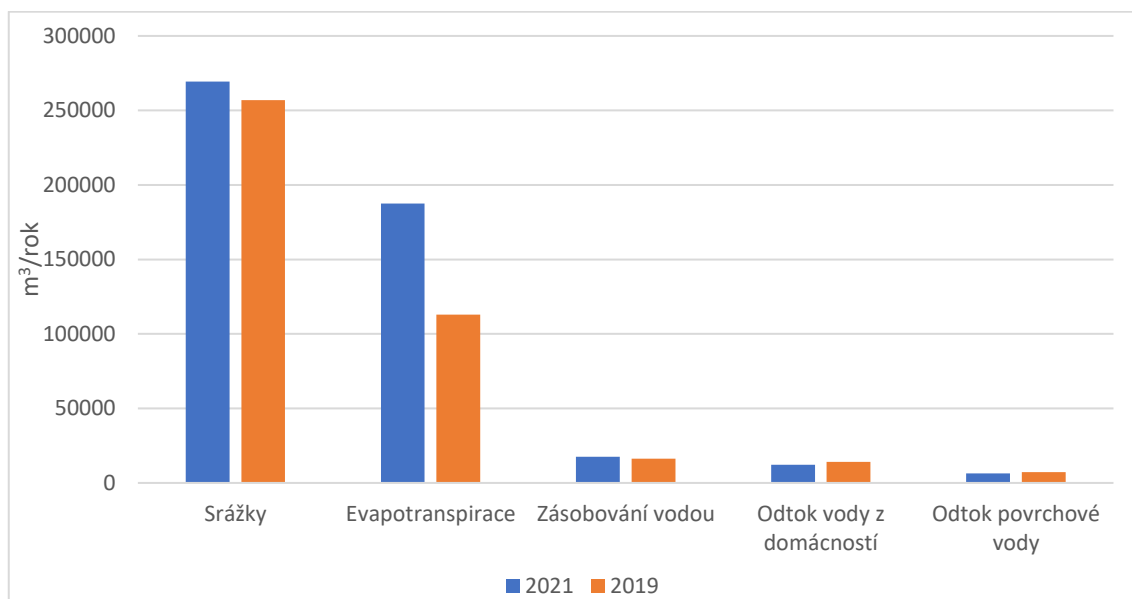
Graf 11: Měsíční bilance vody v sídle Lesná za rok 2021.



Zdroj: vlastní zpracování, dle dat z obecního úřadu Lesná

Úhrny srážek byly v roce 2021 méně vyrovnané než v předchozím sledovaném roce 2019. Srážkový úhrn dosahoval nejvyšších hodnot v měsících únor, květen, červen, červenec a srpen. Ostatní měsíce nebyly tak vydatné, avšak v porovnání s rokem 2019 byl celkový úhrn srážek vyšší. Skutečná měsíční evapotranspirace nelze v tomto roce určit z důvodu chybějících dat za teploty, ze kterých je vypočtena potenciální evapotranspirace na jejíž základě je poté rozvržena skutečná evapotranspirace.

Graf 12: Složky vodohospodářské bilance v sídle Lesná za roky 2019 a 2021.



Zdroj: vlastní zpracování, dle dat z obecního úřadu Lesná a povodí Vltavy

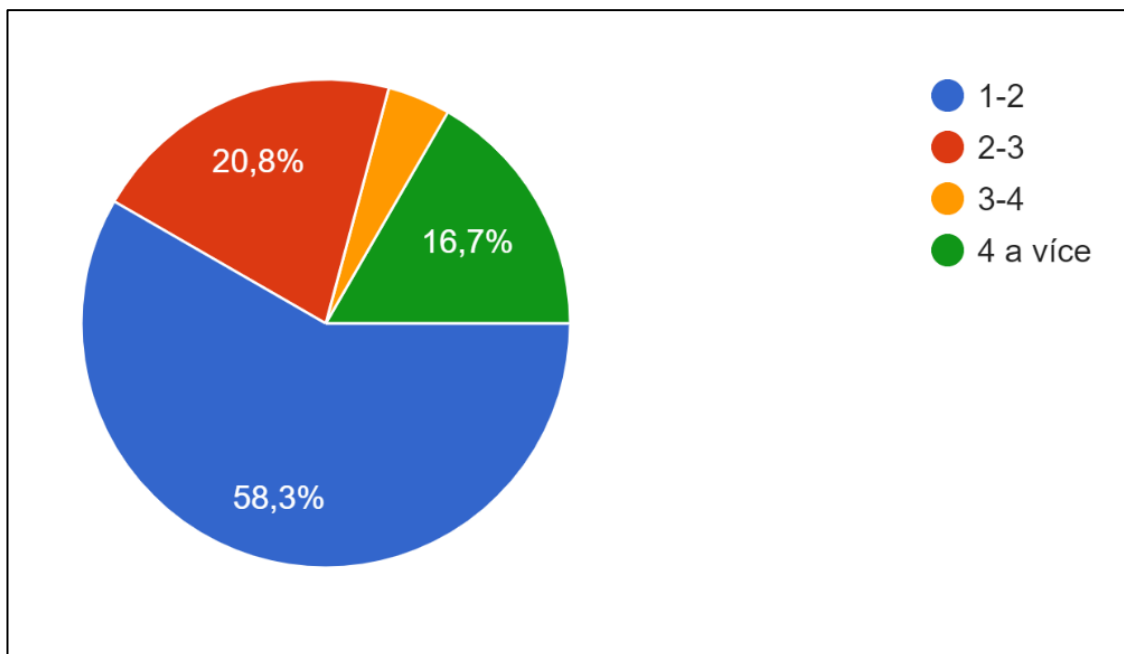
V roce 2021 bylo množství spadlých srážek vyšší než v roce 2019. To samé lze pozorovat i u skutečné evapotranspirace, jejíž hodnota byla vypočtena z rovnice hydrologické bilance pro povodí Lužního potoka. Lze předpokládat, že bude v sídle Lesná probíhat podobný výpar jako v případě povodí Lužního potoka. Dalšími členy bilance je zásobování vodou, odtok vody z domácností a odtok povrchové vody. Velmi pozitivně je vnímáno nepatrné snížení odtoku povrchové vody v roce 2021 (viz graf 12). Hlavní příčinou může být kontrola odvodu srážkových vod z nemovitosti. V obci je zakázáno napojení srážkové vody do kanalizace, a proto každoročně vedení obce kontroluje majitele nemovitostí a řeší případné problémy spojené s napojením. Vzhledem k tomu, že se jedná o malou obec, řeší se tento problém pouze dohodou a vedení nevyužívá finančních sankcí. Odběr podzemní vody byl v roce 2021 vyšší než v roce 2019. Důvodem je přírůstek počtu obyvatel a vyšší počet ustájeného dobytka v místních stájích. Voda z jiného území přichází především v zimním období, kdy je dobytek z místního statku ustájen a voda potřebná k jejich napojení je odebírána z vlatního zdroje statku, který se nachází mimo sídlo Lesná. V roce 2019 byl vstup větší kvůli vyššímu počtu dobytka, který byl ustájen. Dalším možným důvodem většího přírůstku vody mohou být vyšší teploty. V případě vyšších teplot by byla voda více využívána k zavlažování, což by potvrdzovala i hodnota odtoku vody kanalizací, která nebyla vyšší. Lze tedy ohadnout, že byla voda využita mimo domácnost, a z toho důvodu již neodtekla kanalizací. Dalším vstupem vody do území, který by mohl v sídle Lesná nastat, je

využívání z vlastního zdroje (studna). Z dotazníkového šetření bylo zjištěno, že pouze dva domy mají vlnatý vrt. Po důkladnějším rozboru bylo zjištěno, že studny nejsou napojeny na domácnosti a jsou využívány pouze k zavlažování zahrady, a to v maximálním povoleném množství 132 m³ vody za rok.

5.3 Výsledky dotazníkového šetření

Dotazníkové šetření bylo zaměřeno na průzkum využívání vody v domácnostech. První otázka byla zaměřena na průměrnou denní spotřebu pitné vody na osobu. Nejvíce dotázaných uvedlo, že denně vypijí 1-2 litry vody (58,3 %), naopak nejmenší zastoupení měla kategorie 4 a více litrů vody za den (viz graf 13). Polovina dotázaných uvedla, že k pití využívají vodu z místního vodovodu, druhá polovina dotázaných uvedla, že si do svých domácností kupují vodu balenou, kterou v 85 % z dotázabách zakoupí mimo sídlo Lesná. Další dotaz byl směřován na využívání pitné vody v domácnostech.

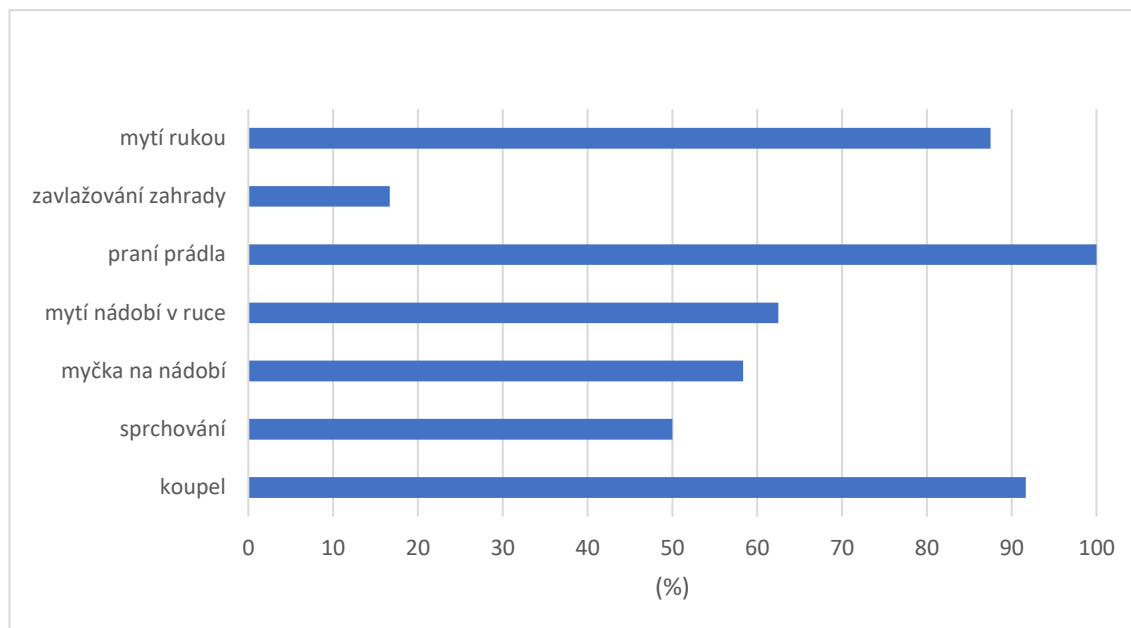
Graf 13: Průměrný denní příjem vody na osobu.



Zdroj: vlastní zpracování, 2023

Účelem tohoto dotazu bylo zjistit, zda je v domácnosti využíváno úspornějších spotřebičů (co se vody týče), jako je například myčka nádobí. Následující graf 1 znázorňuje činnosti, při kterých je spotřebovávaná pitná voda v domácnostech. Nejvíce vody je spotřebováno při praní prádla či mytí nádobí. Na tuto otázku navazoval dotaz týkající se četnosti praní prádla, což podává představu o množství spotřebované pitné vody při této činnosti.

Graf 14: Činnosti, při kterých je spotřebována pitná voda v domácnosti.



Zdroj: Vlastní zpracování, 2023

Téměř 67 % dotázaných pere prádlo 1-2 krát týdně. To je z mého pohledu pozitivní a spotřebované pitné vody není tolik. Zbytek dotázaných pere prádlo každý den, či více než dvakrát denně. Při průměrné spotřebě vody 40 litrů na jedno praní to tedy činí, při praní jednou denně, 14 600 litrů vody za rok. V případě častějšího praní se spotřeba samozřejmě úměrně zvyšuje. Dalším spotřebičem, který využívá pitnou vodu, je myčka na nádobí. Velké procento dotázaných používá k mytí nádobí myčku, která spotřebuje méně vody, než když je nádobí umyto pod tekoucí vodou. Velmi pozitivně také vnímám malé množství domácností, které využívají pitnou vodu k zavlažování. Na což navazovala i další otázka v dotazníkovém šetření, a tedy „Jaký je váš přístup k vodě jako cennému zdroji a jakým způsobem se snažíte šetřit vodou v běžném životě?“. Dotázaní uváděli, že se snaží vodou šetřit a zbytečně neplýtvají například při osobní hygieně. Snaží se více využívat myčku na nádobí a neumývají nádobí pod tekoucí vodou. Dále kontrolují toaletu a baterie a v případě poškození závadu hned řeší. K zavlažování zahrady využívají nádrže na zachycení dešťové vody. Dešťová voda je využívána pouze na zalévání zahrady a žádná z domácností nedisponuje vodovodním systémem na zachycení dešťové vody a její následné využívání v domácnosti.

5.3.1 Koncepce HDV v domácnostech a obci Lesná

S vodohospodářskou bilancí je velmi úzce spojeno také hospodaření se srážkovými vodami, které bilanci velmi výrazně ovlivňuje. Efektivní hospodaření s dešťovou vodou je důležité pro udržitelné využívání vodních zdrojů a může pomoci snížit zátěž na kanalizační systémy. V obci bylo poměrně nedávno zavedeno opatření, které zakazuje obyvatelům vypouštět srážkovou vodu do kanalizace. Preferovaným řešením je vsakování vody přímo v místě dopadu. Se zavedením tohoto opatření se obyvatelé začali zajímat o možnosti využití dešťové vody. V domácnosti lze dešťovou vodu využívat několika způsoby, především pro spotřebu, která neklade velký důraz na hygienickou nezávadnost.

Průměrný občan České republiky denně spotřebuje v průměru 93,2 litrů vody denně (2021) (Český statistický úřad, 2022). Průměrná spotřeba vody v sídle Lesná je přibližně 101 litrů na osobu (2021) a až 50 % z takto využitě vody lze nahradit vodou srážkovou, což by při ceně 22 Kč za vodné a 61,05 Kč za stočné, ušetřilo obyvatelům i finance. Nejsnadněji, a zároveň s nejmenšími počátečními náklady, lze vodu využít k zavlažování. Takovou vodu lze snadno zachytit do nádrží, sudů či rezervních nádrží a poté s ní dále disponovat. Vodu v rezervních nádržích lze také skladovat a využít ji v době sucha, kdy je použita na zavlažování zahrady nebo jako zdroj vody pro požární ochranu. Využívání dešťové vody v domácnostech je už obtížnější. V případě novostavby je vybudování nádrže na zachycování a následné hospodaření s vodou poměrně snadné, jak už jsem psala výše, je potřeba mít pouze územní souhlas. V případě stávající stavby, je pořízení takové nádrže obtížnější. Je potřeba mít oddělené rozvody pitné a srážkové vody, což je velký zásah a tento proces je i finančně náročný. V Lesné je velmi malá pravděpodobnost (zjištěno z provedených dotazů), že by současní obyvatelé uvažovali o takto zásadním zásahu do stávajících staveb. Avšak z důvodu stáří stávajících domů lze předpokládat, že proběhne výměna střech na velké části již stávajících staveb. Tato skutečnost by mohla vést k myšlence zavedení zelených střech. Tyto střechy jsou pokryty konkrétními rostlinami a substrátem. Takové střechy jsou nejen ekologické, ale také ekonomicky výhodné, jelikož dokáží snižovat náklady na energii a udržování budov. Jsou schopny poskytnout izolaci proti horku a chladu, tím pádem se sníží spotřeba energie na klimatizaci a vytápění budov. Dalším efektivním řešením pro hospodaření s dešťovou vodou jsou propustné plochy. V současné době je velkým fenoménem úplné zpevnování ploch kolem domu i ve volném prostoru. Lidé mají s takto upraveným pozemkem méně

starostí a není tak nákladný na údržbu, avšak veškerá srážková voda z místa dopadu rovnou odtéká, nebo zde nastává velký výpar. Řešením tohoto problému by mohly být propustné plochy, díky nimž se voda může infiltrovat do půdy. Propustné plochy lze vytvořit různými způsoby, například pomocí travnatých ploch, pískových ložisek či propustných dlažeb. Takto efektivní hospodaření snižuje zátěž na kanalizační systémy a zároveň chrání vodní zdroje.

Na základě dotazníkového šetření bylo zjištěno, že více než 65 % dotázaných šetří vodou v domácnosti. Nejčastěji dotázaní šetří vodu při umývání nádobí, ale také při osobní hygieně, kdy se snaží zamezit zbytečnému odtoku vody. Dotázaní, kteří mají vlastní nemovitost, zachycují srážkovou vodu a dále ji poté využívají k zavlažování zahrad. Několik z dotázaných také uvedlo, že zachycují vodu, která odkapává z boileru, a poté s ní zalévají květiny, které mají uvnitř domů. Dotázaní také uvedli, že by rádi v domácnosti více šetřili vodou a také by rádi efektivněji využívali dešťovou vodu. Z toho důvodu je v práci navržen koncept hospodaření s dešťovou vodou v domácnosti a pro případ celé obce je navržen také koncept hospodaření s vodou v obci.

V rámci hospodaření s vodou v domácnosti lze zavést několik úsporných opatření, která nejsou finančně nákladná a dokáží snížit spotřebu vody o 50-70 %. Mezi hlavní zařízení, která jsou k tomu využívána, patří spořiče vody. Jedná se o systémy, které snižují průtok vody. V dnešní době existuje nespočet zařízení, která spoří vodu, mezi hlavní však patří perlátory, úsporné sprchové hlavice a spořiče vody na toaletu. Perlátor je zařízení, které lze snadno nasadit na stávající baterii a funguje na principu rozdělení průtoku na více menších, které jsou poté provzdušněny. Díky tomu se docílí menšímu množství spotřebované vody. Dalším zařízením je úsporná hlavice. 65 % dotázaných uvedlo, že pro osobní hygienu využívají především sprchu, a proto, nejen pro ně, by byla výhodná instalace úsporné hlavice. Jedná se o podobný mechanismus, který je používán v případě perlátoru, avšak s větším výkonem. Posledním zmíněným zařízením jsou spořiče na toaletu. V posledních letech lze zaznamenat oddělení „malého“ a „velkého“ splachování, přestože je tento systém úspornější než dříve používané systémy, lze při splachování vodou šetřit ještě více. Do splachovacích nádrží lze umístit spořič, který je regulovatelný a nabízí maximální úsporu až 70 % z předchozí spotřeby (Kraus, 2020).

Dalším krokem, vedoucím k úspoře vody v domácnosti, je pravidelná kontrola baterií, toalety a ostatních zařízení využívající vodu. Pravidelná kontrola může zavčas odhalit únik vody, který by byl zbytečně nákladný a neekologický. Dále lze vodu šetřit jejím

efektivním využíváním, jako například nemýt nádobí pod tekoucí vodou nebo efektivně využívat myčku nádobí (zapínat ji až ve chvíli, kdy je plná, a zamezit tak zbytečné spotřebě vody), to samé platí i při praní prádla, pračku je potřeba zapnout až ve chvíli, kdy je plná. Pro efektivní využití dešťové vody je vhodné ji ukládat do nádrží a později ji využít například na zalévání zahrady. Pokud však není možnost si takové zařízení pořídit, je možnost opět využít regulátorů průtoku, které se vyrábí i na zahradní hadice. Posledním krokem pro úsporu vody je také informování rodiny a známých o efektivním využívání vody, protože ne každý ví, že lze v domácnosti využívat zařízení, která šetří jak čas, tak finance.

Co se týče využívání dešťové vody v obci, byla navržena následující koncepce:

1. Je potřeba vytvořit plán pro zachycení a využití dešťové vody. Může být vytvořen například plán na instalaci nádrží na dešťovou vodu na veřejných budovách. Tyto nádrže by mohly být připojeny na stávající systém kanalizace, který má oddělený odvod splaškové a dešťové vody. Takto získaná voda by poté byla dále použita na zavlažování, mytí vozidel a pro další účely.
2. Zavedení opatření pro snížení povrchového odtoku. Například na obecních budovách by mohly být zelené střechy nebo v případě veřejných prostranství nahrazení nepropustných ploch více propustnými.
3. Podpora obyvatel k nákupu dešťových nádrží. Jednalo by se o kampaň na podporu využívání dešťové vody. Občané by byli informováni o možnostech zadržování a nakládání s dešťovými vodami. Tato kampaň by obyvatele obce více motivovala k investování do lepší budoucnosti.
4. V neposlední řadě by byl vytvořen vzdělávací program pro školu a veřejnost, který by se zaměřoval na problematiku vodního hospodářství a ekologického chování. Tento program by mohl být doplněn o exkurze do místní čističky odpadních vod.

Diskuse výsledků

Hydrologická bilance byla stanovena pro hydrologický rok z důvodu větší nepřesnosti při výpočtu pro kratší časové úseky, jak uvádí Kemel (1996). Srážky a odtoky pocházejí z přesných měření, která jsou prováděna v obci Lesná, avšak evapotranspirace byla dopočtena z rovnice hydrologické bilance. Z toho důvodu nelze přesně stanovit její hodnotu pro jednotlivé měsíce, protože neplatí rovnost hydrologické bilance, kdy $H_S = H_O + H_{ET}$. Jak ve svém díle uvádí Zang a kol. (2012), evapotranspirace je ovlivněna mnoha činiteli, jako sluneční záření, množství srážek, rychlost větru či vegetační pokryv, proto její výpočet není zcela přesný a udává pouze představu o situaci v povodí Lužního potoka. Z výše uvedených členů hydrologické bilance, které byly graficky a tabulkově znázorněny v kapitole 5.1., vychází, že má povodí Lužního potoka poměrně stabilní hydrologický režim s malými výkyvy průtoků a relativně vysokými úhrny srážek, které v průměru dosahovaly 719 mm. Z celkových srážek průměrně 42 % odteklo a 58 % se z krajiny v průměru vypařilo (evapotranspirace). Ve sledovaném období byly měsíční srážkové úhrny velmi proměnlivé, což potvrdila směrodatná odchylka i variační koeficient. Z výzkumu vyplynulo, že jsou srážkově vyrovnanější letní měsíce, respektive měsíce od května do října. Vyšší odtokové výšky jsou pozorovány v zimních měsících a jsou výrazně ovlivněny srážkovým úhrnem a teplotou.

Vodohospodářská bilance v sídle Lesná ze značné části vychází z hydrologické bilance stanovené pro povodí Lužního potoka. Převzaty byly srážkové úhrny a hodnoty evapotranspirace za jednotlivé roky, které byly pouze přepočteny k ploše sídla Lesná. Důležitými členy při vodohospodářské bilanci jsou hodnoty zásobování vodou, odtok vody z domácností a odtok povrchové vody. Výzkum ukazuje, že se v roce 2021 podařilo snížit odtok povrchové vody díky kontrole odvodu srážkových vod z nemovitostí. Odběr podzemní vody byl v roce 2021 vyšší než v roce 2019, bylo tomu však kvůli přírůstku počtu obyvatel a vyššímu počtu ustájeného dobytka v místních stájích. V rámci vodohospodářské bilance jsou zohledněny i jakostní požadavky na odběr a vypouštění vod. Odběr podzemní vody splňuje veškeré stanovené limity, a proto může být občanům voda dále distribuována. Vypouštěné odpadní vody jsou kvalitně čištěny v místní čistírně odpadních vod a následně jsou vypouštěny do bezejmenného potoka, který později ústí do Lužního potoka.

S vodohospodářskou bilancí přímo souvisí hospodaření s vodou v obci a v domácnostech. V případě hospodaření s vodou v obci byl v práci navržen koncept efektivního hospodaření, jehož cílem je snížení povrchového odtoku, nainstalování nádrží na dešťovou vodu, motivace občanů a vzdělávání občanů, respektive zvýšení povědomí o vodním hospodářství a ekologii. Tato koncepce vychází z publikací, uvedených v teoretické části práce. Hlavními však jsou Nehasil (2015), Žabička a Vrána (2011) a Voda ve městě (2021). V práci bylo provedeno dotazníkové šetření, které mělo za úkol zhodnotit využívání vody v domácnostech a zajistit, zdali obyvatelé vnímají vodu jako vzácný zdroj, se kterým bychom měli zacházet s rozumem. Dotázaní uváděli, že se snaží vodou šetřit a zbytečně neplýtvají a zároveň upřednostní efektivnější myčku na nádobí, která nespotřebuje takové množství vody, které je spotřebováno při mytí nádobí pod tekoucí vodou. Přestože obyvatelé tvrdí, že se snaží vodou šetřit, průměrná spotřeba v sídle Lesná je téměř o 10 litrů na osobu vyšší, než je průměr České republiky (Český statistický úřad, 2022). Lze tedy konstatovat, že mají občané značné rezervy a hospodaření s vodou v obci může být ještě efektivnější.

Závěr

Hlavním cílem této práce bylo stanovení komplexní vodohospodářské bilance. Tato bilance byla stanovena na základě dat, která poskytl obecní úřad v Lesné. V praktické části byly jednotlivé členy bilance zobrazeny a následně popsány. Z grafů bylo jasné, že je množství vody v sídle Lesná dostatečné. Srážková voda je občany zachycena v nádržích a následně je využívána převážně k zavlažování pozemků. V rámci vodohospodářské bilance jsou zohledněny i jakostní požadavky na odběr a vypouštění vod. Odběr podzemní vody splňuje veškeré stanovené limity, a proto může být občanům dále distribuována. Vypouštěné odpadní vody jsou kvalitně čištěny v místní čistírně odpadních vod a následně jsou vypouštěny do bezejmenného potoka, který později ústí do Lužního potoka. Množství spadlé srážkové vody bylo ve sledovaných letech dostatečné a aby byl zajištěn udržitelný rozvoj území, je potřeba s vodou správně hospodařit. Dotázaní projevíli zájem o téma zabývající se hospodaření s dešťovou vodou, a proto byly pro tento účel v práci navrženy koncepce pro hospodaření s vodou jak v rámci domácnosti, tak i v rámci obce Lesná z pohledu jejího vedení. Pro zajištění udržitelného hospodaření s vodou je potřeba i nadále sledovat jednotlivé ukazatele a přizpůsobit jim také hospodaření s vodou.

Vedlejším cílem bylo stanovení hydrologické bilance povodí Lužního potoka, který se ze značné části nachází v obci Lesná. Výsledkem této bilance bylo zjištění, že se průměrně 58 % srážkové vody z povodí vypaří (evaporace a transpirace), a 42 % odtече Lužním potokem do vodní nádrže Lučina. Z hodnot členů hydrologické bilance je patrné, že má povodí dostatek vody, která může být dále využita při zavlažování, v zemědělství či v průmyslu. Dále bilance naznačuje, že má povodí dostatek vody k zajištění ochrany či k vzniku nových ekosystémů, které mohou být dále lákadlem pro turisty a oblíbeným místem pro rekreaci. Hydrologická bilance však udává pouze obecnou představu o situaci v povodí z důvodu výpočtu skutečné evapotranspirace, která může být ve skutečnosti odlišná. Evapotranspirace závisí na mnoha faktorech, které ji ovlivňují (např. propustnost půd či vegetační pokryv). Vodohospodářská i hydrologická bilance jsou důležitým nástrojem pro hodnocení stavů vodních zdrojů a využívání vody v krajině. Oba typy bilancí jsou velmi důležité pro plánování využívání vodních zdrojů a k ochraně přírody.

Seznam použitých zdrojů

Aquatest a.s (2005). *Co znamenají naměřené hodnoty v pitné vodě?*

http://www.aquatest.cz/files/hodnoty_v_pitne_vode.pdf

Seznam využitých zdrojů

ArcČR 500 (2016). ArcČR500 – digitální geografická databáze. Dostupné 24.10.2022 z:

<https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>

ArcGIS online (2018). *Ortofotomapa České republiky*. ČÚZK. Dostupné 22. 10. 2022 z:

<https://ags.cuzk.cz/arcgis/rest/services/ortofoto/MapServer>

Balejová, M., Brejcha, I., Keprtová, Z., Nesládková, M., Rutová, T., Pětrošová, B., Tlapáková, M. & Žižková, A. (2022). *Vodohospodářská bilance v dílčím povodí ostatních přítoků Dunaje za rok 2021*. Povodí Vltavy.

https://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodohospodarska-bilance/bilance2021/OPD_text_2021.pdf

Baxa, V., Novotná, M., Prášil, P. (2008). *Tachovsko na starých pohlednicích*. Baron.

Česká geologická služba (2012). *Půdní mapa 1 : 50 000*. Dostupné 30. 3. z

<https://mapy.geology.cz/pudy/>

Český úřad zeměměřičský a katastrální (2022). Geoprohlížeč.

<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>

Český úřad zeměměřičský a katastrální (n.d.). *Analýzy výškopisu*. Dostupné 12. 12.

2022 z <https://ags.cuzk.cz/av/>

Český statistický úřad (2022). *Ztráty vody se dlouhodobě daří snižovat*. Dostupné

1.4.2023 z <https://www.czso.cz/csu/czso/ztraty-vody-se-dlouhodobě-dari-snižovat>

Český úřad zeměměřičský a katastrální (2022). *Nahlížení do katastru nemovitostí*.

Dostupné 10.10.2022 z <https://nahlizeniidokn.cuzk.cz>

Český statistický úřad (2023). *Lesná (okres Tachov)*. Dostupné 10. 2. 2023 z

https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=profil-uzemi&uzemiprofil=31588&u=VUZEMI_43_561002#w=

Český statistický úřad (2015). *Historický lexikon obcí České republiky – 1869-2011*.

Dostupné 15.2.2021 z: <https://www.czso.cz/csu/czso/historicky-lexikon-obci-1869-az-2015>.

Český hydrometeorologický ústav (2010). *Odtokové procesy*.

https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_1_4.0.htm

Český hydrometeorologický ústav, (n.d.). *Mapy stanic*. Dostupné 20.3.2023 z

<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-stanic?fbclid=IwAR3umgkDMiibfvnbcZfPzabJ7nCyXpC4S6UOYEZuXyW9D9vt6w5R2hotQkY>

Dingman, S.,L. (2014). *Physical hydrology* (3. vyd.). Waveland Press, Inc.

Dub, O., Němec, J., a kol, (1996). *Hydrologie*. Státní nakladatelství technické literatury.

- Fatková, G., Funk, L., Hirt, T., Hertlová, M., Křišťuf, P., Pauknerová, K., Rak, M., Starková, L., Strohsová, K., Světlík, R., Woitsch, J., & Zíková, T. (2014). Tachovsko: krajina v paměti/paměť v krajině. Muzeum Českého lesa v Tachově
- GEKON s.r.o. (2019). Hydrogeologický posudek vrtné studny. Interní dokument společnosti GEKON s.r.o.
- Hach (n.d.). *Fosfor*. <https://cz.hach.com/parameters/phosphorus>
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M., M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan.
- Járová, K., & Hudcová, T. (n.d.). *Standardní operační postup - SOP 03: Stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK) ve vodách (MERCK)*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
- Kulhavý, Z., & Kovář, P. (2000). *Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. <https://docplayer.cz/18532171-Vyuziti-modelu-hydrologicke-bilance-pro-mala-povodi.html>
- Kutílek, M. (1963). *Vodohospodářská pedologie*. Státní nakladatelství technické literatury Praha.
- Kraus, M. (2021). *Dešťová voda je zadarmo a své využití najde i v domácnosti. Jak na to?* Zakra. Dostupné 6. 2. 2023 z <https://zakra.cz/blog/destova-voda-najde-sve-vyuziti-i-v-domacnosti-jak-na-to/>
- Kraus, M. (2020). *Co je sporič vody?* Zakra. Dostupné 6. 2. 2023 z https://zakra.cz/blog/co-je-sporic-vody/#Co_je_sporic_vody
- Králová, K. (2022). *EXKURZE ZA PRVKY HOSPODAŘENÍ S VODU Praha má první podzemní vsakovací rýhu na dešťovou vodu*. Počítáme s vodou. Dostupné 6. 2. 2023 z <https://www.pocitamesvodou.cz/exkurze-za-prvky-hospodareni-s-vodu-praha-ma-prvni-podzemni-vsakovaci-ryhu-na-destovou-vodu/>
- Kemel, M. (1996). *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. České vysoké učení technické. Praha.
- Langhammer, J. (2007). *Hydrologie-odtokový proces*. Katedra fyzické geografie a geoekologie. Dostupné 6. 2. 2023 z https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/hydro/pdf/Hydrologie_1_Langhammer_odtok_proces.pdf
- Litschmann, T. (2005). *Srovnání výpočetních metod potenciální evapotranspirace* <http://amet.cz/SrovnaniEvapotranspirace.pdf>.
- Mapy.cz (2022). Dostupné 13.05.2022 z <https://mapy.cz/zakladni?x=14.5045000&y=50.0804000&z=11>
- Ministerstvo pro místní rozvoj (2019). *Vsakování srážkových vod*. Metodická pomůcka. Ministerstva pro místní rozvoj. Dostupné 28.3.2023 z https://www.mmr.cz/getattachment/e16069fa-3bf8-4a1d-82af-28a17df865c5/Methodika-vsakovani_srpe
- Nehasil, O. (2015). *Hospodaření s dešťovou vodou v obcích*. DVS.cz. Dostupné 6.2.2023 z <https://www.dvs.cz/clanek.asp?id=6685720>

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>

Obec Lesná (2023). Odběr podzemních vod a vypouštěné produkované znečištění v obci Lesna za roky 2019-2022 a data za spotřebu domácností 2020 a 2021. Interní dokument obecního úřadu Lesná.

Podnik povodí Vltavy (2023). Data z vodoměrné s srážkoměrné stane v povodí Lužního potoka za roky 2013-2023. Interní dokument státního podniku povodí Vltavy.

Rutová, T. & Balejová, M. (2022). *Zpráva o hodnocení jakosti povrchových vod v dílčím povodí Berounky za období 2020-2021*. Povodí Vltavy. https://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodohospodarska-bilance/bilance2021/BE_text_jakost_2020-2021.pdf

Salzmann, K. (2019). *Doporučení k péči o vodní zdroje v obcích*. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR.

Stojkovicová, M., Machlica, A., & Fendeková, M. (2008). Hodnotenie hydrologického sucha a jeho vplyvu na zložky hydrologickej bilancie v povodí hornej Nitry. In Šír, M., Tesař, M., & Lichner, L. (Eds.) *Hydrologie malého povodí 2008*. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i.

Studna, J., & Herber, V. (2003). *Cvičení z fyzické geografie I. Hydrologie*. (3.vyd.). Západočeská univerzita v Plzni.

Šilar, J. (1993). *Hydrologie v životním prostředí*. Ostrava: Technická univerzita. Vysoká škola báňská – Technická univerzita.

Šráček, O., & Kuchovský, T. (2003). *Základy hydrogeologie*. Vydavatelství MU.

Švehla, P., Jeníček, P., Habart, J., Hanč, A., & Černý, J. (2007). Využití akumulace dusitanů při biologickém čištění odpadních vod. *Chemické listy*, 101, 776-781. https://old.vscht.cz/chem_listy/docs/full/2007_10_776-781.pdf

Šembera, J. (1979). *Systém řízení vodního hospodářství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

Švihla, V. (2001). Vliv lesa na odtokové poměry na malém povodí. *Lesnická práce* č. 2/01, 80. <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-80-2001/lesnicka-prace-c-2-01/vliv-lesa-na-odtokove-pomery-na-malem-povodi>

Tlapák, V., Šálek, J., Legát, V. (1992). *Voda v zemědělské krajině*. Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s MŽP ČR. Praha. <https://ndk.cz/view/uuid:66694bb0-8a11-11e2-8593-005056827e52?page=uuid:98b94dd0-f871-11e2-9584-001018b5eb5c>

Tyl, R., David, V., Beran, A. (2021). *Hydrologická bilance vybraných povodí ČR se zaměřením na suché období 2015–2019*. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace. DOI: 10.46555/VTEI.2021.03.005

Územní plán Lesná (2017). Dostupné 10.10.2022 z <https://www.obeclesna.cz/>

Vlček, V., Demek, J., & Kestřánek, J. (1984). *Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže*. Praha: Academia

Vítek, J., Stránský, D., Kabelková, I., Bareš, V., & Vítek, R. (2015). Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. 01/71 ZO ČSOP Koniklec.

Vykydal, M. (2017). Dešťové kanalizace. Dostupné 10. 3. 2023 z <https://vodnihospodarstvi.cz/destove-kanalizace/?highlight=destova%20voda>

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (2019). eKatalog BPEJ. Obecné informace o 8.69.01. Dostupné 07.05.2022 z <https://bpej.vumop.cz/86901>

Vyhláška č. 20/2002 Sb., Vyhláška Ministerstva zemědělství o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody. Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-20>

Vyhláška č. 431/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci. Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-431>

Vyhláška č. 501/2006 Sb., Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>

Vyhláška č. 268/2009 Sb., Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>

Vyhláška č. 83/2014 Sb., Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-83>

Vyhláška č. 48/2014 Sb., Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů. Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-48>

Voda ve městě (2021). *Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu*. České vysoké učení technické v Praze. <http://www.vodavemeste.cz/>

Zang, Z., Piao, S., Lin, X., Yin, G., Peng, S., Ciais, P. & Myneni, R., B. (2012). Global evapotranspiration over the past three decades: estimation based on the water balance equation combined with empirical models. *Environmental research letters*,7(1), 1-8. DOI 10.1088/1748-9326/7/1/014026

Zákon č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) § 22. Dostupné 1.2.2023 z <https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100053076.html>

Zákon č. 274/2001 Sb., Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>

Zákon č. 183/2006 Sb., Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Dostupné 1.2.2023 z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>

Žabička, Z., & Vrána, K. (2011). Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech: TP 1.20: technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob. Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT.

Seznam tabulek

Tabulka 1: <i>Nadmořské výšky katastrálních území obce Lesná.</i>	24
Tabulka 2: <i>Pohyb obyvatelstva v obci Lesná za roky 2019, 2020 a 2021.</i>	26
Tabulka 3: <i>Využití krajiny v obci Lesná za roky 2020 a 2021.</i>	26
Tabulka 4: <i>Jakost odebírané podzemní vody v Lesné za roky 2019- 2021.</i>	27
Tabulka 5: <i>Vypouštěné znečištění z čističky odpadních vod v Lesné za roky 2019- 2021.</i>	28
Tabulka 6: <i>Hydrologické charakteristiky Lužního potoka.</i>	30
Tabulka 7: <i>Statistické charakteristiky srážek v povodí Lužního potoka v období 2014-2022</i>	37
Tabulka 8: <i>Statistické charakteristiky průměrných teplot v povodí Lužního potoka v období 2014-2022.</i>	39
Tabulka 9: <i>Statistické charakteristiky průměrných odtokových výšek v povodí Lužního potoka v období 2014-2022</i>	40

Seznam obrázků

Obrázek 1: <i>Vstupní členy hydrologické bilance.</i>	11
Obrázek 2: <i>Hodnoty korekčního koeficientu.</i>	15
Obrázek 3: <i>Jednotlivé složky odtoku.</i>	17
Obrázek 4: <i>Obec Lesná v rámci SO ORP Tachov.</i>	23
Obrázek 5: <i>Povodí 4. řádu v kontextu nadřazeného povodí Mže po soutoku s Radbuzou s vyznačeným povodím Lužního potoka.</i>	31
Obrázek 6: <i>Povodí Lužního potoka v kontextu obce Lesná.</i>	35
Obrázek 7: <i>Sídlo Lesná vyznačené na ortofotomapě.</i>	45

Seznam grafů

Graf 1: <i>Vývoj počtu obyvatel v obci Lesná mezi roky 1869–2021.</i>	25
Graf 2: <i>Průměrné roční úhrny srážek v povodí Lužního potoka za hydrologické roky v období 2014-2022.</i>	36
Graf 3: <i>Minimální, maximální a průměrné měsíční úhrny srážek v povodí Lužního potoka za hydrologické roky v období 2014-2022.</i>	36
Graf 4: <i>Minimální, maximální a průměrné měsíční teploty v povodí Lužního potoka hydrologické roky 2014-2022.</i>	38
Graf 5: <i>Minimální, maximální a průměrná měsíční výška odtoku Lužního potoka za roky 2014–2022.</i>	39
Graf 6: <i>Průměrné roční odtokové výšky na Lužním potoce za roky 2014-2022.</i>	41
Graf 7: <i>Měsíční potenciální evapotranspirace v povodí Lužního potoka za roky 2014–2022.</i>	42
Graf 8: <i>Roční potenciální a skutečná evapotranspirace v povodí Lužního potoka za roky 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 a 2022.</i>	42
Graf 9: <i>Hydrologická bilance za hydrologické roky 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021 a 2022.</i>	43
Graf 10: <i>Měsíční bilance vody v sídle Lesná za rok 2019.</i>	46
Graf 11: <i>Měsíční bilance vody v sídle Lesná za rok 2021.</i>	47
Graf 12: <i>Složky vodohospodářské bilance v sídle Lesná za roky 2019 a 2021.</i>	48
Graf 13: <i>Průměrný denní příjem vody na osobu.</i>	49
Graf 14: <i>Činnosti, při kterých je spotřebována pitná voda v domácnosti.</i>	50

Seznam zkratek

a	koeficient
a	zdroj půdní vláhy
BSK_5	biochemická spotřeba kyslíku
c_{max}	maximální přípustná koncentrace látky ve vodách
c_{nat}	přirozená koncentrace látky ve vodě
ČSN	česká technická norma
e_a	napětí nasycených vodních
e_d	napětí nasycených vodních par
$F_{(\lambda)}$	korekční koeficient
H_O, O_{pv}	odtok/odtoková výška
H_{PO}	povrchový odtok
H_{HO}	hypodermický odtok
H_{OD}	odčerpaná voda
H_{ET}, O_{ev}	evapotranspirace
H_{pod}, P_{pz}	přítok podzemní vody
$H_{pod.odtok}, O_{pz}$	podpovrchový odtok
H_I	infiltrace
$H_s, P_s, H_{s(dk)}$	srážky
$H_{př}, P_{pr}$	přírůstek vody z jiného území
$H_{v(d)}$	redukčním koeficientem
H_0	čistý příjem energie záření
HDV	hospodaření s dešťovou vodou
$CHSK_{Mn}$	chemická spotřeba kyslíku
$CHSK_{Cr.}$	chemická spotřeba kyslíku dichromanem
I	roční termický index

K	křivolakost
L	délka toku
L_{\min}	nejkratší možná délka toku
N-NH ₄	amoniakální dusík
NL	nerozpustné látky
n_{\max}	astronomicky možná délka slunečního svitu
SO ORP	správní obvod obce s rozšířenou působností
P_{celkem}	celkový fosfor
P_{pv}	povrchový přítok
PET	potenciální evapotranspirace
R	průměrná dopadající záře
Tai	průměrná měsíční teplota vzduchu
T_m	průměrná denní teplota vzduchu
u^2	rychlost větru
V	teplota rosného bodu
<i>WFproc, grey</i>	šedá vodní stopa
γ	psychrometrická konstanta
$\Delta S, H_{\text{DW}}, \Delta V$	změna stavu vodních zásob
Δ	gradient křivky
σ	deficit půdní vlhkosti

Seznam příloh

Příloha A: Dotazníkové šetření zabývající se spotřebou vody a hospodařením s vodou v domácnostech.

Příloha A: Dotazníkové šetření zabývající se spotřebou vody a hospodařením s vodou v domácnostech.

Jaký je Váš průměrný denní příjem vody (v litrech)?

1. 1-2
2. 2-3
3. 3-4
4. 4 a více

Jakou vodu nejčastěji pijete?

1. Kohoutková voda
2. Balená

Pokud preferujete balenou vodu, kde ji kupujete?

1. V Lesné
2. Jinde

Jakou formou v domácnosti spotřebováváte vodu?

1. Splachování
2. Koupel
3. Mytí nádobí v ruce
4. Myčka na nádobí
5. Praní prádla
6. Zvlažování zahrady
7. Mytí rukou

Jak často perete prádlo?

1. 1-2x týdně
2. Každý den
3. 1-2x denně
4. Více než 2x denně

Máte v domácnosti instalován vodovodní systém na zachycené dešťové vody

1. ANO
2. NE

Jaký je váš přístup k vodě jako cennému zdroji a jakým způsobem se snažíte šetřit vodou v běžném životě?

Používáte vodu z vlastního zdroje (studna, vrt)?

1. ANO
2. NE

Máte nějaké návrhy, jak by se mohlo zlepšit hospodaření s vodou ve vaší oblasti?

Abstrakt

Packanová, Š. (2023). *Komplexní vodohospodářská bilance v obci Lesná* [Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni].

Klíčová slova: hydrologická bilance, vodohospodářská bilance, hospodaření s vodou, hospodaření se srážkovou vodou

Bakalářská práce se zaměřuje na stanovení vodohospodářské bilance v sídle Lesná a stanovení hydrologické bilance povodí Lužního potoka. V práci jsou popsány jednotlivé členy bilancí, které jsou okomentované. Na základě dotazníkového šetření jsou dále navrženy koncepce hospodaření s vodou v domácnostech a v obci Lesná.

Abstract

Packanová, Š. (2023). *Complex water management balance in the village of Lesná* [Bachelor Thesis, University of West Bohemia].

Key words: hydrological balance, water balance, water management, rainfall water management

The bachelor thesis focuses on the determination of water management balance in the village of Lesná and the determination of hydrological balance of the Lužní potok basin. The work describes individual components of the balances, which are commented on. Based on a questionnaire survey, concepts for water management in households and in the municipality of Lesná are proposed.