

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**STAVEBNĚ-TECHNOLOGICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHU
VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD NA KONKRÉTNÍM
PROJEKTU - VÝROBNÍ HALA - ŽEBRÁK**

2023

BC. ONDŘEJ KOSAŘ

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. KAREL POLÁK, PH. D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů uvedených v seznamu citované literatury. Odkazy na zdroje jsou v textu uvedeny prostřednictvím hranatých závorek. Citace jsou uvedeny kurzívou. Elektronická podoba je shodná s tištěnou verzí.

V Praze dne: 7. ledna 2024

.....

Bc. Ondřej Kosař

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Karlu Polákovi, Ph. D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a podněty. Dále bych rád poděkoval doc. Ing. Davidu Stránskému, Ph.D. za konzultaci a doporučení odborné literatury, Ing. Davidu Langerovi za poskytnutí podkladů k této práci a Šárce Piechowiczové a Ing. Martinu Matoškovi za spolupráci při návrhu systému na hospodaření s dešťovou vodou.

Zadání

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6


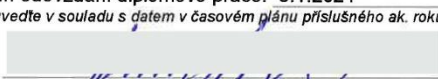


ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


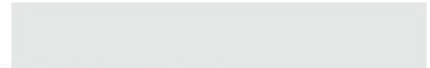
Příjmení: Kosař	Jméno: Ondřej	Osobní číslo: 478660
Zadávající katedra: Katedra technologie staveb K122		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Stavebně-technologické posouzení návrhu využití dešťových vod na konkrétním projektu - Výrobní hala - Žebrák	
Název diplomové práce anglicky: Construction-technological assessment of the proposal for the use of rainwater on a specific project - Production hall - Žebrák	
Pokyny pro vypracování: 1) definice základních pojmů a analýza legislativy 2) současný stav problematiky v ČR a zahraničí 3) představení konkrétního projektu s vymezením studie využitelnosti 4) posouzení projekčního řešení v zadání s návrhem možných alternativ využití vod 5) vícekritériální vyhodnocení řešených návrhů a alternativ 6) dotazníkové šetření k řešené problematice	
Seznam doporučené literatury: [1] Jarský Č.: Automatizovaná příprava a řízení realizace staveb, CONTEC Kralupy n. Vlt. 2000, ISBN 80-238-5384-8 [2] Jarský Č., Musil F. a kol.: Příprava a realizace staveb, Akademické nakladatelství CERM s. r. o. Brno 2003, ISBN 80-7204-282-3	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Karel Polák, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 26.09.2023	Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2024 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

 Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
--	---

Anotace

Tato práce se zabývá stavebně-technologickým posouzením návrhu využití dešťových vod na konkrétním projektu výrobní haly v Žebráku.

Úvodem práce jsou uvedeny základní legislativní požadavky na nakládání s dešťovou vodou v rámci povolování staveb a současný stav problematiky ohledně hospodaření s dešťovými vodami v rámci ČR a zahraničí. Dále je v této práci představen konkrétní projekt výrobní haly v Žebráku, současný návrh hospodaření s dešťovou vodou a možnosti jejího využití. Práce se soustředí na návrh možných alternativ využití dešťových vod a jejich porovnání se současným návrhem pomocí vícekriteriální analýzy. Závěrem práce je provedeno dotazníkové šetření k této problematice, které zkoumá názor veřejnosti na hospodaření s dešťovou za konkrétních podmínek.

Cílem této práce je doporučení vhodného návrhu hospodaření s dešťovou vodou na tomto konkrétním projektu.

Klíčová slova: využití dešťových vod, hospodaření s dešťovými vodami, výrobní hala, Žebrák, modrozelená infrastruktura, retenční nádrž, akumulční nádrž

Abstract

This thesis deals with the construction-technological assessment of the design of rainwater harvesting on a specific project of a production hall in Žebrák.

The thesis starts with the basic legislative requirements for stormwater management in the framework of building permits and the current state of the art regarding stormwater management in the Czech Republic and abroad. Furthermore, this thesis presents the specific project of the production hall in Žebrák, the current proposal of rainwater management and the possibilities of its use. The thesis also focuses on the proposal of possible alternatives for the use of stormwater and their comparison with the current design using multi-criteria analysis. Finally, the thesis concludes with a questionnaire survey on this issue, which explores public opinion on stormwater management under specific conditions.

The objective of this thesis is to recommend an appropriate stormwater management design for this particular project.

Key words: rainwater harvesting, rainwater management, production hall, Žebrák, blue-green infrastructure, retention tank, accumulation tank

Obsah

Definice základních pojmů a analýza legislativy.....	2
Definice základních pojmů	2
Analýza legislativy	3
Současný stav problematiky v ČR a zahraničí.....	5
Úvod do problematiky.....	5
Hlavní výzvy pro hospodaření s vodou v ČR.....	6
Strategické cíle ČR.....	7
Úloha obcí v ČR.....	8
Nástroje pro dosažení strategických cílů	9
Problematika v zahraničí.....	10
Sponge cities	11
Zahraníční příklady	12
Shrnutí.....	15
Představení konkrétního projektu	16
Účel objektu	16
Dispoziční řešení.....	16
Kapacity užitkové plochy haly	18
Technické a konstrukční řešení objektu.....	18
Popis území	21
Systém odvádění dešťových vod.....	22
Dešťová kanalizace a retenční objekt.....	23
Voda pro provoz výrobní haly	26
Studie využitelnosti dešťové vody.....	28
Využití dešťové vody pro zálivku zeleně	28
Využití dešťové vody pro splachování WC	30
Využití dešťové vody jako pitné vody pro zaměstnance.....	33
Technologická voda.....	34
Chlazení budovy	35
Posouzení projekčního řešení v zadání s návrhem možných alternativ využití vod	37
Projekční řešení.....	37
Využití vody pro zálivku.....	38
Využití vody pro splachování WC	42
Pitná voda pro zaměstnance	46

Vícekriteriální vyhodnocení řešených návrhů	48
Úvod	48
Kritéria	48
Analýza	49
Vyhodnocení	52
Dotazníkové šetření k řešené problematice	53
Úvod	53
Otázky do dotazníku	53
Vyhodnocení dotazníku	58
Shrnutí a závěr	61
Zdroje	62
Odborná literatura	62
Právní předpisy	63
Technické normy a pomůcky	63
Ostatní pomůcky	63
Seznam obrázků	64
Seznam tabulek	64
Seznam grafů	65
Přílohy	66

Definice základních pojmů a analýza legislativy

Definice základních pojmů

Hospodaření s dešťovými/srážkovými vodami (HDV)

Takové nakládání s dešťovými vodami, které se zaměřuje na celé spektrum variability srážkového režimu od běžných dešťů po extrémní deště a jehož cílem je v maximální možné míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před urbanizací, chránit urbanizované území před zaplavením a vnosem znečištění do povrchových a podzemních vod a snižovat dopady sucha. [1.1]

Hydraulický stres

Škodlivé vlivy na vodní flóru a faunu způsobené vysokými průtočnými rychlostmi a unášecími silami [1.1]

Tepelný ostrov

Tepelný ostrov je oblast urbanizovaného území, která je výrazně teplejší než okolí. Vzniká ohříváním ploch, které více pohlcují teplo než přirozený povrch zeleně a tím ohřívají i okolní vzduch. [4.1]

Příjemce srážkových vod

Typ prostředí, do kterého jsou srážkové vody odváděny. Tím může být ovzduší, půdní a horninové prostředí, povrchová voda nebo jednotná kanalizace. [2.7]

Modrozelená infrastruktura (MZI)

Prvky a systémy sídelní zeleně a vodní prvky, přírodní či uměle vytvořené, které slouží zároveň jako opatření hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích, tj. podporují výpar, retenci a vsak srážkové vody. [1.1]

Retenční nádrž

Retenční nádrž slouží pro zadržení určitého množství dešťové vody na určitou dobu, před předáním příjemci srážkových vod. Smyslem nádrže je zpomalit odtok a tím chránit příjemce vody před zahlcením.

Akumulační nádrž

Akumulační nádrž slouží k zadržení určitého množství dešťové vody na dobu potřebnou pro její využití. Smyslem nádrže je schraňovat vodu a využít jí v čase kdy by jí jinak byl nedostatek.

Analýza legislativy

Začlenění hospodaření s dešťovými vodami (HDV) do plánovacích procesů podporuje řada strategických dokumentů a státních politik, zejména Politika územního rozvoje České republiky (ve znění 2020), Politika architektury a stavební kultury České republiky (2015), Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (2015), Národní akční plán adaptace na změnu klimatu (2017), Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky (2017) a Studie hospodaření se srážkovou vodou v urbanizovaných územích (2019). [2.7]

Národní rámec stanovuje povinnost HDV ze staveb dle těchto principů. Požadavek na začlenění těchto principů definuje zákon o vodách a vyhlášky ke stavebnímu zákonu.

Pro návrh HDV jde zejména o tyto požadavky:

Zákon č. 254/2001 Sb. - o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ukládá požadavky pro začlenění principů hospodaření s dešťovými vodami (HDV). Pro získání stavebního povolení, změny stavby před dokončením, změny užívání stavby nebo dodatečného povolení stavby musí stavebník tyto podmínky splnit. Tedy musí vyřešit HDV podle stanovených priorit. Jedná se následující **§ 5, odst. (3) vodního zákona** - „*Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání je stavebník povinen podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním odpadních vod kanalizací k tomu určenou. Není-li kanalizace v místě k dispozici, odpadní vody se zneškodňují přímým čištěním s následným vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních. V případě technické neproveditelnosti způsobů podle vět první a druhé lze odpadní vody akumulovat v nepropustné jímce (žumpě) s následným vyvážením akumulovaných vod na zařízení schválené pro jejich zneškodnění. Dále je **stavebník povinen zabezpečit omezení odtoku povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby (dále jen „srážková voda“)** akumulací a následným využitím, popřípadě vsakováním na pozemku, výparem, anebo, není-li žádný z těchto způsobů omezení odtoku srážkových vod možný nebo dostatečný, jejich zadržováním a řízeným odváděním nebo kombinací těchto způsobů. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.*“ [2.1]

Vyhláška 268/2009 Sb. - Vyhláška o technických požadavcích na stavby, požaduje bezpečné odvedení srážkových, vod dopadajících na stavby, které nejsou zadržovány pro další využití, pomocí regulovaného odtoku. **268/2009 Sb., § 6, odst. (4)** - „*Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.*“ [2.2]

V rámci návrhu HVD lze také odkázat **vyhlášku 499/2006 Sb.** o dokumentaci staveb - příloha č. 12 - a) až e) stavebního zákona, která pod bodem B.1 Popis území stavby, písmenem i) vliv stavby na okolní stavby a pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území, stanovuje rozsah a obsah dokumentace pro stavební povolení. Tedy povinnost řešit hospodaření s dešťovou vodou v rámci zpracování situačního výkresu. [2.3]

Vyhláška č. 501/2006 Sb. - Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území, určuje priority pro nakládání se srážkovou vodou podrobně v **§ 20, odst. (5), písm. c)** „*Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno ... c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno 1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování, 2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo 3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.*“ [2.4]

Změna legislativy

V současné době prochází stavební zákon (Zákon č. 183/2006 Sb.) novelizací a od 1.ledna 2024 bude nahrazen novým stavebním zákonem **č. 283/2021 Sb.**, kterým budou požadavky stanovené § 5, odst. (3) vodního zákona dány do souladu ve vazbě na nový stavební zákon. [2.5]

Po přijetí nového stavebního zákona bude zrušena Vyhláška č. 501/2006 Sb. a v platnost vejdou nové požadavky na vymezení stavebních pozemků tak, aby na nich bylo řádně hospodařeno s dešťovými vodami viz **Zákon č. 283/2021 Sb. § 140, odst. (3), písm. c)** - „*Požadavky na vymezení stavebních pozemků c) hospodaření se srážkovými vodami jejich 1. akumulací a následným využitím, vsakováním nebo výparem, pokud to hydrogeologické poměry, velikost pozemku a jeho výhledové využití umožňují a pokud nejsou vsakováním ohroženy okolní stavby nebo pozemky, 2. odváděním do vod povrchových prostřednictvím dešťové kanalizace, pokud jejich vsakování ani akumulace s následným využitím není možná, nebo 3. regulovaným odváděním do jednotné kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových.*“ [2.5]

Pro návrh konkrétního zařízení pro HDV můžeme využít například i normu **ČSN EN 16941-1 Zařízení pro využití nepitné vody**, která specifikuje požadavky na srážkové nádrže a využití - specifikuje minimální požadavky na tato zařízení [3.1]

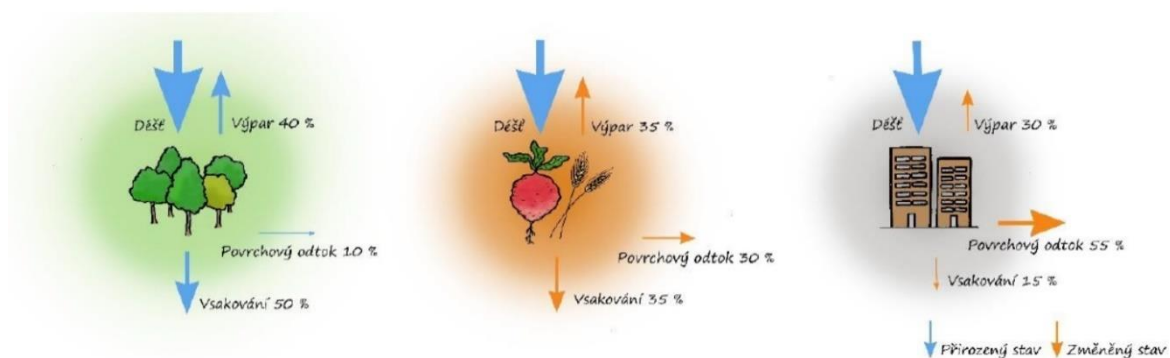
Současný stav problematiky v ČR a zahraničí

Úvod do problematiky

Hospodaření se srážkovými vodami (HDV) se dotýká celého spektra variability srážkového systému a to nejen v České republice ale i v zahraničí. Správné HDV je důležité v kontextu globální změny klimatu spojené s urbanizací a rozrůstáním měst a dotýká se všech ekosystémů, lidí, sektorů průmyslu, služeb a dalších oblastí života. [1.3]

V urbanizovaném prostředí se zásadně mění přirozený poměr evaporace vod z povrchu, transpirace vody povrchem rostlin, vsakování do půdy a povrchového odtoku. To narušuje přirozené mikroklima urbanizované oblasti a působí negativně na celý ekosystém.

Jak je patrné z obr. 1, **v urbanizovaných územích převládá povrchový odtok srážkových vod**, to je způsobeno především vysokým podílem nepropustných ploch (např. komunikace, střechy budov), který v centrech městských aglomerací dosahuje 70% i více. **Srážková voda se nemůže přirozeně vsakovat do půdního a horninového prostředí**. Rovněž úroveň výparu (evapotranspirace) je oproti přirozeným podmínkám snížena. Naopak výrazně se zvyšuje objem a maxima povrchového odtoku, který je ještě urychlen odkanalizováním. [1.4]



Obr. 1 - Srovnání složek koloběhu vody v přirozeném zalesněném povodí, v zemědělském povodí a ve vysoce urbanizovaném prostředí [1.5]

Tyto změny mají dopad na různé složky životního prostředí, a to především **na pozemní vodu**, jejíž hladina se snižuje, což může v konečném důsledku ohrozit zásobování pitnou vodou. [1.6]

Dále **na povrchové vody**, kterým se v důsledku změn složek koloběhu vody mění hydraulický režim. To znamená, že v období sucha mohou tyto toky vysychat nebo naopak trpí kulminačními průtoky srážkových vod. To negativně ovlivňuje koryta řek a působí erozi dna a břehů, a zároveň odplavuje organizmy přirozeně žijící ve vodním prostředí a způsobuje tzv. hydraulický stres. [1.6]

V neposlední řadě mají tyto změny negativní dopad **na mikroklima** v urbanizované části, kdy snížením výparu dochází k narušení energetického režimu v prostředí, které se projevuje zvýšením teplot a podporuje vznik tepelných ostrovů. [1.6]

Výše popsaná situace změny přirozeného koloběhu vody umocňuje probíhající změnu klimatu.

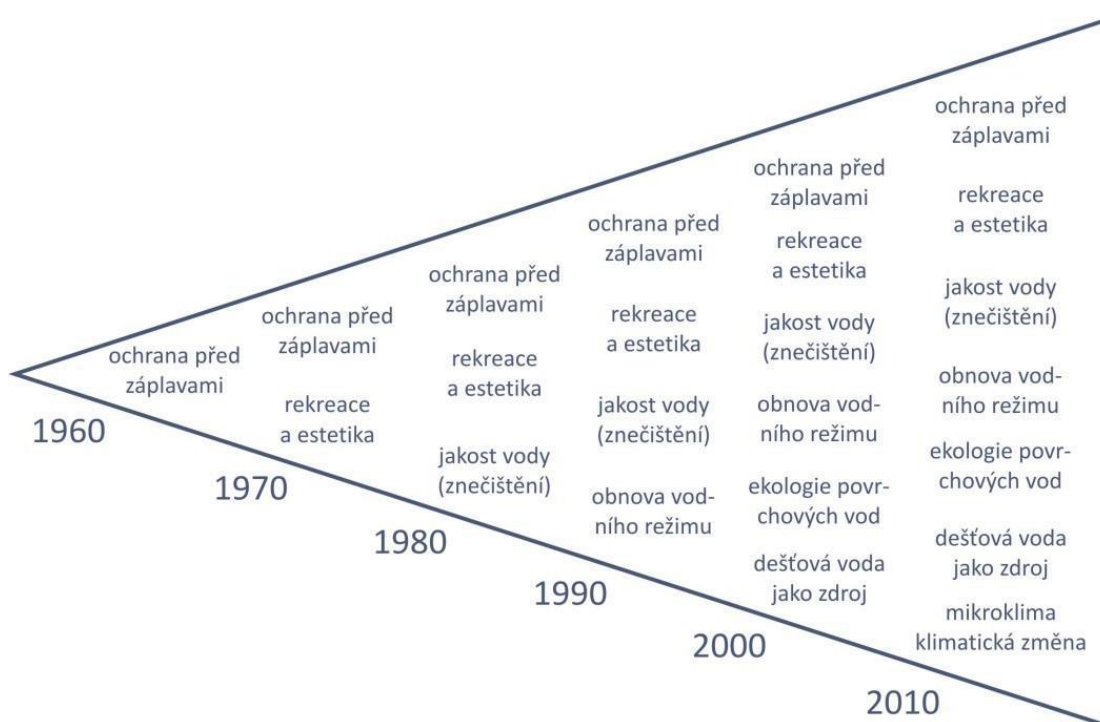
Důsledky změny klimatu mohou být v podobě extrémních projevů počasí, většího výskytu přírodních katastrof, negativního vlivu na zdraví lidí, snížení výnosu v zemědělství, zvyšování hladiny

moří apod. Způsob, jakým je dnes městská výstavba rozvíjena a budována, vede k tvorbě tzv. tepelných ostrovů, což ještě více prohlubuje negativní dopad klimatických změn [1.3] a snižování kvality života v sídlech.

Účelem správného nakládání s dešťovými vodami je v maximální možné míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před urbanizací, chránit urbanizované území před zaplavením a vnosem znečištění do povrchových a podzemních vod a snižovat dopady sucha.

Hlavní výzvy pro hospodaření s vodou v ČR

Řešení a přístupy městského odvodnění v rozvinutých zemích se historicky vyvíjeli a rozšiřovali. Zprvu byly úzce zaměřené na rychlé odvádění srážkových vod z urbanizovaných oblastí a ochranu před záplavami. Vývoj cílů dále zahrnoval ochranu jakosti vody a využití pro rekreaci a postupně se rozšiřoval až v multioborové disciplíny zaměřené na ochranu ekologie vod, obnovu vodního režimu a ochranu mikroklimatu [obr. 2].



Obr. 2. - Vývoj cílů městského odvodnění (podle Fletcher et al., 2015) [1.7]

Mezi hlavní výzvy současného stavu hospodaření s vodou, se kterými se Česká republika potýká, patří:

Povodně a záplavy

Povodně a ochrana před záplavami jsou prvním z cílů městského odvodnění (podle Fletcher et al., 2015). Povodně byly v ČR významným problémem, byly podniknuty kroky a vybudována infrastruktura pro minimalizaci rizik jako jsou protipovodňové hráze a zlepšené povodňové plány. Riziko záplav ale stále přetrvává, zejména v oblastech se zvýšeným výskytem extrémních srážek a v blízkosti vodních toků. [1.8]

Kvalita vodních zdrojů

Srážkové vody odtékající z povrchů mohou nést znečištění z různých zdrojů. Může se jednat o hrubé nečistoty, jemné částice, těžké kovy, uhlovodíky, organické znečištění, patogenní mikroorganismy nebo chloridy [1.9], ty mohou negativně ovlivnit kvalitu vodních zdrojů, ekosystému či lidského zdraví. Pro ochranu příjemce srážkových vod (např. recipientu) je nutné sledovat potenciál znečištění odtékající vody a přizpůsobit volbu objektů pro HDV.

Sucho a suchá období

Problémem který umocňuje probíhající změna klimatu je také nedostatek vody v období sucha. HDV zahrnuje také snahy o zadržování vody v krajině budováním podzemních těles, ploch zeleně nebo propustných zpevněných povrchu určených pro vsakování srážkové vody, budování retenčních nádrží s regulovaným odtokem, nebo objektů pro zachycování a akumulaci srážek v pro použití v obdobích nedostatku vody. [1.8]

Ochrana přírody a krajiny

Mezi další výzvy současného stavu patří obnova a ochrana přirozené vodního režimu krajiny. Patří sem ochrana opatření k ochraně půdy před erozí, účinné hospodaření se srážkovými vodami, udržení biodiverzity krajiny a ochrana urbanizovaných území před přehříváním a negativními změnami mikroklimatu.

Strategické cíle ČR

Česká republika zavádí celou řadu opatření a strategií, která zahrnují retenci vody v krajině, zlepšení infrastruktury pro správu srážkových vod, podporu udržitelného zemědělství a ochranu vodních toků. Tato opatření jsou však v různých fázích realizace a jejich úspěch závisí na financování, spolupráci s veřejností a dlouhodobé udržitelnosti.

Současným trendem je zlepšení vodního režimu urbanizovaných území za účelem jejich adaptace na změnu klimatu a zvýšení kvality života v nich.

Toho lze docílit vytyčením strategických cílů vodního hospodářství oblasti hospodaření s dešťovými vodami, popsáním současného stavu HDV, identifikací slabín současného stavu a návrhem změn pro jejich odstranění a dosažení strategických cílů. [1.1]

Hlavní zásadou řešení je multioborový přístup, jehož účelem je propojit hospodaření se srážkovými vodami s územním plánováním, krajinným plánováním, dopravním plánováním ad., tak, aby se udržitelné hospodaření s vodou stalo integrální součástí rozvoje obcí. [1.1]

Strategické cíle pro HDV

SC 1: Dosažení přirozené vodní bilance

SC 2: Ochrana urbanizovaného území před zaplavením v důsledku přívalových srážek

SC 3: Ochrana povrchových a podzemních vod

SC 4: Snížení spotřeby pitné vody užíváním srážkové vody

SC 5: Zlepšení mikroklimatu ve městech

SC 6: Podpora využití vody pro zajištění estetických, rekreačních a dalších služeb v urbanizovaných územích [1.1]

Úloha obcí v ČR

V současné době neexistuje ucelený soubor podkladů a dokumentů a nakládání s dešťovými vodami tak zůstává na obcích [1.2]

Obec má v případě plánování hospodaření se srážkovou vodou k dispozici tyto **základní nástroje**:

- **územní plán** (obec rozhoduje o pořízení územního plánu, schvaluje jeho zadání a vydává územní plán formou opatření obecné povahy),
- **regulační plány** (obec rozhoduje o pořízení regulačního plánu, schvaluje jeho zadání a vydává regulační plán formou opatření obecné povahy; prostřednictvím určeného zastupitele aktivně spolupracuje s pořizovatelem při přípravě zadání a při pořizování návrhu),
- **územní studie** (obec v územním plánu vymezuje území pro zpracování územní studie a stanovuje podmínky pro její pořízení),
- **územní řízení** (obec je účastníkem řízení).

V rámci těchto dokumentů má obec možnost stanovit základní principy a pravidla pro HDV v daném území a stanovit prostory, klíčové parametry a využití ploch pro HDV. A na základě potřeb HDV také vyčlenit odpovídající pozemky. Vhodné je též zapracovat zásady, podmínky a opatření podporující rozvoj zelené infrastruktury. [1.2]

Pomocí všech výše uvedených dokumentů je obec schopna dosáhnout koordinace jednotlivých segmentů výstavby tak, aby si vzájemně nekonkurovaly, ale naopak se doplňovaly, případně vytvářely synergický efekt. [1.2]

Pro začlenění principů HDV do rozhodovacích procesů obce a do městského plánování má obec k dispozici také systém dokumentů jako jsou: Strategie adaptace obce na změnu klimatu, **Plán zavádění HDV**, **Standardy HDV** a dokumenty již realizovaných projektů.

„Plán zavádění HDV vytváří rámcové podmínky pro zavádění HDV v obci. Jeho účelem je koordinovat stavební činnost tak, aby modrozelená infrastruktura (MZI) měla v procesu územního plánování, výstavby a rozvoje obce rovnocenné podmínky jako má ostatní infrastruktura.“ [1.2]

„Standardy HDV jsou technický manuál pro přípravu, projektování, projednávání, realizaci a předávání objektů HDV.“ [1.2]

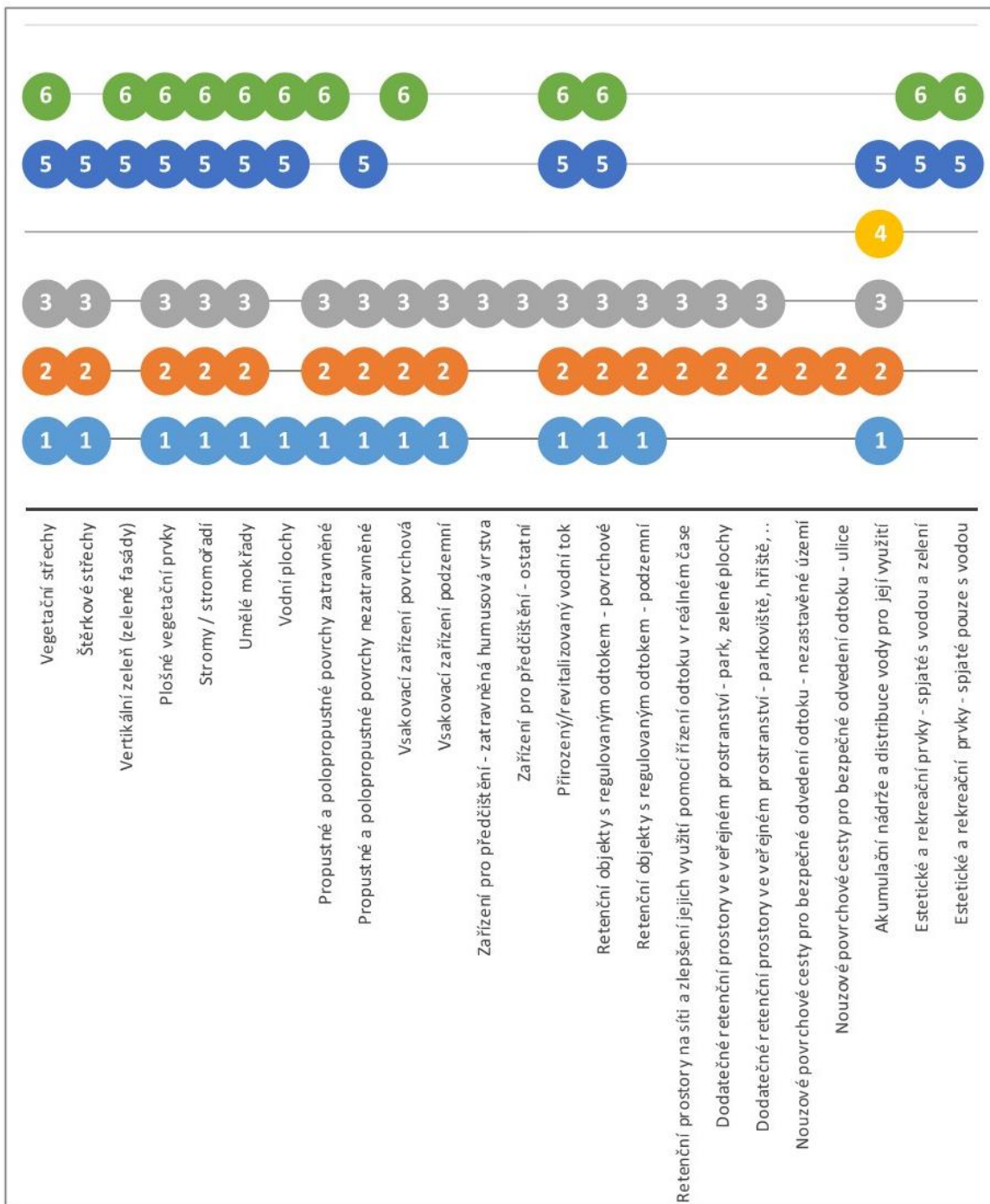
Nástroje pro dosažení strategických cílů

Opatření pro hospodaření se srážkovou vodou pro dosažení stanovených strategických cílů můžeme primárně rozdělit na opatření modrozelené infrastruktury (MZI) a na technická opatření. [1.1]

Mezi opatření MZI patří: vegetační střechy, vertikální zeleň, plošné vegetační prvky, stromy, umělé mokřady, vodní plochy, propustné povrchy zatravněné, vsakovací zařízení povrchová, vegetační zařízení pro předčištění, vodní toky, retenční objekty povrchové, retenční prostory ve veřejném prostranství (parky, zelené plochy,...), nouzové koridory pro bezpečné odvedení toku (nezastavěné, vegetační), rekreační prvky spjaté s vodou a zelení [1.1]

Mezi technická opatření patří: šterkové střechy, propustné povrchy nezatravněné, vsakovací zařízení podzemní, retenční objekty podzemní, Retenční prostory ve veřejném prostranství (parkoviště, hřiště,...), nouzové koridory pro bezpečné odvedení toku (ulice) [1.1]

Na obrázku č. 3 je patrné, která z výše uvedených opatření mohou plnit které strategické cíle pro HDV (v kroužku číslo strategického cíle). Některá opatření mohou plnit více strategických cílů zároveň, existují také opatření, která jsou specifická a navržena tak aby plnila konkrétní strategický cíl.



Obr. 3. - Typická opatření pro dosažení strategických cílů [1.1]

Problematika v zahraničí

Problematika hospodaření se srážkovými vodami v souvislosti s dopady změn klimatu je celosvětovým tématem v několika posledních letech. Řadu světových velkoměst trápí na jedné straně vlny veder a na druhé straně extrémní přívalové deště a s tím spojené záplavy.

„Oteplování planety vede k častějšímu výskytu vln veder, a z toho plynoucím období sucha nebo mohutnějších hurikánů. Na první pohled nemusí být zcela zřejmé, že oteplování planety způsobuje

těž silnější a intenzivnější deště nebo povodně. Dochází tedy k častějším výkyvům extrémních meteorologických jevů všech typů, které mají negativní vliv na města, která na to nejsou připravena.“ [1.10]

V reakci na dopady klimatické změny se celosvětově rozšiřuje komplexita pojetí srážkové vody ve městech na koncepční plánování měst s adaptivní multifunkční infrastrukturou, která zajistí udržitelné hospodaření s vodou v sídlech, synergie s ochranou mikroklimatu, rekreací, rozvojem a utvářením měst. [1.1]

Zásadou je multioborový přístup k této problematice. Na obrázku č. 4 jsou znázorněny komponenty plánování měst a zainteresované disciplíny.

	Udržitelné hospodaření s vodou v sídlech			Územní plánování			Tvorba městské krajiny	
Komponenty	zajištění zásobování vodou	hospodaření se srážkovými vodami	čištění odpadních vod/ recyklace	ekologické požadavky	hospodářské požadavky		estetická kvalita	městská infrastruktura
	zajištění / zlepšení kvality vody		ochrana povrchových a podzemních vod	sociální požadavky	kulturní požadavky			
Disciplíny	technici a inženýři ochrany ŽP	odborníci na životní prostředí	projektanti životního prostředí	urbanisté a krajinářští architekti	veřejná správa	architekti/ inženýři	krajinářští architekti	urbanisté/ architekti

Obr. 4. - Komponenty a zainteresované disciplíny při tvorbě měst citlivých k vodě [1.1]

Sponge cities

Příkladem může být například iniciativa Sponge cities („houbová města“), kterou v roce 2014 vyhlásila čínská vláda jako odpověď na rostoucí problémy s povodněmi a zhoršující se kvalitou vody ve městech. Jedná se o přírodě blízkou strategii boje se záplavami ve městech a zároveň zlepšování ekosystémů a životního prostředí. [1.11]

Hlavním cílem iniciativy je vytvoření městských prostředí, která jsou schopna absorbovat, nebo zachycovat a znovu využívat srážkovou vodu. Iniciativa klade důraz na zvládnání povodní prostřednictvím posílení zelené infrastruktury namísto pouhého spoléhání na konvenční odvodňovací prvky šedé infrastruktury a protipovodňových systémů. [1.11]

To se děje pomocí různých opatření jako jsou zelené plochy, mokřady, propustné povrchy, zelené střechy, ad., které zlepšují ekologickou a biologickou rozmanitost městské krajiny, snižují riziko povodní, zlepšují kvalitu vody a odolnost měst vůči extrémním klimatickým jevům. Sponge cities je souborem řešení založených na přírodě, využívajících přírodní krajinu k zachycení, zadržení a čištění vody. Koncept byl inspirován středověkou adaptací na klimatické výzvy v monzunových oblastech jihovýchodní Číny [1.12].

Svým měřítkem implementace a šíří je tato iniciativa celosvětově významná, nejedná se ovšem o zcela unikátní projekt. Podobné iniciativy jsou realizovány i v dalších částech světa. Podobné iniciativy mají různé názvy: „Green infrastructure“ („Zelená infrastruktura“) v Evropě, „Low-impact development“ ve Spojených státech, „Water-sensitive urban design“ v Austrálii a další.

Zahraniční příklady

Sponge city Xiamen

Jedno z prvních měst, které se v roce 2015 zapojilo do iniciativy Sponge cities byl Xiamen. Projekt zahrnoval rozdělení města na 16 samostatných odvodňovacích okrsků, vybudování propustných ploch, komunikací, ekologických říčních systémů, infrastrukturu pro minimalizaci znečištění vodních toků a přírodní odvodňovací zařízení. Cílem projektu bylo pojmout 70% ročních srážek v urbanizovaném území. [1.13]

Na obrázku č. 5 je znázorněna realizovaná úprava břehu řeky ve městě Xiamen.



Obr. 5 - Návrh úpravy břehu dle projektu Sponge cities [1.13]

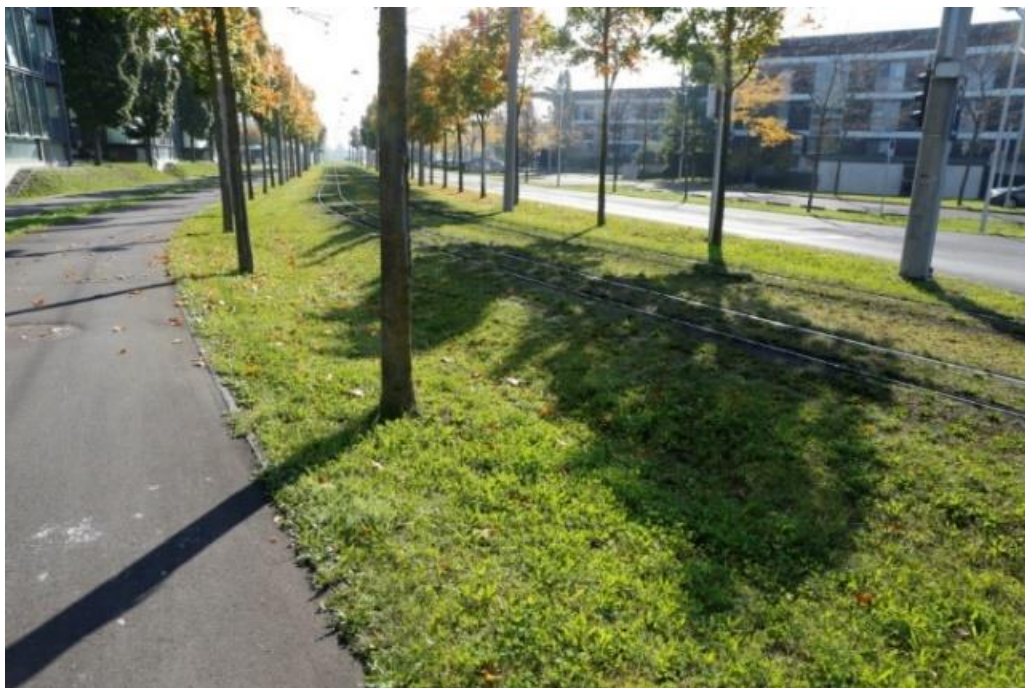
SolarCity Linec

Dalším příkladem koncepčního plánování hospodaření se srážkovými vodami na úrovni měst je projekt SolarCity v Linci, který vznikl na základě nutnosti rozšíření prostoru pro bydlení 25 000 obyvatel. Městská rada se rozhodla vybudovat udržitelnou městskou část Pichling, co se týče energie, přírody a vody. [1.14] [1.15]

„Základní podmínkou bylo zachovat původní bilanci vody v území, neohrozit jakost a množství podzemní vody a přírodní mokřady. Použít je převážně povrchový decentralizovaný systém skládající se z otevřených koryt, retenčních příkopů a zatravněných průlehů, které jsou integrovány do veřejného prostoru tak, aby přirozený cyklus vody byl viditelný a obyvatelstvu pochopitelný.“ [1.1]

V SolarCity jsou podél komunikací provedené zatravněné průlehy, které jsou dimenzované na 1 letý déšť, jsou udržované, aby keře nebo kořeny stromů nevytvářeli zóny proudění při odvádění srážkové vody (viz obr. 6). Parkovací stání jsou provedena zatravněvacími dlaždicemi uloženými na humusové vrstvě a propustném podkladu (viz obr. 7). Koncepce je navíc připravena tak, že při vydatnějších deštích je umožněno přelití srážkových vod z komunikací do nedalekých zatravněných

průlehy, a drenážním potrubím do vsakovací nádrže (viz obr. 8), která je dimenzována na 10 letý déšť a případně přepadá do revitalizovaného potoka. [1.14] [1.15]



Obr. 6. - Průlehy podél komunikací v solarCity (Foto J. Vítek)



Obr. 7 - Zatravněná parkovací stání (Foto J. Vítek)



Obr. 8.1 - Vsakovací nádrž v SolarCity (Foto J. Vítek)

Na zhruba jedné třetině soukromých budov jsou zelené střechy. Voda ze střech je odváděna kanálky do odvodňovacích žlabů a vyšší odtoky opět přebírá systém dalších průlehů, které jsou harmonicky zapojeny do okolní krajiny. [1.14] [1.15]



Obr. 8.2 - Kanálky pro odvod vody ze střech (Foto J. Vítek)

Carlsberg City v Kodani

Dobrým příkladem koncepčního městského plánování realizovaného na území města Kodaně je kaskáda nádrží s regulovaným odtokem pro zachycení 10 letého deště (viz obr. 9). Kaskáda je provedena v rámci nově vybudovaných bytových domů mezi starou a novou zástavbou, její součástí je i zapuštěné dětské hřiště. [1.1]

„Vsakovat srážkovou vodu v Kodani nelze kvůli jílovému podloží a vysoké hladině podzemní vody; v Carlsberg City je zakázáno i kvůli ochraně podzemní vody, která je zdrojem pro místní pivovar.“ [1.1]

Součástí projektu je i podzemní nádrž pod parkem, kde je akumulována voda ze střech nových domů, která pak slouží městu pro závlahu a údržbu. [1.1]



Obr. 9 - Kaskáda retenčních nádrží v Carlsberg City v Kodani (Foto L. Pančíková)

Shrnutí

Tyto příklady a trendy ukazují rostoucí důraz na udržitelné využívání vody a snižování zátěže na vodní zdroje. Zároveň také na potřebu bezpečně a účinně odvádět a zadržovat dešťovou vodu z přívalových dešťů a tím zajistit ochranu před povodněmi. Využívání dešťové vody se tak stává nejenom praktickou alternativou, ale také klíčovým prvkem ve snaze o udržitelnost ve vodním hospodaření.

Ve snaze o adaptaci měst na změnu klimatu a zvýšení kvality života v nich, se pak využívá koncepční plánování měst s adaptivní multifunkční infrastrukturou, která má za cíl zajistit v urbanizovaných oblastech přirozený režim bilance vody v krajině a tím chránit města před přehřívání, nedostatkem vody a zajišťovat v nich přirozené mikroklima.

Představení konkrétního projektu

Podkladem pro zpracování této práce byla část společné dokumentace pro vydání společného územního rozhodnutí a stavebního povolení zpracovaná ARWEN architects s.r.o.

Následující informace jsou převzaty z těchto podkladů. Tato dokumentace je součástí přílohy č. 1 k této práci.

Účel objektu

Záměrem investora je rozšíření výrobních kapacit Valeo Žebrák vybudováním nové výrobní haly. Novostavba bude umístěna, severně od stávající výrobní haly Valeo, v průmyslové zóně města Žebrák nedaleko dálnice D5. V hale budou vyráběny komponenty do aut. Průmyslová výroba spočívá v lisování odmašťování, pájení, povrchových úpravách kovů a aplikaci nátěrových hmot. Součástí nové haly budou plochy pro výrobu, skladování a expedici, včetně administrativní vestavby. V administrativní části bude umístěna nová recepce, laboratoř, kancelářské prostory a šatny.

Výstavba nové haly je plánovaná ve třech etapách. Součástí první etapy je retenční nádrž s regulovaným odtokem srážkových vod.



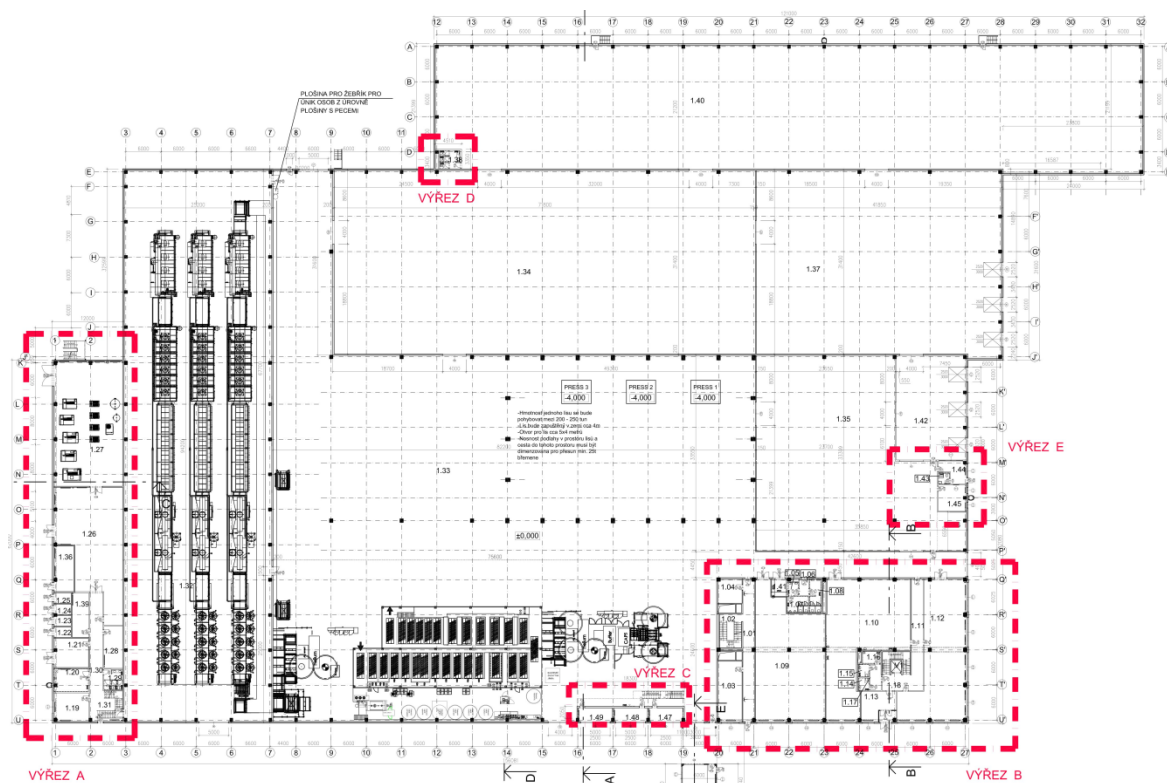
Obr. č. 10 - Průmyslová zóna Žebrák, Vizualizace Atelier A6, Ing. M. Kubíček, 01/2022

Dispoziční řešení

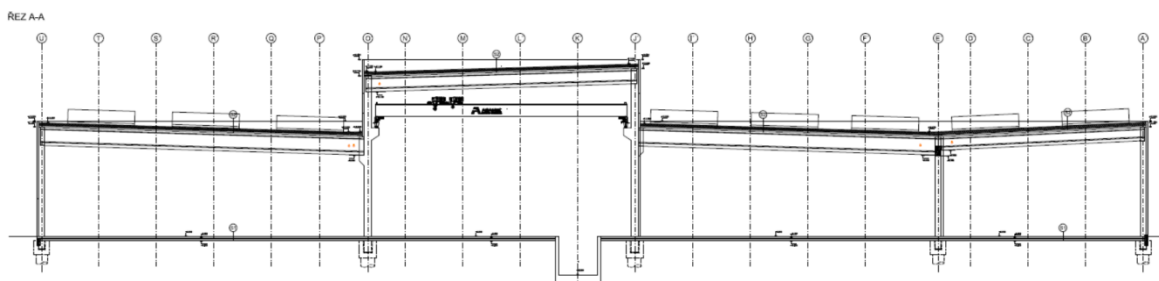
Hala je funkčně rozdělena a tři části: výrobní část, expediční část a administrativní část.

Administrativní část je navržena jako třípodlažní a je situována ve východní části výrobní haly nedaleko nově budovaného parkoviště (zobrazeno v oblasti „výřez B“ na obrázku č. 10). V 1.NP jsou navrženy převážně prostory navazující na výrobní plochu, těmito prostory jsou zejména laboratoř, prototypová dílna a příruční sklad. V přízemí je také situována recepce se sociálním zázemím. Ve 2.NP jsou podél fasády navrženy kanceláře jednotlivých oddělení společnosti. Střední část a část přilehlá k výrobní ploše, je věnován zasedacím místnostem, sociálním zázemím a kuchyňkám pro zaměstnance. Ve 3.NP jsou podél fasády navrženy kanceláře jednotlivých oddělení společnosti

Střední část a část přilehlá k výrobní ploše, je věnován sociálním zázemí a kuchyňkám pro zaměstnance. Dále jsou zde umístěny šatny pro operátory výroby.



Obr. č. 11 - Půdorys výrobní haly



Obr. č. 12 - Řez A-A halou

Výrobní hala je rozčleněna na pět celků: technické zázemí, pece, výrobu, expedici, odpadové hospodářství.

Technické zázemí je umístěno v jihozápadním rohu výrobní haly (zobrazeno v oblasti „výřez A“ na obrázku č. 10). Je navrženo jako dvoupatrové. Především jsou zde umístěny trafostanice, rozvodna VN, rozvodna NN, Kompresory na stlačený vzduch, údržba a kancelář údržby.

Prostor pecí je umístěn v jihozápadní části haly mezi technické zázemí a výrobní halou (vpravo od oblasti „výřez A“). V tomto prostoru bude umístěna technologie pájecích pecí pro svařování dílů.

Expediční část je umístěna na severovýchodní fasádě objektu (nahoru od oblasti „výřez B“). V této části se budou skladovat jednotlivé vyrobené produkty a připravovat k expedici.

Výrobní část je umístěna do středu navrhované haly mezi expedici a pece. Ve středu této části budou umístěny lisy pro výrobu dílů, níže mezi pecemi a administrativní částí e pak umístěna lakovací linka.

Odpadové hospodářství je umístěno v severozápadní části objektu ve venkovním prostředí. Zde budou umístěny kontejnery na tříděný odpad.

Kapacity užité plochy haly

Zastavěná plocha objektu výrobní haly je 17 175 m².

Zastavěná plocha všech komunikací a zpevněných ploch je celkem 14 713 m².

Navrhovaná plocha zeleně je 11 511 m².

Výrobní hala a logistika tvoří 15 164 m² plochy haly. Z toho plocha pro pece je 2 374 m², plocha pro výrobu je 10 279 m², plocha pro expedici je 2 511 m² a zbývajících 2 011 m² tvoří administrativní část a technické zázemí.

Výška výrobní haly je 12 m.

Je navrženo 194 parkovacích míst pro osobní vozy a 3 místa pro nákladní dopravu, určená pro nakládku a vykládku případně příležitostné stání.

Počty pracovníků jsou navrženy následovně:

1. směna: 155 (Operátoři) + 93 (Technicko hospodářští zaměstnanci)
 2. směna: 14 (Operátoři)
 3. směna: 14 (Operátoři)
- Sobota: 14 (Operátoři)
Neděle: 14 (Operátoři)

Technické a konstrukční řešení objektu

Terénní úpravy

Terénní úpravy budou provedeny v celé ploše výrobní haly, komunikací a zpevněných ploch. V této ploše bude sejmuta ornice v tl. 0,2 m a uložena na deponii v rámci severní části areálu. V této ploše bude rovněž odtěžen stávající terén na kótu 358,87 m n. m. a výkopek bude uložen na deponii mimo pozemek, upravený terén bude hutněn na předepsanou míru a bude na něm provedena vápenná stabilizace o mocnosti 0,5 m. Na takto upravený povrch bude provedena zhutněná vyrovnávací vrstva ze štěrkodrti tl. 150 mm.

Založení

Založení objektu bude provedeno na velkopřůměrových pilotách. Na kalichy pilot budou osazeny základové prahy a to buď montované, nebo monolitické sendvičové se zateplením. Do kalichů budou následně osazeny sloupy konstrukčního systému haly, stabilita konstrukčního systému haly bude zajištěna plným vetknutím sloupů do základového kalicha.

Hydroizolace spodní stavby

Hydroizolace spodní stavby je řešena HDPE folií. Hydroizolace bude uložena na vrstvě geotextílie ložené na zhutněné vyrovnávací vrstvě štěrku. Hydroizolace bude napojena na všechny okolní konstrukce (základové prahy, sloupy, kanálky, šachty atp.)

Konstrukční systém haly

Stavba haly s administrativním vestavkem je navržena v technologii montovaného železobetonu.

Výrobní hala je řešena pomocí železobetonového předepnutého vazníkového systému s absencí vazniček. Kontrakční modul vazníkového systému je navržen 6x21,4 m až 34 m. Délka rozpětí jednotlivých vazníků je odvislá od rozpětí jednotlivých lodí haly. Na tyto vazníky o výšce 1400 - 1900 mm je následně kladen trapézový plech a střešní skladba.

Administrativa a technické zázemí jsou z železobetonového skeletu, základní modulové uspořádání je 6x12m. Stropní konstrukce je zvolena z předpjatých dutinových panelů Spiroll tl. 32 cm. Stropní desky se ukládají na průvlaky o rozpětí 6 m, se statickou výškou 36,5; resp. 60 cm. Stropní deska je opatřena 8 cm tlustou nabetonávkou, provedenou na kročejovou izolaci z EPS desek tl. 5 cm.

Objekt je nepodsklepený. Schodiště jsou prefabrikovaná železobetonová.

Střešní plášť

Nad skladovou halou je navržen střešní plášť s nosnou konstrukcí z trapézového plechu výšky 150 mm. Tepelná izolace bude navržena z minerálních vláken. Vodotěsné izolace bude navržena folií PVC-P s tl. 1,5 mm. Ve střeše výrobní haly budou umístěny světlíky.

Lehký obvodový plášť

Lehký obvodový plášť se skládá ze dvou druhů. Administrativa je opláštěná systémem Trimo Qbiss svisle kladené a výrobní část a šatny jsou opláštěny systémem Trimo Trimotherm vodorovně kladeným.

Obvodový plášť bude ze sendvičových panelů s vláknitou izolací tl.200mm. Panely budou navrženy dle technologických a statických požadavků dodavatele. Při zpracování opláštění budou použity systémové detaily dodavatele - s přerušným tepelným mostem

Vnitřní dělicí konstrukce

Pro místnosti kanceláří, chodby, šatny, apod. jsou navrženy SDK příčky tl. 100/125 mm a 150 mm ze stavebních desek tl. 2x12,5 mm opláštěné z každé strany, včetně tepelné izolace. Pro místnosti s vlhkým provozem jsou navrženy SDK příčky tl. 150 mm a 200 mm z impregnovaných desek tl. 2x12,5 mm opláštěné z každé strany, včetně tepelné izolace. Pro příčky nacházející se na rozhraní požárních úseků jsou navrženy SDK příčky z protipožárních desek tl. 2x12,5 mm opláštěné z každé strany, včetně izolace a dotěsnění spár.

Výplně otvorů

Fasádní okna budou hliníková pásová. Ocelové dveře budou použity tam, kde to je nutné z hlediska PBŘ, resp. provozu. Vnitřní dveře budou dřevěné výplň dřevotřísky, povrch dýha. Na fasádě objektu haly budou umístěna sekční vrata. Budou ocelová, zateplená s elektropohonem včetně řídicí jednotky. Ovládání bude automatické. Na rozhraní jednotlivých vnitřních částí výrobní haly budou osazena rychloběžná rolovací vrata doplněna o požární uzávěry s příslušnou požární odolností.

Podlahy

Roznášecí vrstva podlah bude tvořena zejména drátkobetonovou deskou.

Návrh složení drátkobetonové desky a množství drátků navrhne dodavatel desky. Výškové osazení závisí na následných vrstvách podlahy. V rozích, nad kanálky pod deskou a šachtami, v místě vstupních otvorů v obvodovém plášti (deska se „přetahuje“ do okraje základového nosníku v místě vrat a dveří) a nad kalichy sloupů se navrhuje dovyztužení podlahové desky betonářskou výztuží.

Deska bude s dilatačními spárami napříč objektem po vzdálenosti 6x6 m. Dilatace budou také provedeny v místě betonového sloupu. Dilatační spáry budou důkladně přetmeleny vč. smršťovacích spár, ale také jejich druhé přetmelení prováděné v době užívání budovy v rámci záruky dodavatele. Od sloupů a obvodových základových nosníků bude podlahová deska oddělena pěnovým polyetylémem tl. 10 mm. Tepelná izolace v podlaze administrativy je z EPS polystyrenu.

Nášlapné vrstvy v objektu budou navrženy dle provozu. V kancelářských prostorách budou navrženy koberce, PVC nebo vinyl; v hygienických prostorách dlažby; ve strojvnách a technických prostorech bude betonová mazanina nebo dlažba; na skladovací a výrobní ploše bude drátkobetonová deska se vsypem.

Úpravy povrchů

Na vnitřních dělicích konstrukcích budou provedeny malby vč. hloubkového penetračního akrylátového nátěru pro hloubkové zpevnění podkladu, sjednocení rozdílné savosti. Malby budou otěruvzdorným vnitřním disperzním nátěrem s vysokou bělostí a výbornou krycí schopností, propustný pro vodní páry. V místnosti toalet, úklidu a umýváren bude omyvatelný a otěruvzdorný vnitřní disperzní nátěr.

V hygienických prostorech a prostorech kuchyněk budou stěny obloženy keramickým obkladem. Keramický obklad do lepidla. Pod obkladem budou provedeny dvousložkové hydroizolační stěrky. Obklady budou na horním okraji a vnějších rozích zakončeny lištami.

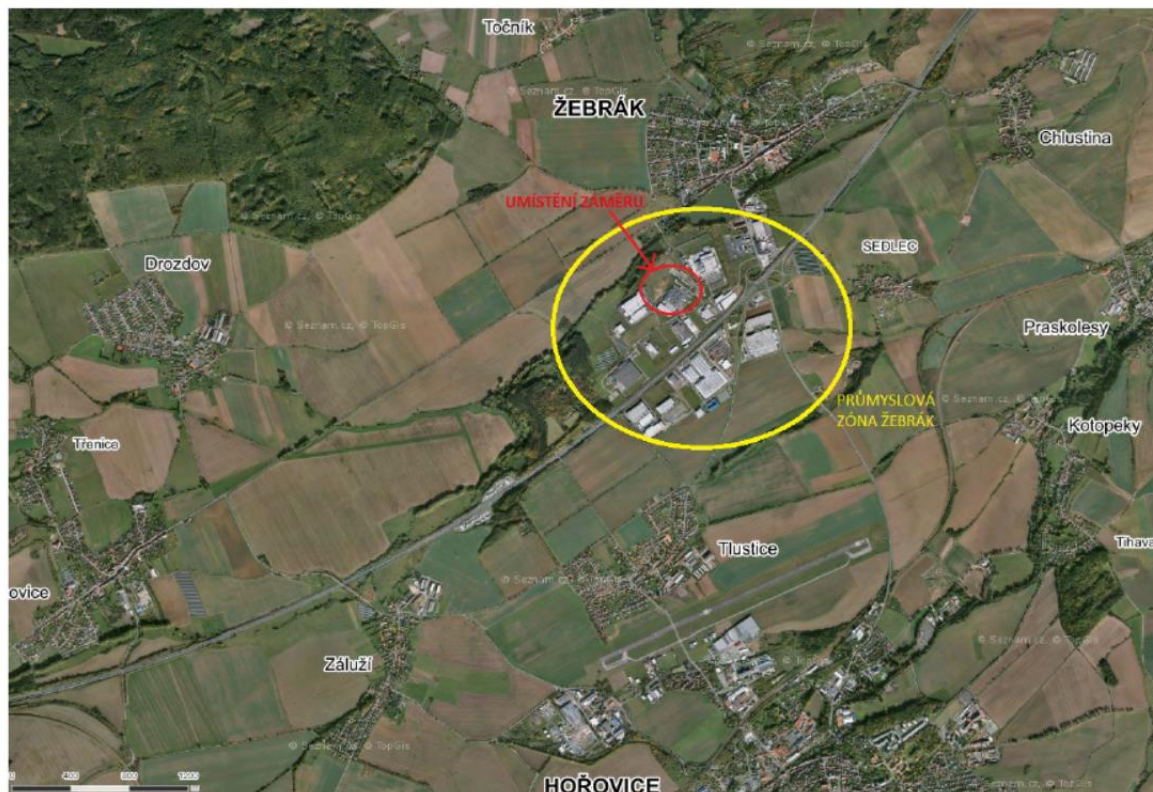
Povrchová úprava všech ocelových konstrukcí v exteriéru (které nejsou pozinkovány) se navrhuje min 2x nátěrem proti povětrnostním vlivům (polyuretanový nátěr), vnitřní konstrukce se opatřují nátěrem nebo se dodávají s konečnou úpravou.

Podhledy

Kazetový podhled v rastru 600x600 mm bude požit převážně v kancelářích. Plný SDK bude použit pro zakrytí instalací a na místech kde je předepsána požární odolnost konstrukcí. Ostatní instalace v hale zůstávají nezakryté.

Popis území

Navrhovaný výrobní areál bude umístěn v průmyslové zóně ve východní části území města Žebrák mezi dálnicí D5 a ulicí Plzeňská. Na obrázku č. 13 je žlutě vyznačena průmyslová zóna města Žebrák a červeně umístění stavebního záměru.



Obr. č. 13 - Ortofotomapa oblasti s vyznačenou lokalitou, zdroj: mapy.cz

Z geologického hlediska spadá zájmové území do Zahořanského souvrství, to je převážně tvořeno zrnitostně nejednotnými břidlicemi. Z hydro-geologického průzkumu pro ověření podmínek vsakování srážkových vod se na území nachází vrstvy kvartérních jíílů (GT2) a zcela zvětralé břidlice (GT4 a GT5). **Z geologického hlediska jsou místní podmínky pro koncentrovaný vsak prakticky zcela nepříznivé.**

Pro zjištění podmínek vsakování srážkových vod byly provedeny čtyři vsakovací zkoušky, zkoušky byly provedeny na volných plochách v severním okolí nově navržené haly, kde by připadalo v úvahu umístit budoucí vsakovací nádrž vzhledem k požadavku na dodržení bezpečné odstupové vzdálenosti od stávajících i nově navržených objektů.

Z hydro-geologického posudku vyplývá že: „*přírodní podmínky jsou na dané lokalitě zcela nepříznivé a neumožní tak efektivní likvidaci srážkových vod vsakem do přirozeného prostředí. Možnou alternativou jak nakládat se srážkovými vodami je vybudování retenčních nádrží/suchých poldrů o dostatečné kapacitě, ze kterých by dešťová voda mohla být využita jako užitková. Nadbytečná srážková voda by byla bezpečnostním přepadem odvedena do dešťové kanalizace, či v případě umožnění od správce povodí do Stroupínského potoka, potažmo do rybníka Radost.*“

SO.01 - Vnitřní dešťová kanalizace zajišťuje odvodnění střechy hlavního objektu od dešťových vod. Odvodnění střechy objektu je navrženo podtlakovým systémem Wavin Quickstream, 1m nad podlahou je pak proveden přechod z podtlakového na gravitační odvodňovací systém. Svodná potrubí ústí do areálové dešťové kanalizace (SO.22). Odvodnění spojovacího krčku je provedeno samostatným gravitačním odvodňovacím systémem, který ústí o areálové dešťové kanalizace.

SO.07 Vnitro areálové komunikace a parkoviště zahrnují po obvodě komunikace pro obsluhu haly (růžově), zásobovací dvůr (šedě) a přilehlá parkovacích stání (oranžově). Plánovaný areál je dopravně napojen k příjezdové komunikaci řešené v rámci SO.20. Odvodnění komunikaci je prostřednictvím uličních vpustí, které svádí vodu stokami do retenční nádrže. V prostoru stání pro kamiony v zásobovacím dvoru je na vpusti navržen odlučovat ropných látek.

SO.20 - Dešťové vody z veřejné příjezdové komunikace jsou přes uliční vpusti svedeny stokou DK5 do samostatné retenční nádrže ozn. RN2. Tato stoka tvoří samostatný stavební objekt SO 22. Dešťové vody jsou vždy z retence přes regulační šachtu odváděny stokou DK6 do stávající dešťové kanalizace areálu. Směrové řešení vyplynulo z požadavků ČSN 73 6005 vzhledem ke vztahu k ostatním inženýrským sítím.

SO.22 - Areálová dešťová kanalizace slouží pro svedení dešťových vod ze střechy výrobní haly (SO.01) a zpevněných ploch (SO.07), součástí je také stoka, která odvádí vody z veřejné příjezdové komunikace. Řešení odvedení a likvidace dešťových vod z areálu je vzhledem k nepříznivým hydrogeologickým podmínkám navrženo pomocí retence a regulovaného odtoku do recipientu. Regulovaný odtok z retenční nádrže bude sveden do stávající dešťové kanalizace areálu a stávající kanalizací následně do Stroupínského potoka.

Dešťová kanalizace a retenční objekt

V rámci této práce souvisí návrhy alternativního využití dešťové vody především s retenční nádrží ozn. RN1, která pojímá vody z odvodňovaných ploch výrobní haly a areálových komunikací. Nepředpokládá se využívání dešťových vod z veřejné příjezdové komunikace, které ústí do retenční nádrž ozn. RN2.

Množství dešťových vod

Množství přiváděných dešťových vod stanovuje technická zpráva výpočtem a to ze střech a zpevněných komunikací. Dešťovou vodu ze střechy můžeme klasifikovat jako „mírně znečištěnou“, dešťovou vodu parkovišť a pozemních komunikací jako „středně znečištěnou“ [4.5]. Celkové množství přiváděných dešťových vod je 597 l/sec.

Směrodatná intenzita návrhového deště		Praha Hostivař		q	
Doba trvání návrhového deště		t = 15 min		((l/(sec*ha)))	
Četnost návrhových dešťů					
1x za 1	n = 1			(1)	130
1x za 2	n = 0,5			(2)	164
1x za 5	n = 0,2			(3)	210
1x za 10	n = 0,1			(4)	247
1x za 20	n = 0,05			(5)	285
Střechy dle ČSN 75 6760				(6)	300
Druh odvodňovaného povrchu	Zvolená intenzita deště	Plocha povodí (m ²)	Součinitel odtoku	Redukovaná plocha (m ²)	Odtok Q (l/sec)
STRECHA - HALY	3	17 175	1,0	17 175	361
STŘECHA - OBJEKTY	3	575	0,8	460	10
KOMUNIKACE	3	9 125	0,8	7 300	153
PARKOVISTE	3	4 552	0,7	3 186	67
CHODNÍK	3	500	0,6	300	6
Celkem				28 421	597

Tab. č. 1 - Hydrotechnický výpočet množství dešťových vod pro nádrž RN1

Dlouhodobý odtok dešťových vod do retence RN1 (tedy bez veřejné komunikace) je stanoven výpočtem na 15 007 m³/rok.

Druh odvodňovaného povrchu	Redukovaná plocha (m ²)	Dlouhodobý srážkový úhrn (mm/rok)	Dlouhodobý odtok z plochy
STRECHA - HALY	17 175	528	9 068
STŘECHA - OBJEKTY	460	528	243
KOMUNIKACE	7 300	528	3 854
PARKOVISTE	3 186	528	1 682
CHODNÍK	300	528	158
KOMUNIKACE VEŘEJNÁ	1 480	528	781
KOMUNIKACE AREÁL VJEZD	224	528	118
Celkem	30 125		15 906 m ³ / rok

Tab. č. 2 - Hydrotechnický výpočet dlouhodobého odtoku pro nádrž RN1

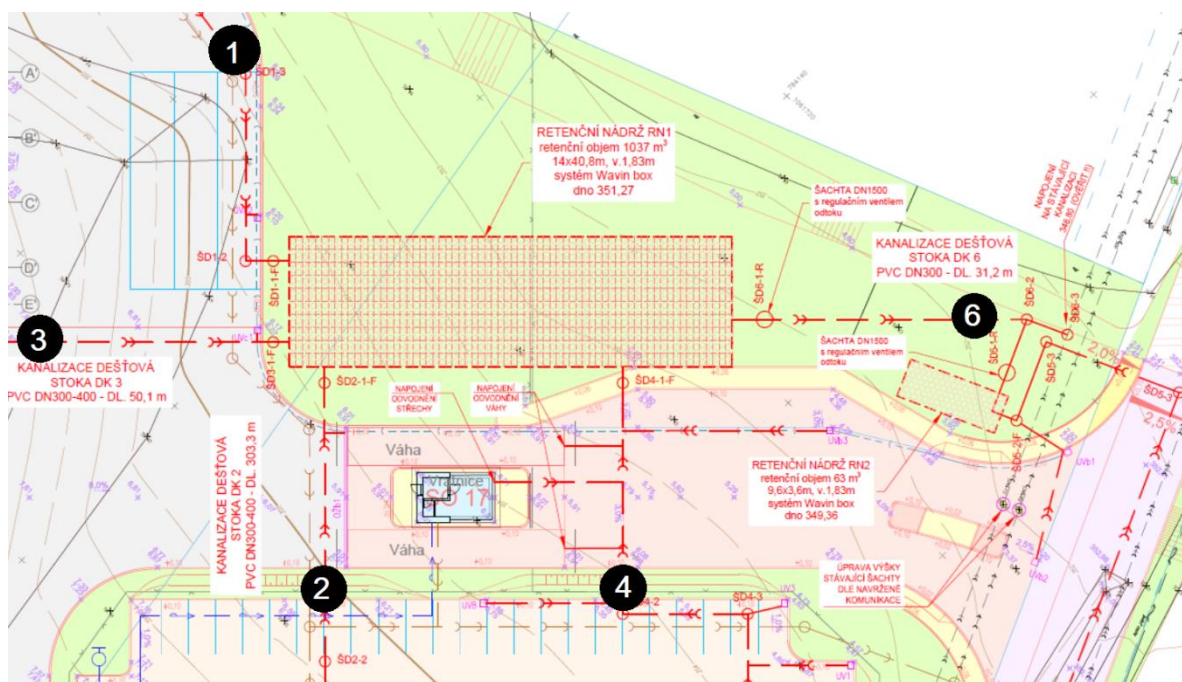
Technické řešení

Dešťové vody ze střechy objektu navržené haly jsou vnitřní podtlakovou kanalizací vyvedeny vždy do ukliďovací šachty venkovní areálové kanalizace, tyto šachty jsou dále napojeny na stoky DK1 a DK 3 dešťové kanalizace, kterými jsou svedeny do retenční nádrže RN1.

Dešťové vody ze zpevněných ploch areálu jsou přes uliční vpusti svedeny stokami DK1, DK2, DK3 a DK4 vždy přes filtrační šachtu do retenční nádrže RN1. Dešťové vody ze zpevněných ploch prostoru stání kamionů u nakládací rampy jsou odváděny Stokou D3 přes odlučovač ropných látek – je navržen odlučovač ropných látek ORL1 do retenční nádrže RN1.

Dešťová kanalizace je navržena v profilu DN300-400, materiál PVC. Přípojky uličních vpustí a žlabů a odvodnění střech menších objektů jsou navrženy v profilu DN150-200, materiál PVC.

Trasy jsou patrné z obr. 15 situace dešťové kanalizace (vyznačeny čísly v černém poli). Trasy kanalizace jsou vedeny nově navrženými komunikacemi a zpevněnými plochami.



Obr. č. 15 - Výřez situace dešťové kanalizace

Voda z retenční nádrže se svedena stokou DK 6 do stávající oddílné dešťové kanalizace. Příjemcem srážkových vod je nedaleký Stroupínský potok .

Retenční nádrž

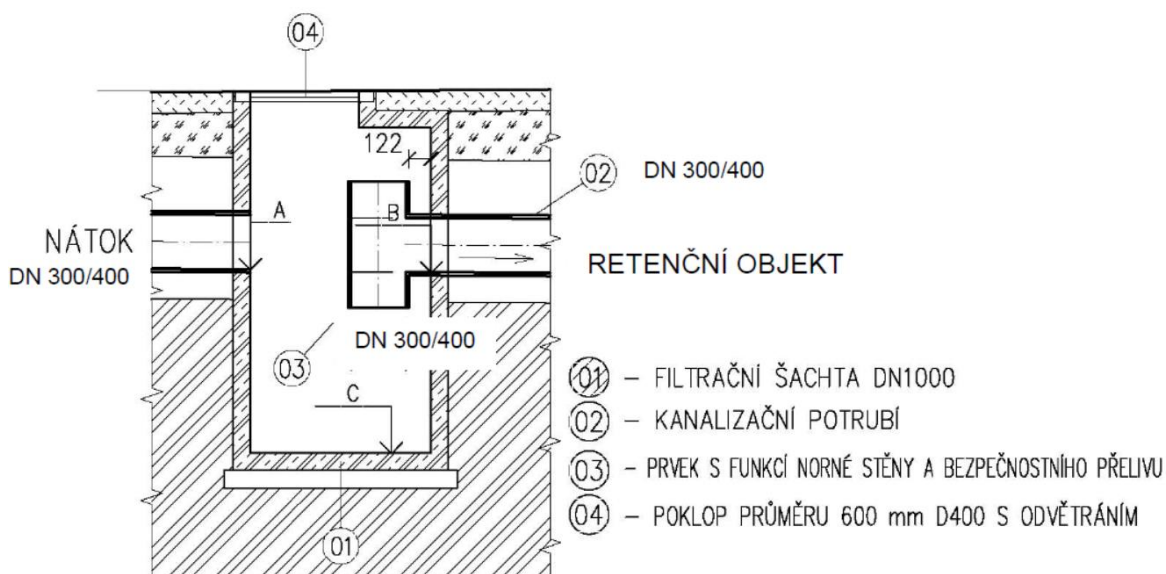
Retenční nádrže jsou navrženy ze systému **akumulačních boxů Wavin Q-Bic Plus**. Retenční nádrž RN1 má rozměry 14x40,8 m, výšku 1,83 m a **užitný objem 1037 m³**. Umístění nádrže je patrné z obrázku č. 15, kde je nádrž zakreslena červenou šrafova a na situaci (obrázku č. 14), kde je nádrž zobrazena modrým obdélníkem.

Pokládání boxů se provádí na štěrkopískem vysypanou pláň tloušťky cca 20cm (frakce 8/32) pláň je nutno zhutnit a urovnat. Na rovinu výkopu se připraví geotextilie s dostatečným přesahem min. 0,2 m na jednotlivých spojích. Při montáži se na dno výkopu postupně rozkládají ochranné geotextilie, PVC (nebo HDPE) fólie a vnitřní ochranná geotextilie. Následně proběhne montáž systémových boxů Wavin o navržené velikosti. Celá sestava se dokončí obalením hydroizolačním souvrstvím. Hutnění obsypu začíná z bočních stran, přičemž se hutní po vrstvách max. 30 cm. Postupné hutnění probíhá až do dosažení horního okraje sestavy.

Akumulační boxy Wavin Q-Bic Plus je možné kontrolovat kamerou nebo čistit standardní kanalizační tlakovou technikou.

Stoky dešťové kanalizace jsou do retenční nádrže svedeny přes filtrační šachtu. **Filtrační šachta** slouží k usazení a oddělení hrubých nečistot a splavenin v dešťové odpadní vodě. Šachta je navržena prefabrikovaná betonová o průměru DN1000. V šachtě je vždy na odtoku do vsakovacího objektu

navržen prvek s funkcí normé stěny a bezpečnostního přelivu viz obr. č. 16, který ochrání vsakovací objekt před plovoucími nečistotami.



Obr. č. 16 - Řez filtrační šachtou

Odtok z retenční nádrže RN1 je regulován vírovým ventilem. **Vírový ventil** je navržen tak, aby odtokovým potrubím protékalo 8,8 l/s při tlakové výšce 1,8 m. Regulační vírový ventil je umístěn v samostatné šachtě a je opatřen integrovaným bezpečnostním přepadem, pro případ že by došlo k zablokování ventilu.

Voda pro provoz výrobní haly

Pro následný návrh využití dešťových vod je v této části představeno obecné využití pitné vody pro provoz výrobní haly. Jsou zde shrnuty bilance spotřeby vody z projektové dokumentace. Tyto hodnoty poslouží pro představu projekčního řešení ve vztahu k hospodaření s vodou.

Z oznámení o stavebním záměru je uvedeno že: „*Výpočet potřeby pitné vody pro provoz záměru byl proveden na základě navýšení počtu zaměstnanců (304) a tabulkovými potřebami vody dle vyhlášky 120/2011 Sb. Reálná spotřeba se ovšem od tabulkových hodnot může lišit a výpočet je proveden v přípravné fázi projektu.*“

Bilance spotřeby vody

„Bilance spotřeby vody je provedena pro finální stav po dokončení všech etap výstavby objektu.

Denní spotřeba – Q_d

a) Zaměstnanci administrativa – 93 osob (1 směnný provoz) á 50 l/os., den = 4 650 l/den

b) Zaměstnanci operátoři – 183 osob celkem (ve 3 směnném provozu) = 183 osob á 70 l /os.,den = 12 810 l/den

c) *Technologická spotřeba – cca 100 l/den (bude upřesněno v dalším stupni PD na základě vybrané technologie)*

$$Q_d = 17\,560 \text{ l/den}$$

$$\text{Max. denní spotřeba} - Q_{\max} = Q_d \times k_d = 17\,560 \times 1,25 = 21\,950 \text{ l/den}$$

$$\text{Max. hodinová spotřeba} - Q_{\text{hod}} = 50\% \text{ z nejvíce obsazené směny operátorů (155 osob)} = 5\,425 \text{ l/hod} \\ = 1,50 \text{ l/vt}$$

$$\text{Roční spotřeba} - Q_{\text{rok}} = Q_d \times 255 = 17,56 \times 255 = \mathbf{4\,477,80 \text{ m}^3/\text{rok}}$$

Technologická spotřeba

„Technologická voda bude potřeba v kompletační lince, kde jsou díly očišťovány termickým odmaštěním v automatické pračce horkou vodou (ta je čištěna filtrací přes separátor a vracena zpět do linky) a v pasivační lince KTL jako demineralizovaná voda do lakovací linky či oplachová voda do pasivační lázně (regenerace vody v neutralizační stanici).“

Za účelem úspory vody jsou součástí technologických linek zařízení na regeneraci vody. Udávaná spotřeba technologické vody předpokládá se ztrátami výparem a odkalování (čištěním) samotného filtračního systému.

„Veškeré dodávky vody pro potřeby záměru budou kryty dodávkami z veřejné vodovodní sítě. Povrchové ani podzemní vody nebudou v zájmovém území odebírány. Dodávku vody zajistí Vodovody a kanalizace Beroun a.s., která na základě aktuálně platné smlouvy ostatečně pokryje odběr pro stávající i novou halu.“

Studie využitelnosti dešťové vody

V této kapitole budou představeny jednotlivé možnosti využití dešťové vody pro provoz výrobní haly. Pro jednotlivé varianty bude uveden popis možného řešení, přiblížena technologie k využití vody, popsány silné a slabé stránky tohoto řešení a uvážena možnost budoucího využití pro daný systém.

Využití dešťové vody pro zálivku zeleně

Čerpání z retenční nádrže

Prvním návrhem je možné využití dešťové vody pro zálivku zeleně. Současný návrh s účelným využíváním vody z retenční nádrže pro zálivku nepočítá. Při vydatném dešti je **voda v nádrži akumulována a soustavně dochází k jejímu pomalému regulovanému odtoku do recipientu**. Zároveň je přečištěna mechanickými filtry a odlučovačem ropných látek na vstupu do nádrže, tento stupeň filtrace zajišťuje dostatečnou jakost vody pro využití k zálivce zeleně [1.9].

Takto naakumulovanou přečištěnou dešťovou vodu by bylo možné využít prostým odčerpáním v případě, že by byla v retenční nádrži k dispozici.

Výpočet níže ukazuje, za jak dlouhou dobu se plně naplněná, projektem navržená retenční nádrž, zcela vyprázdní regulovaným odtokem. Kdy je z dokumentace znám užitečný objem nádrže 1037 m^3 a celkový regulovaný odtok $8,8 \text{ l/s} = 0,0088 \text{ m}^3/\text{s} = 31,68 \text{ m}^3/\text{hod}$.

Nádrž se vyprázdní za $1037/31,68 = 33$ hod.

Předpokládaná délka suchého období je 21 dní nebo 28 dní [3.2]. Pokud by měla být voda z nádrže účelově a efektivně využívána ve vegetační sezóně pro zálivku zeleně není v nádrži k dispozici dostatečně dlouhou dobu. Toto řešení je **nevyhovující**.

StormHarvester

Projektem navržená nádrž je provedena ze systému akumulačních boxů Wavin Q-Bic Plus. Společnost Wavin Czechia s.r.o. nabízí ve svém sortimentu hospodaření s vodou také řešení s obchodním názvem „StormHarvester“.

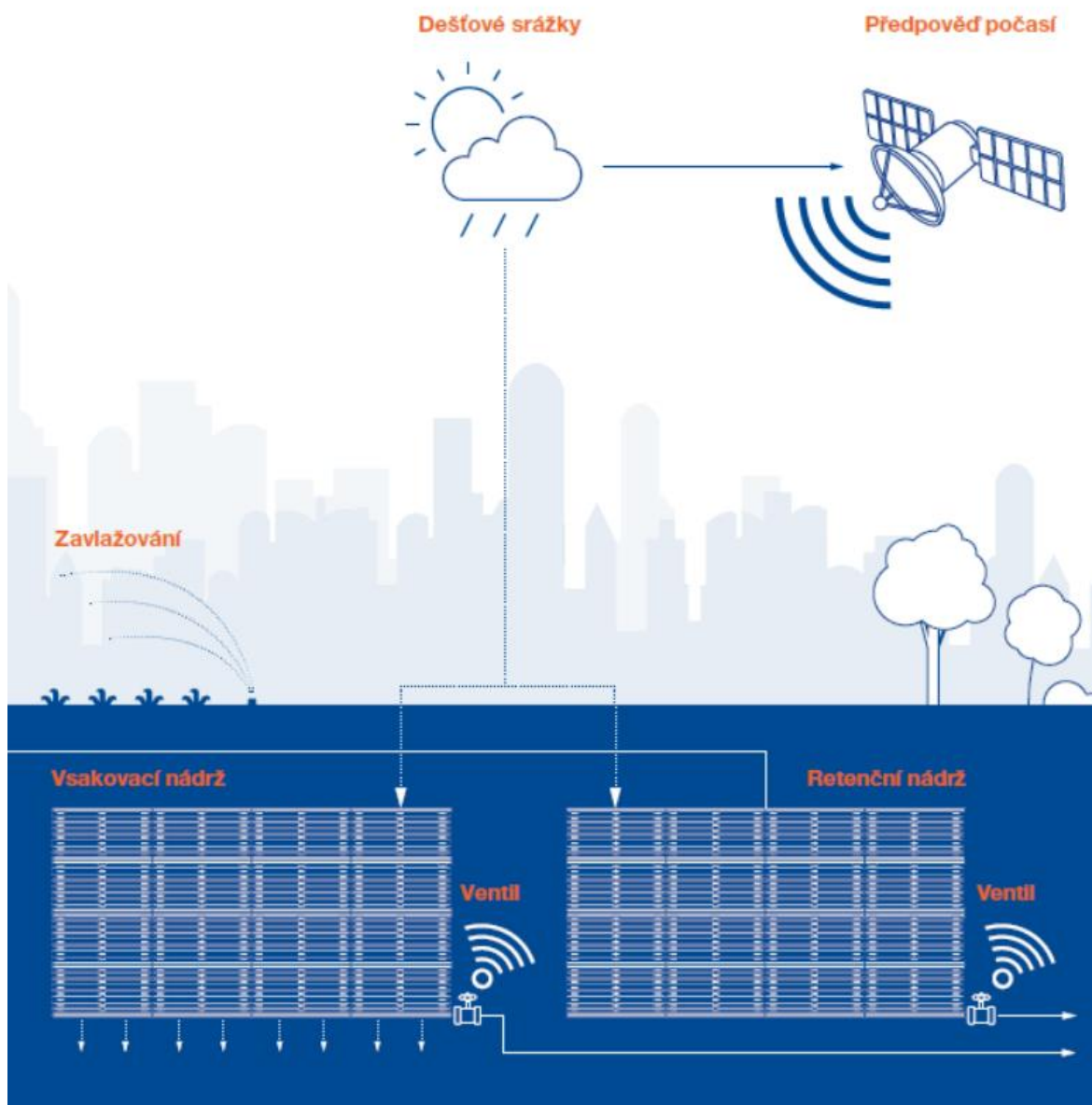
„Proaktivní systém představuje technologii optimalizace opětovného využívání dešťové vody, zatímco snižuje dopady povodní v důsledku přívalových srážek. Jedná se o kombinované řešení retenční a akumulační nádrže Wavin a senzorovou technologii StormHarvester.“ [4.2]

Toto řešení umožňuje akumulaci dešťové vody pro nepřetržité opětovné použití. Prediktivní technologie systému automaticky upraví hladinu vody v nádrži, aby byla zajištěna dostatečná kapacita pro zadržování dešťové vody – proces se opakuje s příchodem dalších srážek.

Řešení StormHarvester sleduje a vyhodnocuje různé předpovědi počasí a propojením elektronického ventilu nebo čerpadla s vysoce přesným algoritmem predikce odtoku srážek upravuje množství vody v nádrži tak, aby se vypořádal i s nejhorším možným scénářem. Voda je z nádrže vypouštěna v případě že systém zaznamená přichodící srážky. Systém zároveň obsahuje

záložní napájení v případě výpadku proudu, aktivně monitoruje stav vody v nádrži a automaticky upozorňuje operátory v případě, že dojde k zablokování ventilu nebo mimořádné události. [4.2]

Výhodou tohoto řešení je, že je kompatibilní z již navrženou retenční nádrží. Nádrž je možné osadit senzorovou technologií StormHarvester i dodatečně a řešení nepředstavuje významně dodatečné náklady. Z retenční nádrže se tak prakticky stává kombinace retenční a akumulační nádrže.



Obr. č. 17 - Schéma funkce systému StormHarvester

Nevýhodou tohoto řešení je mírně zvýšená složitost a závislost na elektronických zařízeních oproti konvenčnímu návrhu akumulační nádrže. Za zmínku také stojí závislost na poskytovateli prediktivní technologie, který si za zprostředkování služby bude účtovat periodické poplatky.

Návrh technologie na využití dešťové vody pro zavlažování bude proveden pomocí úpravy nádrže s vírovým ventilem a osazení elektronického ventilu pro automatické regulování odtoku vody

z nádrže systémem **StormHarvester**. A Dále doplněním nádrže o čerpací techniku nádrže a monitorovací zařízení.

Budoucí využití

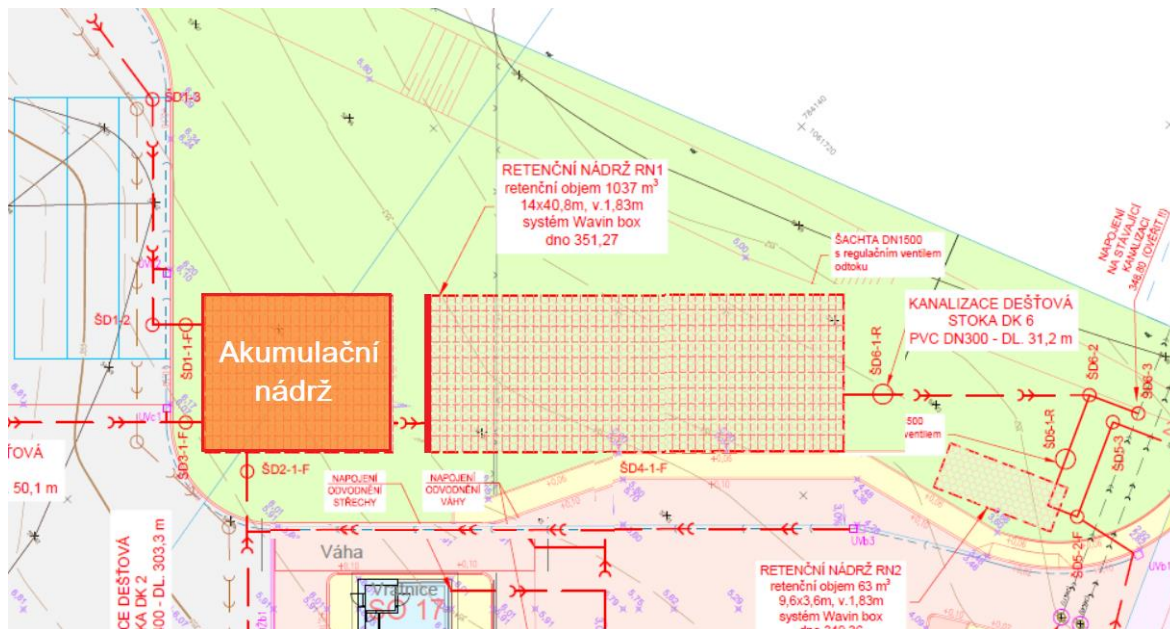
Z hlediska budoucího využití se nepředpokládá podstatné zvýšení objemu odebírané vody. Voda z nádrže je primárně určena pro závlahu, případně lze předpokládat její příležitostné využití pro mytí venkovních ploch. Její využití by bylo možné zvýšit s navýšením prvků modrozelené infrastruktury jako je vertikální zeleň nebo venkovní vodní prvky.

Využití dešťové vody pro splachování WC

Dalším možným využitím pro dešťovou vodu může být splachování toalet. Aby byla voda nezávadná, a vhodná k tomuto použití vyžaduje **vyšší stupeň přečištění** než v předchozím případě. Návrh této varianty bude proveden konvenčním způsobem bez využití technologie StormHarvester.

Součástí tohoto řešení bude **provedení samostatné zemí nádrže** pro jímání dešťové vody a čerpací technika, která přivede dešťovou vodu do objektu. Akumulační nádrž na dešťovou vodu bude umístěna v blízkosti retenční nádrže. Do akumulace nádrže bude svedena dešťová voda z filtračních šachet, které filtrují vodu ze střech objektu a zpevněných ploch. Výstup z akumulace nádrže bude proveden přepadem do retenční nádrže. Objem retenční nádrže by se pak mohl využitím dešťové vody snížit.

Níže na obrázku č. 20 je schematicky naznačeno navržené řešení pro venkovní objekty areálové kanalizace.



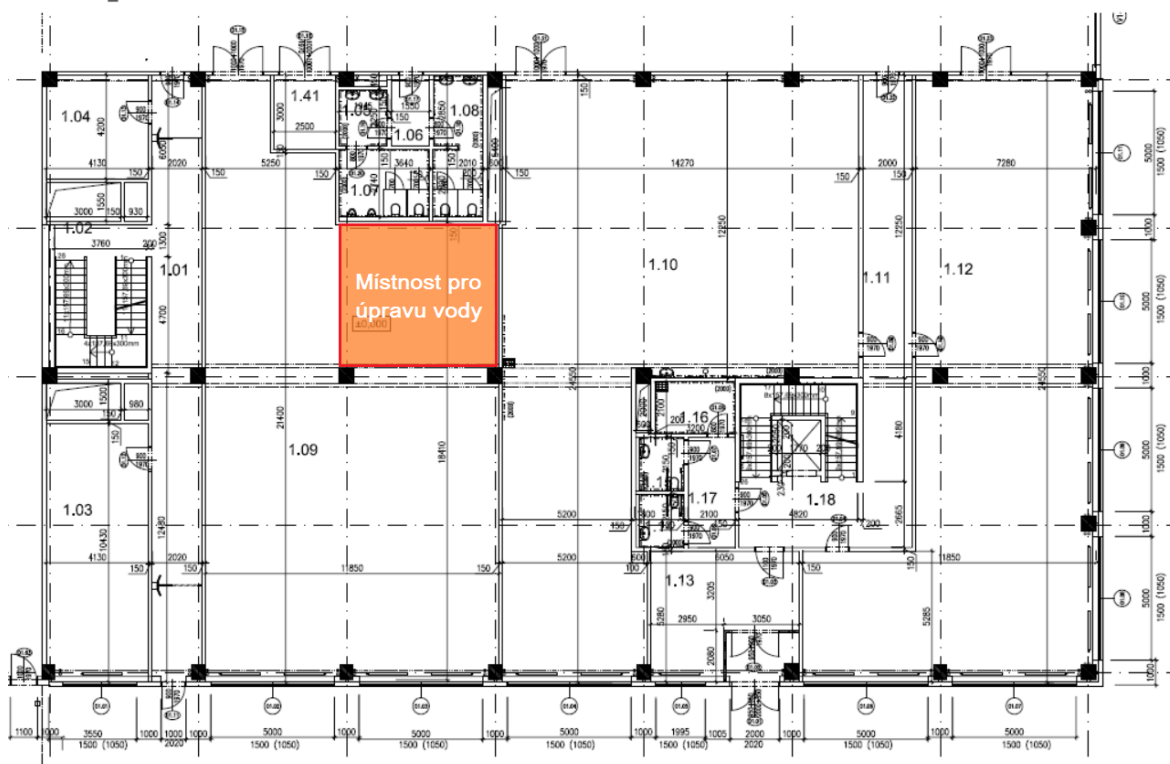
Obr. č. 20 - schéma varianty pro využití dešťové vody

Pomocí čerpací techniky a podzemního vodovodu bude dešťová voda přivedena do objektu haly, kde bude dále upravována.

V objektu bude vyčleněn prostor pro úpravu vody, ten bude vyčleněn v místnosti 1.09 - sklad, na části této plochy bude realizována **nová místnost pro úpravu vody**. V místnosti na úpravu vody bude provedena technologie pro úpravu vody víceúrovňovou filtrací s mechanickým a uhlíkovým filtrem. Přefiltrovaná užitková voda bude skladována v uzavřené akumulaciční nádrži. Na výstupu z akumulaciční nádrže bude voda zabezpečena UV dezinfekcí a dopravena pomocí čerpací techniky k toaletám. Pro tuto užitkovou vodu je **nutné vybudovat oddělené vodovodní rozvody**.

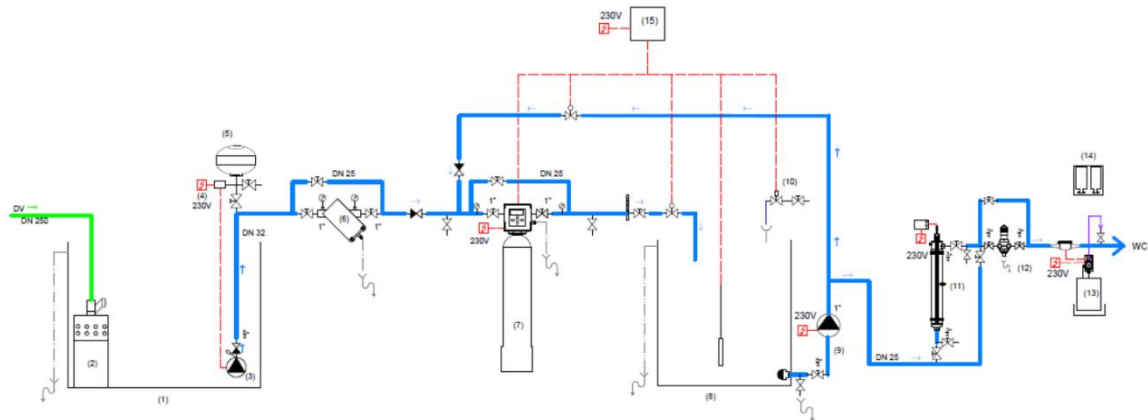
Níže na obrázku č. 21 je znázorněna administrativní část objektu výrobní haly a naznačeno navržené umístění technické místnosti pro filtraci vody.

VÝŘEZ B_1:100



Obr. č. 21 - Umístění technické místnosti pro filtraci vody

Ve spolupráci s projekčním ateliérem Koncept Ekotech s.r.o. byla navržena **technologie pro úpravu dešťové vody na vodu užitkovou**. Na následujícím schématu je zobrazen proces filtrace vody a uvedeny referenční výrobky.



Obr. č. 22 - Technické schéma technologie pro úpravu vody na vodu užitkovou

Legenda:

- (1) Zemní nádrž na dešťovou vodu
- (2) EKOTECH RainFill 200 nádržový systém pro dešťovou vodu
- (3) E-tech VN 3/5F 0,75kW 230V 20m kabel, ponorné čerpadlo s plovákem
- (4) TSA 3S 05M 0,33-0,46MPa tlakový spínač
- (5) Global Water PWB-24LX tl., nádoba bez nožiček 24l 10 bar 1"90C
- (6) WONDERFIL LITEFIL 1"Y1, filtr
- (7) EURA pískové zařízení simplex Evolve, 30L, AFM NG
- (8) GREENLIFE sklepní nádrž GKT 1,25, 1000 l
- (9) PUMPA E-DRIVE 4-5 230V,50Hz,1kW vodárna s frekvenčním měničem
- (10) GREENLIFE systém doplňování vody 1"
- (11) EKO UVH 3, nízkotlaká UV jednotka
- (12) JUDO JSY-LF 3/4", filtr s manuálním zpětným proplachem
- (13) SEKO dávkovací čerpadlo TEKNA EVO TPG 603
- (14) HAWS 7516BOX oční přenosná bezpečnostní sprcha
- (15) Řídicí systém simplex úpravny vody

Výhodou tohoto řešení je, že vybudovanou akumulací nádrž bude rovněž možné navrhnout a využít i pro zálivku zeleně stejně jako v předchozím případě a zároveň nebude provoz nádrže závislý na poskytovateli prediktivní technologie pro předpověď počasí.

Další výhodou je, že upravenou užitkovou vodu možné rovněž využít také pro mytí vozidel, čištění nebo kropení komunikací, čištění venkovních ploch nebo úklid. Navržená varianta je technologicky relativně nenáročná a **nabízí široké spektrum využití pro provoz výrobní haly.**

Nevýhodou jsou vyšší náklady na realizaci, nároky na prostor a přiměřeně vyšší náklady na provoz a údržbu.

Budoucí využití

Pro takto upravenou dešťovou vodu lze předpokládat i širší spektrum využití. Vodu je možné využít také pro mytí vozidel, čištění nebo kropení komunikací, čištění venkovních ploch nebo úklid.

Upřednostnění využití přečištěné dešťové vody pro tyto činnosti může být snadno implementováno do interních postupů společnosti ve vztahu o ochraně životního prostředí.

Využití dešťové vody jako pitné vody pro zaměstnance

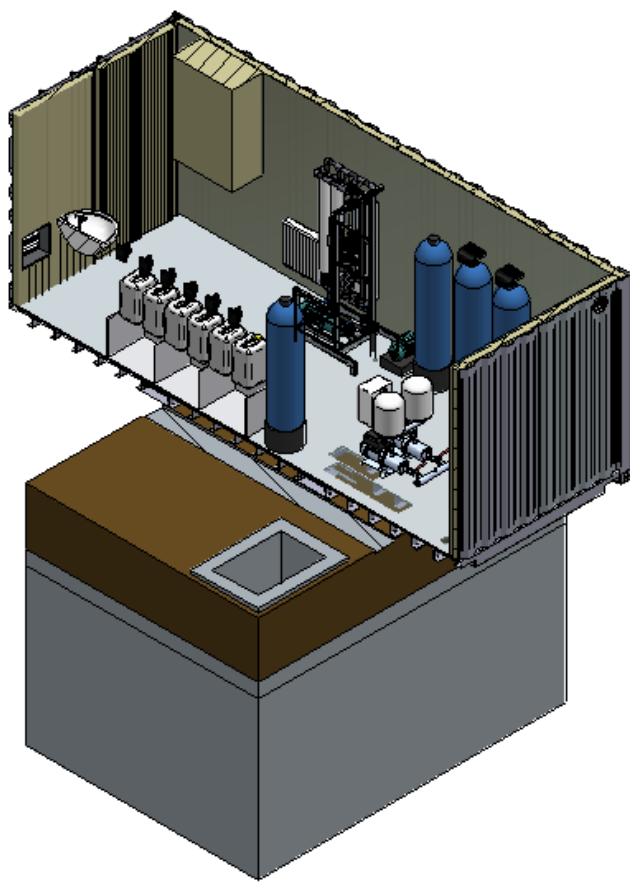
Dalším z možných alternativ je využití upravené dešťové vody jako pitné vody pro zaměstnance. Toto využití uvažuje využití vody pro kancelářský provoz a případné technologie vyžadující vodu v jakosti vody pitné.

Toto řešení je ze všech výše zmíněných nejkompexnější. **Vyžaduje sofistikovaný způsob úpravy, akumulace a transportu vody v rámci objektu.**

Součástí tohoto řešení bude zemní nádrž pro akumulaci dešťové vody a čerpací technika, která přivede dešťovou vodu do objektu. V objektu bude vyčleněn prostor pro úpravu vody obdobně jako v předchozím případě. Ten bude rovněž vyčleněn v místnosti 1.09 - sklad, na části této plochy bude realizována nová místnost pro úpravu vody, viz obrázek č. 20 a obrázek č. 21.

V místnosti na úpravu vody bude provedena **komplexní technologie pro úpravu vody, jejímž výsledkem bude voda pitná**. Upravená pitná voda bude skladována v uzavřené akumulární nádrži v objektu. Pro tuto pitnou vodu **bude nutné přepracovat vodovodní rozvody**, aby byly napojené na akumulární nádrž v objektu a zároveň aby bylo možné akumulární nádrž případně doplnit městskou vodou.

Pro ilustraci je níže zobrazeno řešení společnosti ASIO TECH, spol. s r.o. „*Kontejnerová úpravna dešťové vody na vodu pitnou. Úpravna schopná vyrobit až 24 m³/den pitné vody, Nádrž o užitečném objemu 17,34 m³“.* [4.5]



Obr. č. 23 - Kontejnerová úpravna dešťové vody na vodu pitnou

Rozdíl bude v tomto případě takový, že úpravna vody nebude kontejnerová, ale společně se zemní akumulací nádrží pitné vody budou umístěny v objektu haly.

Budoucí využití

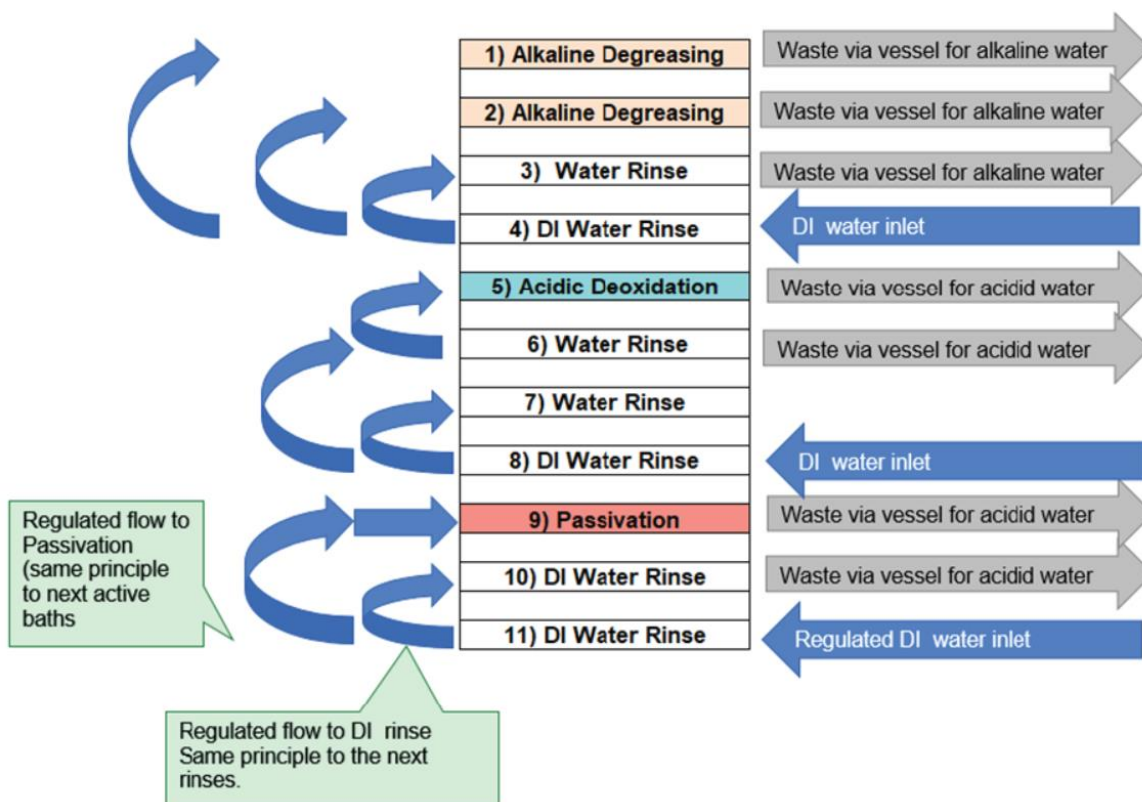
Takto upravenou vodu lze využít jako běžnou vodu z městské sítě. V případě haly lze předpokládat její budoucí využití také pro vybrané technologie nebo jako požární vodu. V tomto případě lze předpokládat, že by systém bylo vhodné rozšířit i o stávající halu a implementovat využívání dešťové vody do interních postupů společnosti ve vztahu o ochraně životního prostředí.

Technologická voda

Dešťovou vodu bylo možné rovněž upravit, případně demineralizovat tak, aby vyhovovala požadavkům **pro technologická zařízení provozovaná v hale**. Tento návrh bude rovněž podrobněji zváženo.

Technologickou vodu by bylo možné využít jako **oplachovou vodu v pasivační lince KTL** nebo jako **demineralizovanou vodu** do lakovací linky.

V procesu výroby se cyklicky napouští lázně demineralizované a technologické vody pro kataforetické lakování. Pro úsporu vody jsou výrobní zařízení vybavena systémem pro recyklaci vod. Technologická ani demineralizovaná voda tak není výrobou spotřebována, počítá se pouze se ztrátami výparem.



Obr. č. 24 - schéma využití technologické vody ve výrobě

Dokumentace uvádí celkovou **spotřebu technologické vody cca 100 l/den**, tedy přibližně 3 m³/měs. pro všechna zařízení. Dokumentace bohužel nespecifikuje požadavky na jakost, úpravu a potřeby technologické vody pro jednotlivé technologie.

Zásadní nevýhodou takového řešení na využití dešťové vody je tak samotná spotřeba. **Objem spotřebované technologické vody je** v porovnání s celkovou spotřebou v hale **minimální**, zároveň lze očekávat vysoké náklady na technologie pro úpravu kvality vody.

Lze očekávat, že realizace tohoto využití bude pod hranicí návratnosti.

Chlazení budovy

Dešťovou vodu by bylo možné využít pro chlazení budovy.

Jedním způsobem je využití dešťové vody jako **zdroje vody pro chladicí systémy**. Tato voda může být použita přímo, nebo upravená a může cirkulovat skrz systém chlazení, pomáhající odvádět teplo a snižovat teplotu budov.

Pro využití dešťové vody tímto způsobem by bylo nutné vybudovat zařízení pro akumulaci a filtraci vody obdobně jako v případě systému pro úpravu vody na pitnou. Zároveň by bylo nutné znát přesné požadavky na úpravu vody a její jakost pro chladicí systémy a následně **implementovat tuto vodu do chladicích systémů buď jako náhradu pro běžnou vodu nebo jako doplněk ke snížení energetické náročnosti** systému. K využití tohoto systému by bylo nutné přepracovat projekt VZT. [4.3] [4.4]

Další možností využití dešťové vody pro chlazení je přirozené zavlažování zeleně kolem budov, nebo kropení komunikací v horkých dnech. Navýšením ploch modrozelené infrastruktury jako jsou: zelené střechy, vertikální zahrady, stromy, zóny s vodními prvky, a další, může být prostředí kolem budov zchlazené, což může pomoci snížit teplotu v okolí, ale i uvnitř budovy. [4.4]

V případě návrhu využití dešťové vody pro chlazení budovy v tomto konkrétním případě by bylo vhodné **kombinovat toto řešení například s využitím vody pro zálivku nebo splachování WC pro dosažení vyššího využití vody a tím i vyšší efektivity.**

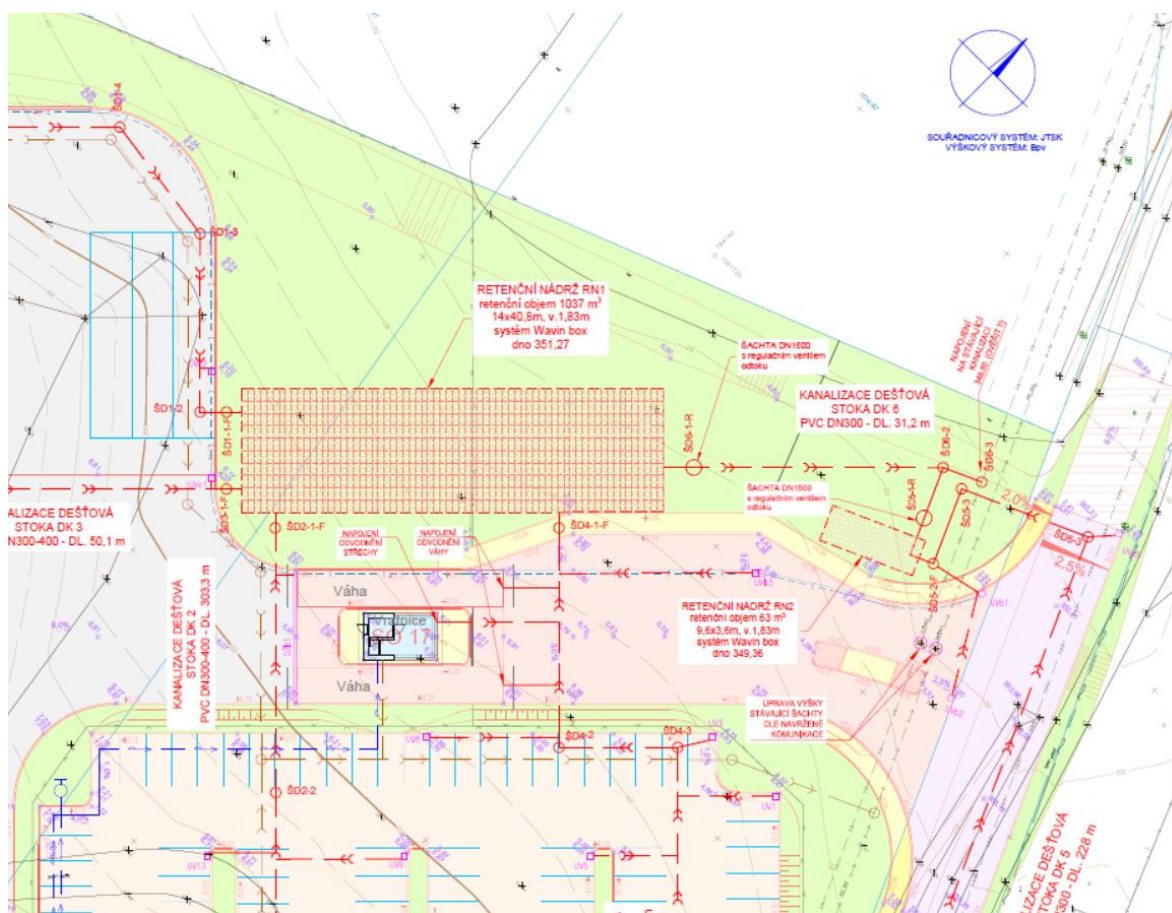
Posouzení projekčního řešení v zadání s návrhem možných alternativ využití vod

Níže budou představeny jednotlivé varianty, které budou uvažovány pro vícekritériální vyhodnocení. Bude představeno technické řešení daných variant, uvedeno množství využití vody, náklady na provedení a náklady na provoz a údržbu. Tyto varianty budou porovnány s projektovým řešením.

Projekční řešení

Současné projekční řešení uvažuje se svedením dešťových vod ze střech výrobní haly a zpevněných komunikací do retenční nádrže. Vzhledem k nepříznivým hydrologickým podmínkám je navrženo **regulovaným odtokem vody z nádrže přes dešťovou kanalizaci do recipientu.**

Na obrázku níže je uvedeno navrhované řešení retenční nádrže RN1. Projektové řešení neplánuje dešťovou vodu z nádrže využívat, nevylučuje se tím ovšem možnost prostého čerpání vody v nádrži v případě že bude zrovna k dispozici. Jedná se spíše o návrh pro splnění legislativních požadavků a bezpečnému odvedení srážek z pozemku.



Obr. č. 25 - Výřez z výkresu dešťové kanalizace

Toto řešení zajišťuje kontrolu nad dešťovou vodou dopadající na pozemku a zmírňuje následky přívalových dešťů a podporuje udržení vody v krajině. Zároveň chrání povrchové a podzemní vody před znečištěním. Lze říci, že řešení splňuje 2. a 3. strategický cíl hospodaření s vodou.

Pro plnění strategického cíle č. 4 - Snížení spotřeby pitné vody užíváním srážkové vody je toto řešení neúčinné. **K využití dešťové vody v tomto případě nedochází.**

Využití vody pro zálivku

Pro využití dešťové vody na zálivku bude předpokládáno využití technologie **StormHarvester**, která bude aplikována na stávající retenční nádrž. Tento systém bude zajišťovat dostatek vody v nádrži pro zálivku zeleně ve vegetačním období. Současné řešení nabízí dostatečnou jakost vody pro zálivku zeleně a není tak potřeba provádět další úpravy kvality vody.

Spotřeba vody pro zálivku

V rámci porovnání využitelnosti dešťové vody pro zálivku bude nejdříve určeno množství vody potřebné pro zálivku, navržen rozměr akumulací nádrže a ověřeno, zda má současná nádrž pro toho využití dostatečný využitelný objem.

Návrh bude proveden metodou měsíční bilance dle metodiky výpočtu objemu akumulací nádrží dle srážkové vody [1.16]. Tato metoda rovněž poskytne představu o množství vody, které bude v jednotlivých měsících potřeba pro zálivku.

„Návrh akumulací objemu se provádí na základě funkčního vztahu mezi velikostí akumulací objemu nádrže V_a a efektivitou využití objemu nádrže E_r , která vyjadřuje poměr mezi celkovým odebraným objemem srážkové vody za rok a akumulací objemem nádrže. Výpočet se tedy provádí pro různé akumulací objemy, výsledná velikost akumulací objemu V_a se pak stanoví na základě požadované minimální efektivity využití objemu nádrže E_r .“ [1.16]

Nejdříve je stanovena redukovaná odvodňovaná plocha „ A_{red} “. Odvodňované plochy jsou uvedeny v projektové dokumentaci a součinitele odtoku budou dohledány v příloze A.2 metodiky. Pro výpočet prvního bodu křivky závislosti V_a na E_r bude V_a stanoveno odhadem jako: $V_a = 0,045 * A_{red}$

V_a pro první bod křivky bude: $V_a = 0,045 * 26\ 602,16 = 1\ 197,10\ m^3$

Popis	Plocha [m ²]	Součinitel odtoku [-]	Součinitel ztráty [-]	Redukovaná plocha [m ²]
Ploché střechy nenasákové	17 175,00	0,95	0,9	14 684,63
Vozovky asfaltové a betonové	14 713,00	0,9	0,9	11 917,53
Celkem				26 602,16

Tab. č. 3 - Výpočet redukované odvodňované plochy

Pro výpočet dalších bodů křivky je V_a voleno v rozsahu $0,015$ až $0,095 * A_{red}$.

Pro každé V_a je vypočteno využitelné množství přitékající srážkové vody [m³], které odpovídá měsíčním srážkovým úhrnům [mm] dle přílohy A.1 metodologie a redukované

odvodňované ploše A_{red} . Pro výpočet jsou použity hodnoty pro střeďočeký kraj. Plocha zeleně je 11 511 m².

Dále se stanoví množství vody potřebné pro zálivku dle přílohy A.3 metodologie. Použijí se doporučené hodnoty pro intenzivní trávnik. Od ideální srážky je odečten srážkový úhrn v daném měsíci, výsledná hodnota odpovídá hledanému závlahovému množství vody (potřebě vody). Z potřeby vody je stanoven měsíční odběr a následně vypočten objem srážkové vody v nádrži na konci daného měsíce.

V následující tabulce je uveden výpočet pro: $V_a=233$ m³

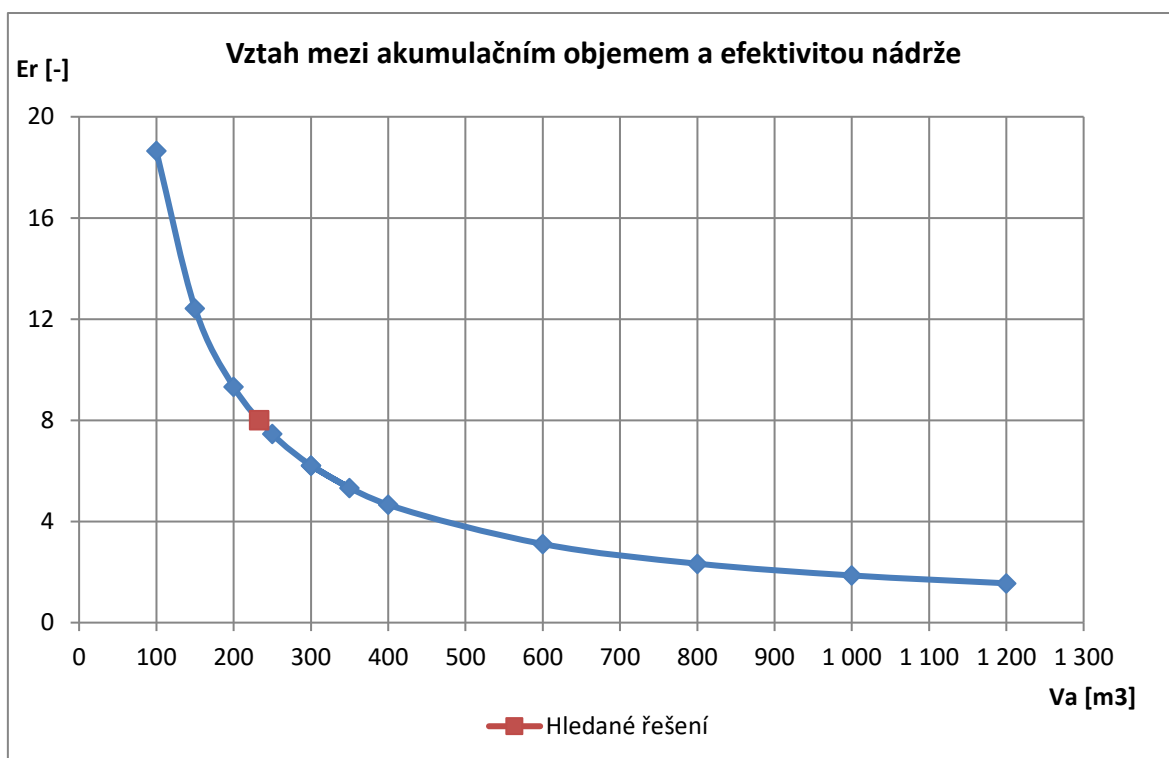
Objem akumuláční nádrže (V_a) [m³]	233	zvolený			
Měsíc roku	1	2	3	4	5
Měsíční úhrn srážek [mm]	33	28	38	31	64
Množství přitékající (V _{přít}) [m ³]	877,87	744,86	1010,88	824,67	1702,54
Potřeba srážkové vody v měsíci [mm]	0,00	0,00	0,00	39,00	19,00
Potřeba srážkové vody v měsíci [m ³]	0,00	0,00	0,00	448,93	218,71
Měsíční odběr (V _{odběr}) [m ³]	0,00	0,00	0,00	448,93	218,71
Objem vody v nádrži (V _m) [m ³]	233,00	233,00	233,00	233,00	233,00
Celkový roční odběr [m ³]	1864,78				
Efektivita využití objemu [-]	8,00				
Stupeň pokrytí [-]	100,00%				

6	7	8	9	10	11	12
77	79	72	48	41	36	36
2048,37	2101,57	1915,36	1276,90	1090,69	957,68	957,68
23,00	31,00	28,00	22,00	0,00	0,00	0,00
264,75	356,84	322,31	253,24	0,00	0,00	0,00
264,75	356,84	322,31	253,24	0,00	0,00	0,00
233,00	233,00	233,00	233,00	233,00	233,00	233,00

Tab. č. 4 - Výpočet efektivního objemu akumuláční nádrže pro zálivku

Z podílu všech měsíčních odběrů a objemu nádrže je pro každé V_a vypočteno efektivní využití objemu E_r a tento vztah je vyneseno do grafu. **Hledané řešení odpovídá hodnotě E_r větší nebo rovno 8 m³/m³.**

Po vynesení vztahu závislosti mezi akumuláčním objemem a efektivitou nádrže je potřeba interpolovat mezi hodnotami velikosti nádrže $V_a= 200$ m³ až $V_a= 300$ m³, pro získání hledané hodnoty efektivnosti využití.



Graf č. 1 - Závislost mezi Er a Va (nádrž pro zálivku)

Metodika uvádí že: „Pro potřeby OP ŽP doporučujeme, aby hodnota Er nebyla nižší než $8 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ “ [1.16].

Hledaný efektivní objem nádrže pro zálivku zeleně je 233 m^3 . Můžeme zvolit nejbližší nižší hodnotu dle výrobce nádrží. Celková roční potřeba vody pro zálivku je $1\,865 \text{ m}^3$.

Projektem navržená retenční nádrž o užitém objemu 1037 m^3 , po doplnění systému StormHarvester, **vyhovuje** potřebám vody pro zalévání. Z výpočtu vyplývá, že objem akumulované vody není pro zavlažování využitý efektivně (nádrž má zbytečně velkou kapacitu). Je však nutné vzít v potaz i původní účel nádrže, tedy že **pro retenci je tento objem nutné zachovat.**

Vstupní investice

Pro návrh řešení využití vody pro zálivku zeleně bude potřeba znát orientační náklady na realizaci tohoto řešení. Ve spolupráci s dodavatelem systémových bloků retenční nádrže Wavin Czechia s.r.o., byla konzultována orientační cenová nabídka na realizaci tohoto řešení.

Přibližná cena pro úpravu současného řešení na využití dešťové vody pro zálivku je 127 000 Kč bez DPH.

Cena zahrnuje úpravu nádrže s vírovým ventilem a osazení elektronického ventilu pro automatické regulování odtoku vody z nádrže. A dále čerpací techniku pro odčerpávání vody z nádrže a venkovní a vnitřní monitorovací zařízení.

Náklady na provoz a údržbu

V následující tabulce jsou uvedeny předpokládané náklady na provoz a údržbu systému StormHarvester. Náklady jsou převzaty z webových stránek společnosti dle referencí k obdobným projektům a dále z webových stránek prodejců filtrační technologie. [4.8]

Zálivka zeleně

Cena za 1 kWh	5	Kč
Spotřeba energie na m3 vody	0,05	kWh/m3

Popis	množství	m.j	množství	m.j
cena energie za den	1,28	Kč/d	466,25	Kč/rok
mechanická filtrace	-	-	50	Kč/rok
Písková filtrace	-	-	0	Kč/rok
UV filtrace	-	-	0	Kč/rok
Dávkování chemie	0	Kč/den	0	Kč/rok
Obsluha a servis za den	10	Kč/den	3650	Kč/rok
Software poplatky	-	-	2400	Kč/rok
provozní náklady celkem			6566,25	Kč/rok
množství vyrobemé vody			1865	m3/rok
Provozní náklad na m3 vody			3,52	Kč/m3

Tab. č. 5 - Výpočet nákladů na provoz a údržbu

Cena vody

Dále bude v rámci porovnání řešení stanovena cena za 1 m³ vody upravené navrženým řešením. To nám přinese obraz o hodnotě vody, kterou hodláme určitým způsobem využít, a která bude porovnána se současnou cenou vody a tím i s projektovaným zadáním.

V tomto kroku předpokládáme, že se nacházíme v přípravné fázi projektu a rozhodujeme se, zda dané řešení implementovat, či nikoliv. Předpokládáme také, že 100% nákladů na tuto investici budeme hradit z cizích prostředků. Pro výpočet bude použita úvěrová kalkulačka. Výše úvěru bude 127 000 Kč, úroková míra 6% a doba splácení 20 let.

Dalším z parametrů je ekonomická životnost navrženého řešení. Životnost zařízení závisí na několika faktorech, jako jsou provozní podmínky, údržba a frekvence používání. Ekonomická životnost řešení na využití vody pro zálivku bude uvažována s hodnotou 30 let.

V tabulce je uvedena splátka za rok, dle úvěrové kalkulačky, předpokládané provozní náklady a spotřeba vody ve 30 letém horizontu. Pro výpočet nákladů na provoz předpokládáme míru inflace 4%. Z těchto hodnot je vypočítán očekávaný průměrný náklad za dobu ekonomické životnosti.

Zálivka zeleně

období	1	2	20	21	29	30
Splátka za rok (anuita)	10918,44	10918,44	10918,44			
Provozní náklady	6566	6828,64	13833,57	14386,91	19689,49	20477,07
Spotřeba (m3/rok)	1865	1865	1865	1865	1865	1865
Náklady (Kč/rok)	17484,44	17747,08	24752,01	14386,91	19689,49	20477,07
Náklad celkem	586 623 Kč					
Náklad na m3 vody	10 Kč					

Tab. č. 6 - Vypočet průměrných nákladů na vodu

Z vypočtených hodnot vyplývá, že očekávaný náklad na m³ vody při implementaci systému StormHarvester na stávající retenční nádrž je přibližně 10 Kč/m³.

Cena stočného v lokalitě Žebrák (platná od 1. 1. 2024) je 73,64 Kč/m³ včetně DPH. [4.7]

Navržená varianta se z ekonomického hlediska jeví příznivě.

Využití vody pro splachování WC

Alternativním řešením, kterým se bude práce blíže zabývat, je využití dešťové vody pro splachování WC. Toto řešení bude vyžadovat větší stupeň filtrace vody a s tím spojené i větší náklady na prostor a investici.

Zároveň toto řešení nabízí také možnost využití vody ze zemní akumulární nádrže pro zálivku zeleně, stejně jako v předchozím případě. Pro posouzení varianty bude uvažováno s tímto dvojitým využitím.

Spotřeba vody pro splachování WC

V této části bude určeno množství vody potřebné pro zálivku na splachování WC a současně navržena efektivní velikost akumulární nádrže na dešťovou vodu.

Pro návrh objemu nádrže pro dešťovou vodu pro splachování se bude postupovat stejným způsobem jako v předchozím případě s využitím metody měsíční bilance vody v nádrži. Předpoklad je, že nádrž bude v tomto případě využita jak na splachování WC, tak pro zálivku zeleně.

Potřeba srážkové vody v tabulce bude doplněna o potřebu vody pro splachování WC dle přílohy A.3 metodologie. Použité jsou doporučené hodnoty pro splachování WC 25 l/os*den = 0,025 m³/os*den.

Počet zaměstnanců uvádí dokumentace. Ve všední dny jsou v objektu 183 zaměstnanci operátoři a 93 zaměstnanci administrativy. Celkem 276 osob (pro výpočet je uvažováno 21 dní v měsíci). O víkendech je v objektu 14 zaměstnanců operátorů (pro výpočet uvažováno 9 dní v měsíci).

Potřeba vody pro splachování bude: $V_{\text{potř}} = 0,025 \cdot (276 \cdot 21 + 14 \cdot 9) = 148,05 \text{ m}^3/\text{měs.}$

V následující tabulce je uveden výpočet pro: $V_a=455 \text{ m}^3$.

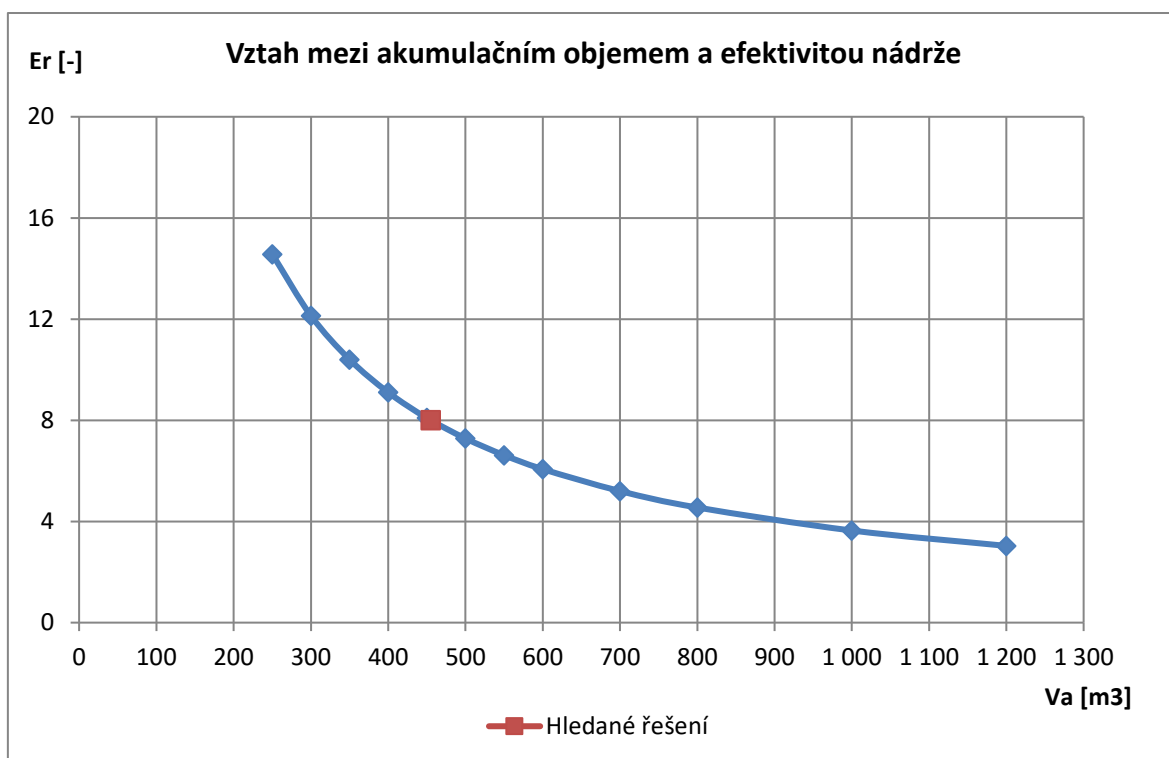
Objem akumulární nádrže (V_a) [m^3]	455 zvolený				
Měsíc roku	1	2	3	4	5
Měsíční úhrn srážek [mm]	33	28	38	31	64
Množství přitékající ($V, \text{přít}$) [m^3]	877,87	744,86	1010,88	824,67	1702,54
Potřeba srážkové vody v měsíci [mm]	0,00	0,00	0,00	39,00	19,00
Potřeba srážkové vody v měsíci [m^3]	0,00	0,00	0,00	448,93	218,71
Potřeba užitkové vody v měsíci [m^3]	148,05	148,05	148,05	148,05	148,05
Měsíční odběr ($V, \text{odběr}$) [m^3]	148,05	148,05	148,05	596,98	366,76
Objem vody v nádrži (V, m) [m^3]	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00
Celkový roční odběr [m^3]	3641,38				
Efektivita využití objemu [-]	8,00				
Stupeň pokrytí [-]	100,00%				

6	7	8	9	10	11	12
77	79	72	48	41	36	36
2048,37	2101,57	1915,36	1276,90	1090,69	957,68	957,68
23,00	31,00	28,00	22,00	0,00	0,00	0,00
264,75	356,84	322,31	253,24	0,00	0,00	0,00
148,05	148,05	148,05	148,05	148,05	148,05	148,05
412,80	504,89	470,36	401,29	148,05	148,05	148,05
455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00

Tab. č. 7 - Výpočet efektivního objemu akumulární nádrže pro splachování WC

Z podílu všech měsíčních odběrů a objemu nádrže je pro každé V_a vypočteno efektivní využití objemu E_r , a tento vztah je vyneseno do grafu. **Hledané řešení odpovídá hodnotě E_r větší nebo rovno $8 \text{ m}^3/\text{m}^3$.**

Po vynesení vztahu závislosti mezi akumulárním objemem a efektivitou nádrže je potřeba interpolovat mezi hodnotami velikosti nádrže $V_a= 400 \text{ m}^3$ až $V_a= 455 \text{ m}^3$, pro získání hledané hodnoty efektivnosti využití.



Graf č. 2 - Závislost mezi Er a Va (nádrž pro splachování WC)

Hledaný efektivní objem nádrže pro splachování WC a zálivku zeleně je 455 m³. Můžeme zvolit nejbližší nižší hodnotu dle výrobce nádrží.

Z tabulky je patrné, že nádrž o objemu 455 m³ se, zhruba každý měsíc, zcela naplní. To je způsobeno dostatečnou velikostí odvodňované plochy a množstvím srážek, stupeň pokrytí spotřeby vody lze tak očekávat 100%.

Vstupní investice

Pro návrh tohoto řešení využití vody bude potřeba znát orientační náklady na realizaci tohoto řešení. Ve spolupráci s ateliérem Koncept Ekotech s.r.o., byla připravena orientační cenová nabídka na realizaci tohoto řešení.

Náklady na akumulacní nádrž: 3 790 000 Kč bez DPH

Náklady na technologii a vodovodní rozvody v hale: 1 150 000 Kč bez DPH

Celkem: 4 940 000 Kč bez DPH

Cena zahrnuje dodávku a montáž akumulacní nádrže z akumulacních boxů izolovaných PVC fólií, včetně zemních prací, revizní šachty, napojení na systém odvodnění, čerpací techniky pro zavlažování a vedení vody do místnosti pro úpravu vody. A dále úpravu místnosti 1.09, realizaci technologie na úpravu vody a oddělené rozvody pro připojení WC.

Náklady na provoz a údržbu

V následující tabulce jsou uvedeny předpokládané náklady na provoz a údržbu systému na úpravu dešťové vody pro splachování WC. Náklady jsou převzaty z webových stránek společnosti ASIO TECH, spol. s r.o. dle referencí k obdobným projektům a dále z webových stránek prodejců filtrační technologie.

Cena za 1 kWh	5	Kč
Spotřeba energie na m ³ vody	0,15	kWh/m ³

Popis	množství	m.j	množství	m.j
cena energie za den	7,48	Kč/d	2730,75	Kč/rok
mechanická filtrace	-	-	50	Kč/rok
Písková filtrace	-	-	200	Kč/rok
UV filtrace	-	-	2000	Kč/rok
Dávkování chemie	0	Kč/den	0	Kč/rok
Obsluha a servis za den	40	Kč/den	14600	Kč/rok
Software poplatky	-	-	0	Kč/rok
provozní náklady celkem			19580,75	Kč/rok
množství vyrobené vody			3641	m ³ /rok
Provozní náklad na m³ vody			5,38	Kč/m³

Tab. č. 8 - Výpočet nákladů na provoz a údržbu pro splachování WC

Cena vody

Dále bude v rámci porovnání řešení stanovena cena za 1 m³ vody upravené navrženým řešením a hodnota porovnána se současnou cenou vody a tím i s projektovaným zadáním.

V tomto kroku jsou použity stejné podmínky jako v předchozím případě. Je předpokládáno, že 100% nákladů na tuto investici bude hrazeno z cizích prostředků, pro výpočet je použita úvěrová kalkulačka. Výše úvěru bude 4 940 000 Kč, úroková míra 6% a doba splácení 20 let. Ekonomická životnost projektu bude 30 let.

V tabulce je uvedena splátka za rok, předpokládané provozní náklady a spotřebu vody ve 30 letém horizontu. Pro výpočet nákladů na provoz předpokládáme míru inflace 4%. Z těchto hodnot vypočteme očekávaný průměrný náklad za dobu ekonomické životnosti.

Splachování toalet

období	1	2	20	21	29	30
Splátka (anuita)	424700,28	424700,3	424700,3			
provozní náklady	19580	20363,2	41252,11	42902,19	58714,61	61063,2
spotřeba (m ³ /rok)	3641	3641	3641	3641	3641	3641
Náklady (č/rok)	444280,28	445063,5	465952,4	42902,19	58714,61	61063,2
Náklad celkem	9 592 149 Kč					
Náklad na vodu z celku	88 Kč					

Tab. č. 9 - Výpočet ceny m³ vody pro splachování WC

Z vypočtených hodnot vyplývá, že očekávaný náklad na m³ vody v tomto případě je přibližně 88 Kč/m³.

Cena stočného v lokalitě Žebrák (platná od 1. 1. 2024) je 73,64 Kč/m³ včetně DPH. [4.7]

Lze ovšem předpokládat, že i cena vodného bude díky vlivu inflace v tomto období růst. Níže je vypočtena předpokládaná průměrná cena vodného za období 30 let s předpokládanou mírou inflace 4%.

Vodné

období	1	2	20	21	29	30
vodné (kč/m ³)	73,64	76,5856	155,1484	161,3543	220,8245	229,6575
Průměr. cena vodného	138 Kč					

Tab. č. 10 - Výpočet průměrné ceny vodného v předpokládaném období

Dále je do grafu vynesena předpokládaná cena vodného a předpokládané náklady na vodu čerpané z navrhovaného řešení.



Graf č. 3 – Náklady na vodu pro splachování toalet

Z grafu je patrné, že po 15 letech nastane bod zvratu, a náklady na vodu pořízenou navrženým řešením budou nižší než předpokládaná cena vodného. Z grafu je také patrný bod, kdy dojde ke splacení úvěru a náklady na vodu se tím podstatně sníží.

Pitná voda pro zaměstnance

Dalším z uvažovaných řešení je využití přečištěné dešťové vody jako pitné vody pro zaměstnance.

Potřeba pitné vody pro zaměstnance se vypočítá stejným způsobem jako v předchozím případě. Spotřeba vody na osobu je uvažována 10l/den [4.8].

Potřeba pitné vody pro zaměstnance je: $V_{\text{potř}} = 0,010 \cdot (276 \cdot 21 + 14 \cdot 9) = 59,22 \text{ m}^3/\text{měs.}$

V dalším kroku je navržena odpovídající velikost akumulární nádrže dle metody měsíční bilance.

Objem akumulární nádrže (Va) [m3]	544 zvolený				
Měsíc roku	1	2	3	4	5
Měsíční úhrn srážek [mm]	33	28	38	31	64
Množství přítékající (V,přít) [m3]	877,87	744,86	1010,88	824,67	1702,54
Potřeba srážkové vody v měsíci [mm]	0,00	0,00	0,00	39,00	19,00
Potřeba srážkové vody v měsíci [m3]	0,00	0,00	0,00	448,93	218,71
Potřeba užitkové vody v měsíci [m3]	148,05	148,05	148,05	148,05	148,05
Potřeba pitné vody v měsíci [m3]	59,22	59,22	59,22	59,22	59,22
Měsíční odběr (V,odběr) [m3]	207,27	207,27	207,27	656,20	425,98
Objem vody v nádrži (V,m) [m3]	544,00	544,00	544,00	544,00	544,00
Celkový roční odběr [m3]	4352,02				
Efektivita využití objemu [-]	8,00				
Stupeň pokrytí [-]	100,00%				

6	7	8	9	10	11	12
77	79	72	48	41	36	36
2048,37	2101,57	1915,36	1276,90	1090,69	957,68	957,68
23,00	31,00	28,00	22,00	0,00	0,00	0,00
264,75	356,84	322,31	253,24	0,00	0,00	0,00
148,05	148,05	148,05	148,05	148,05	148,05	148,05
59,22	59,22	59,22	59,22	59,22	59,22	59,22
472,02	564,11	529,58	460,51	207,27	207,27	207,27
544,00	544,00	544,00	544,00	544,00	544,00	544,00

Tab. č. 11.1 – Výpočet efektivního objemu nádrže pro pitnou vodu

Hledaný objem nádrže pro toto řešení je 544 m^3 . Zvolit je možné nejbližší nižší hodnotu dle výrobce nádrží.

Cena

Jelikož se jedná o nejkompexnější řešení ze všech výše zmíněných. **Je velmi obtížné provést kvalifikovaný odhad ceny** takového řešení bez předchozího podrobného návrhu projektu TZB.

V tomto případě tedy řešení **nebude porovnáno s cenou vody**, ale i přesto bude tento návrh zahrnut do vícekritériálního hodnocení pro představu o tom, zda je vhodné o realizaci takového řešení uvažovat.

Zle předpokládat, že cena a zároveň náklady na provoz a údržbu tohoto řešení budou ze všech porovnávaných nejvyšší.

Dále lze předpokládat, že i množství využití vody a zároveň předpoklad na možné vyšší využití vody v budoucnu budou také ze všech porovnávaných řešení nejvyšší.

Tyto předpoklady budou dále použity ve vícekritériálním porovnání.

Vícekriteriální vyhodnocení řešených návrhů

V následující kapitole je provedeno vícekriteriální hodnocení alternativních návrhů na využití dešťové vody pro provoz výrobní haly. Je zde uveden postup provedení analýzy, specifikována zvolená kritéria následně a pomocí tabulkového kalkulátoru (excel) provedeno samotné vyhodnocení.

Úvod

Vícekriteriální analýza variant bude provedena metodou pořadí. Úkolem je vyhodnotit různé varianty na základě hodnotících parametrů (kritérií). Varianty by měly mít společný cíl. Tato metoda není zcela objektivní, záleží na konkrétním nastavení vybraných parametrů pro hodnocení. [1.17]

V prvním kroku jsou stanovena hodnotící kritéria. U volby hodnotících kritérií by měly být splněny tyto základní požadavky: zaprvé by tyto kritéria měla být nezávislá mezi sebou. Není vhodné porovnávat podobné parametry v jednom vyhodnocení. Každý parametr za zvlášť okomentován níže [1.17]

Hlediska pro vyhodnocení jsou použita kvantitativní (číselné) nebo kvalitativní (slovní). Kvalitativní hlediska jsou určena na stupnici 1-10 (1 nejmenší - 10 největší). Pro každé kritérium je uvažováno nad jeho povahou tedy maximalizační (vyšší hodnota je lepší) nebo minimalizační (nižší hodnota je lepší). Parametry jsou dle těchto hledisek, v další kroku sjednocená (tedy například převést min na max). To je důležité pro správné vyhodnocení. [1.17]

V dalším kroku jsou zvoleny váhy pro jednotlivá kritéria. Kritéria jsou volena metodou pořadí. Parametry jsou sepsány pod sebe dle pořadí důležitosti pro tento konkrétní případ volby vhodného řešení pro využití dešťové vody. Dle pořadí jsou následně jednotlivá kritéria obodována, body uvádí váhové ohodnocení pro dané kritérium. Celková váha musí být 1. [1.17]

Analýzu je provedena metodou pořadí. V tabulce jsou sepsána kritéria a váhy a pro každou variantu jsou spočítány hodnoty dle zvolených hledisek. Pro každé kritérium je vypočteno pořadí, které následně dle váhy určeno výsledné bodové ohodnocení. Varianta s nejvyšším bodovým ohodnocením je analýzou určena jako nejvýhodnější. [1.17]

Kritéria

Pro vyhodnocení vícekriteriální analýzy byla zvolena následující kritéria (v závorce je uvedeno, zda jde o minimalizační či maximalizační kritérium):

Množství využití vody (max)

Vstupní investice (min)

Možná budoucí využití vody pro provoz (max)

Náklady na údržbu (min)

Nároky na umístění do prostoru (min)

Spolehlivost (max)

Inovace, technologie (max)

Kritéria jsou zvolena subjektivně s přihlédnutím k cíli tohoto výzkumu.

Zásadním předpokladem je, aby na sobě kritéria nebyla závislá. Náklad na vodu, jako takový, který byl získán výpočtem ze vstupní investice, nákladů na provoz a využitého množství vody nemůže být použit spolu s těmito kritérii, protože je závislý na ostatních zvažovaných parametrech.

Dle předpokladů z předchozí teoretické části je uvažováno jako první zásadní kritérium **množství využitelné dešťové vody**, které dané řešení zvládne nabídnout. To bylo získáno výpočtem potřeby vody v hale v závislosti na vybrané technologii. Množství vody, které je z dané technologie možné využít má také příznivý vliv na cenu vody a budoucí návratnost. Množství využití vody je také klíčovým faktorem z hlediska hospodaření s vodou a vlivem na životní prostředí.

Vstupní investice je dalším základním parametrem, který převážně investor, který bude vynakládat své finanční prostředky bude hodnotit. Investice do dané technologie nesmí být příliš velká, aby se investorovi návratnost projektu vyplatila. V tomto případě jde ovšem o menší část celkové investice do výstavby haly jako celku, a tak lze předpokládat že cena nemusí být pro investora rozhodujícím kritériem. Hodnota pro toto kritérium byla zjištěna výpočtem.

Zvážení možného **budoucího rozšíření nebo využití** je dobrým kritériem v kontextu inflace a jistého budoucího zdražování městské vody. Možné budoucí navýšení kapacit nebo rozšíření technologie je vhodné také z hlediska možného budoucího zpříšňování legislativy v oblasti hospodaření s vodou. Toto hledisko je kvalitativní a jeho hodnota bude určena dle rozvahy v kapitole studie využitelnosti.

Náklady na provoz a údržbu můžou být v kontextu životnosti projektu rozhodujícím kritériem. V tomto případě se náklady na údržbu pro různá řešení mohou velmi výrazně lišit, nepředpokládá se ovšem, že budou v měřítku celkové investice rozhodující. Jsou tedy v rámci této práce zařazeny jako čtvrtý faktor. Hodnota pro toto kritérium byla získána výpočtem.

Nároky na umístění v prostoru (dodatečně zastavěný prostor) jsou pochopitelně jedním z dalších kritérií. V současné době je celý projekt haly v první fázi výstavby a počítá se s postupným rozšiřováním. Tím pádem je na samotném pozemku i ve vnitřních prostorách relativní dostatek místa pro budoucí rozšiřování. Každý zastavitelný prostor má svou hodnotu a při volbě vhodného řešení je podstatné i tento faktor zohlednit. Toto hledisko je kvalitativní a jeho hodnota bude určena dle rozvahy nad prostorovým nárokem daného řešení.

Spolehlivost vybraného řešení je jedním z kvalitativních kritérií. Bude hodnocena na základě rešerše k vybraným technologiím s přihlédnutím na množství mechanických nebo elektrických součástí vybraného návrhu, jako možných příčin vzniku vad.

Kritérium **inovace** je rovněž kvalitativní a bude hodnoceno na základě rešerše. Bude zohledňovat především celkový rozsah použitých technologií, komplexitu jejich vzájemného fungování a současné moderní postupy a inovace v dané technologii.

Analýza

Analýza byla provedena v tabulkovém kalkulátoru MS exel. V tabulce č. 11.2 jsou nejprve přehledně uvedeny všechny porovnávané varianty.

První porovnávanou variantou je řešení navržené projektovou dokumentací, tedy varianta ponechání současného řešení beze změn.

Druhou porovnávanou variantou bude řešení navržené projektovou dokumentací s úpravou retenční nádrže, díky které bude možné využít dešťovou vodu pro zálivku sadových úprav.

Třetí variantou bude navržené řešení využití dešťové vody z této nádrže i pro splachování WC včetně vybudování potřebné technologie a zdvojených rozvodů. Tato varianta bude uvažována jako celek spolu se zavlažováním zeleně.

Poslední porovnávanou variantou je komplexní řešení na úpravu dešťové vody na vodu pitnou, spolu s vybudováním potřebné akumulace a rozvodů.

Varianty hospodaření s dešťovou vodou		
Varianta	Název	Popis
A	Projekční řešení	Projekční zadání retenční nádrže s regulovaným odtokem
B	Využití vody pro zálivku	Implementace systému StormHarvester pro řízenou akumulaci vody v nádrži
C	Využití vody pro splachování WC	Řešení pro efektivní akumulaci, úpravu a transport vody pro splachování toalet
D	Využití jako pitná voda pro zaměstnance	Komplexní řešení pro úpravu vody na pitnou vodu pro zaměstnance

Tab. č. 11.2 – Přehled porovnávaných variant pro analýzu

V dalším kroku jsou do tabulky uvedena jednotlivá kritéria, jejich povaha a hledisko. Pořadí jejich důležitosti je voleno dle výše uvedeného popisu. Každému kritériu jsou uděleny body 1-7 dle pořadí důležitosti (1. v pořadí dostane nejvíce bodů). Počet bodů, který dané kritérium dostane celkového počtu bodů pro všechna kritéria udává jeho váhu (viz tab. 2).

Kritéria	Povaha	Hledisko	Pořadí dle důležitosti	Body	Váha	Váha %
Množství využití vody	max	kvantitativní	1	7	7/28	0,25
Vstupní investice	min	kvantitativní	2	6	6/28	0,21
Budoucí využitelnost systému	max	kvalitativní	3	5	5/28	0,18
Náklady na údržbu	min	kvantitativní	4	4	4/28	0,14
Nároky na umístění do prostoru	min	kvalitativní	5	3	3/28	0,11
Spolehlivost	max	kvalitativní	6	2	2/28	0,07
Složitost technologií	max	kvalitativní	7	1	1/28	0,04
				28	1	

Tab. č. 12 – Přehled kritérií a výpočtem jejich váhy

V dalším kroku jsou uvedeny hodnoty pro jednotlivá kritéria. Hodnoty jsou voleny dle výše popsaného postupu. Dle hodnoty a povahy pro jednotlivá kritéria je stanoveno skóre kritéria pro danou variantu (4 nejlepší – 1 nejhorší). Dle váhy a skóre jdou pak jednotlivé varianty obodovány.

Kritérium	Povaha	Váha	Varianta A Projekční řešení		
			Hodnota v1	Skóre v1	Body v1
Množství využití vody	max	0,25	0 m3	1	0,25
Vstupní investice	min	0,21	0 Kč	4	0,86
Budoucí využitelnost systému	max	0,18	1/10	1	0,18
Náklady na údržbu	min	0,14	3,5 Kč/m3	3	0,43
Nároky na umístění do prostoru	min	0,11	4/10	3	0,32
Spolehlivost	max	0,07	9/10	4	0,29
Inovace	max	0,04	1/10	1	0,04
					2,36

Varianta B Využití vody pro zálivku			Varianta C Využití vody pro splachování WC		
Hodnota v2	Skóre v2	Body v2	Hodnota v3	Skóre v3	Body v3
1 865 m3	2	0,50	3 641 m3	3	0,75
127 000 Kč	3	0,64	4 940 000 Kč	2	0,43
3/10	2	0,36	6/10	3	0,54
3,5 Kč/m3	3	0,43	5,4 Kč/m3	2	0,29
4/10	3	0,32	8/10	2	0,21
8/10	3	0,21	6/10	2	0,14
7/10	3	0,11	5/10	2	0,07
2,57			2,43		

Varianta D Využití jako pitná voda pro zaměstnance		
Hodnota v4	Skóre v4	Body v4
4 352 m3	4	1,00
10 000 000 Kč	1	0,21
9/10	4	0,71
10,0 Kč/m3	1	0,14
10/10	1	0,11
5/10	1	0,07
8/10	4	0,14
2,39		

Tab. č. 13 – Hodnocení variant

Výsledkem analýzy je bodové ohodnocení pro jednotlivé varianty. Nejvýhodnější je pak řešení s největším bodovým ohodnocením.

Vyhodnocení

V tomto konkrétním případě hodnocení variant pro využití dešťové vody pro provoz výrobní haly se jeví nejvýhodnější realizovat variantu úpravy stávající retenční nádrže pro řízenou akumulaci dešťových vod pro zálivku zeleně. Tato varianta vyniká především nízkými náklady na realizaci, provoz a údržbu a zároveň v podstatě minimálními požadavky na dodatečné zastavění prostoru.

V případě, že by investor hledal variantu s vyšším potenciálním využitím dešťové vody, než nabízí řešení pro zálivku. Je s ohledem na výsledky analýzy možné doporučit variantu pro využití dešťové vody i na splachování toalet, která z analýzy vychází jako druhá nejvýhodnější.

Výše popsáním způsobem lze případně vyhodnotit i další varianty, které se při zpřesnění vstupních podkladů mohou do vyhodnocení připojit.

Dotazníkové šetření k řešené problematice

Úvod

Cílem tohoto dotazníku je oslovit vzorek respondentů a probádat jak respondent hospodaří s vodou v domácnosti a jaký je jeho postoj ke konkrétně navrženým opatřením, které se týkají tématu této práce.

Dotazník se zaměří na širokou veřejnost. Pomocí dotazníku budou zjištěny základní demografické údaje o respondentovi, současný stav v jeho domácnosti v souvislosti s hospodařením s vodou, a jeho názor v oblasti zpětného využití vody za konkrétních podmínek

Vzorek respondentů byl získán pomocí nepravděpodobnostního výběru metodou sněhové koule. Princip spočívá v oslovení kontaktů ze své sociální sítě s nabídkou účasti ve výzkumu formou vyplnění dotazníku a o žádosti o předání dotazníku dalším kontaktům. Data byla sbírána pomocí internetového formuláře Google Forms. Sběr dat probíhal od 17. 12. 2023 do 1. 1. 2024. Předem byl stanoven cílový počet 100 respondentů a poté byl sběr dat ukončen a dotazník vyhodnocen.

Otázky do dotazníku

Níže je uveden kompletní textový přepis internetového dotazníkového formuláře, tak jak byl k dispozici respondentům.

Informovaný souhlas

Vážený respondente, Vážená respondentko,

jsem studentem Českého vysokého učení technického v Praze v oboru Příprava realizace a provoz staveb a rád bych Vás požádal o vyplnění následujícího dotazníku. Vyplnění dotazníku bude trvat přibližně 10 minut. Na základě vašich odpovědí na uvedené otázky vyhodnotím ve své práci Váš postoj v oblasti hospodaření s dešťovou vodou.

Účast na studii je dobrovolná a lze ji kdykoli ukončit zavřením okna prohlížeče. Účast na dotazníku není odměněna. Vyplnění dotazníku představuje rizika shodná s běžným užíváním internetu.

Shromážděná data budou anonymní a nebude, je možné spojit s Vaší osobou. Data z této studie budou zveřejněna společně s výsledky výzkumu.

Pokračováním na další stránku dáváte na vědomí, že jste si tyto informace přečetl/a a jste s nimi srozuměn/a. Pokračováním na dotazník rovněž potvrzujete, že jste osobou starších 18 let.

V případě nejasností je možné mě kontaktovat na e-mailové adrese: ondrej.kosar@fsv.cvut.cz

Úspora pitné vody

Nyní bude následovat blok otázek zaměřený na zařízení ovlivňující spotřebu pitné vody ve Vaší domácnosti.

Uvedte, do jaké míry se ztotožňujete s následujícími výroky 1)-9).

Označte vždy jednu z možností na škále „rozhodně souhlasím“ - „rozhodně nesouhlasím“.

- 1) Nádobí myji výhradně myčkou na nádobí.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
- 2) Myčku nádobí zapínám výhradně na úsporný režim.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
- 3) Používám úspornou vodovodní baterii.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
- 4) Používám spořič vody na vodovodní baterii.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
- 5) Pračku zapínám výhradně na úsporný režim.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
- 6) Při splachování toalety rozlišuji tlačítko pro objem vody ke spláchnutí.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
- 7) Používám sprchovou hlavici s nastavitelným průtokem.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
- 8) Pro každodenní hygienu preferuji sprchování (mytí) kratší než 10 minut.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím

- d. Rozhodně nesouhlasím
- 9) Při výběru zařízení do domácnosti zohledňuji jejich dopad na spotřebu vody.
- a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím

Hospodaření s dešťovou vodou

Nyní bude následovat blok otázek zaměřený na hospodaření s dešťovou vodou.

Uvedte, do jaké míry se ztotožňujete s následujícími výroky 1)-5).

Označte vždy jednu z možností na škále „rozhodně souhlasím“ - „rozhodně nesouhlasím“.

1. Na pozemku přidruženém k mému bydlišti dochází ke vsakování dešťové vody do půdy.
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
2. Na pozemku přidruženém k mému bydlišti zadržuji dešťovou vodu pro následné využití (např. zálivka zahrady, mytí vozu).
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
3. V domácnosti využívám přečištěnou dešťovou vodu pro svou potřebu (např. pro splachování WC nebo praní prádla).
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
4. V domácnosti využívám přečištěnou a chemicky upravenou dešťovou vodu pro svou potřebu (např. pro sprchování nebo vaření).
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
5. Mimo vody z vodovodního řádu využívám i tekoucí vodu z jiných zdrojů (např. vodu ze studny, přečištěnou dešťovou nebo šedou vodu atd.)
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím

Postoj ke konkrétním opatřením:

Nyní bude následovat blok otázek zaměřený Vaše postoje ke konkrétním opatřením pro zefektivnění hospodaření s vodou.

U následujících otázek, označte vždy jednu z možností na škále „rozhodně souhlasím“ - „rozhodně nesouhlasím“.

1. Myslíte si, že by měl stát ukládat povinnost likvidovat (zasakovat) dešťovou vodu na vlastním pozemku?
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
2. Rádi byste v místě svého bydliště realizovali systém pro zadržování dešťové vody, kterou by bylo následně možné využít pro vlastní potřebu (např. pro zálivku nebo mytí vozidel)?
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
3. Rádi byste v místě svého bydliště realizovali systém pro přečištění zachycené dešťové vody, kterou by bylo následně možné využít v domácnosti (např. pro splachování WC nebo praní prádla)?
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
4. Myslíte si, že by měl stát ukládat povinnost využívat přečištěnou dešťovou vodu v domácnosti?
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
5. Z mého výzkumu vyplynulo, že při zohlednění celkových nákladů na realizaci systému pro zadržování dešťové vody, kterou by bylo následně možné využít pro vlastní potřebu (např. zálivku a mytí vozidel) **je cena 1 m³ této upravené dešťové vody cca 1,1x vyšší** než vody čerpané z vodovodního řadu.
Vědomi si této skutečnosti, rádi byste v místě svého bydliště realizovali tento systém pro využití dešťové vody?
 - a. Rozhodně souhlasím
 - b. Spíše souhlasím
 - c. Spíše nesouhlasím
 - d. Rozhodně nesouhlasím
6. Z mého výzkumu zároveň vyplynulo, že při zohlednění celkových nákladů na realizaci systému pro přečištění zachycené dešťové vody, kterou by bylo následně možné využít

v domácnosti (např. pro splachování WC nebo praní prádla) **je cena 1 m³ této upravené dešťové vody cca 1,2x vyšší** než vody čerpané z vodovodního řadu.

Vědomi si této skutečnosti, rádi byste v místě svého bydliště realizovali systém pro přečištění a využití dešťové vody v domácnosti?

- a. Rozhodně souhlasím
- b. Spíše souhlasím
- c. Spíše nesouhlasím
- d. Rozhodně nesouhlasím

Sociodemografické údaje:

Vždy zvolte jen jednu variantu z nabídky

1. Vaše pohlaví
 - a. žena
 - b. muž
 - c. jiné
 - d. nechci uvést
2. Váš věk
 - a. 18-25
 - b. 26-35
 - c. 36-45
 - d. 46-55
 - e. 56-65
 - f. 66 a více
3. Nejvyšší dosažené vzdělání
 - a. neúplné základní
 - b. základní
 - c. střední bez maturity
 - d. střední s maturitou
 - e. vyšší odborné
 - f. vysokoškolské
4. Velikost obce, ve které žijete
 - a. méně než 2 000 obyvatel
 - b. 2 000 - 4 999
 - c. 5 000 - 9 999
 - d. 10 000 - 49 999
 - e. 50 000 - 99 999
 - f. 100 000 - 499 999
 - g. 500 000

Poděkování a kontakt

Děkuji za vyplnění dotazníku.

V případě dotazu či zájmu o výsledky výzkumu mě můžete kontaktovat na e-mailové adrese: ondrej.kosar@fsv.cvut.cz

Bc. Ondřej Kosář

Vyhodnocení dotazníku

Cílem tohoto dotazníku bylo mapovat současné chování respondenta v oblasti hospodaření s dešťovou vodou a jeho aktuální postoj k opatřením pro možné využití dešťové vody pro vlastní potřebu. A zároveň zhodnotit jeho postoj či změnu postoje i s vědomím, že by toto opatření vedlo ke zvýšeným nákladům na vodu. Získaná data budou použita k rozšíření výzkumu o návrhu optimálního využití dešťových vod na konkrétním objektu výrobní haly v Žebráku.

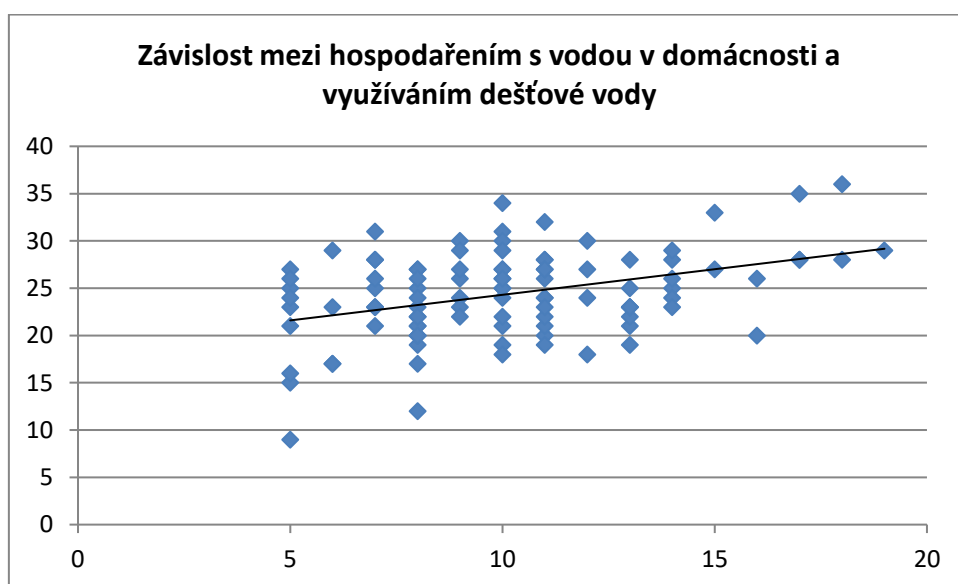
Shromážděná data jsou součástí přílohy č. 6 této práce.

Níže je uveden postup pro vyhodnocení dotazníku:

Baterie otázek o postoji k HDV byla převedena na číselné hodnoty (4 = rozhodně souhlasím až 1 = rozhodně nesouhlasím) a pro první a druhou sada otázek (1-9 a 10-14) bylo každému respondentovi přiřazeno skóre, které vycházelo ze součtu hodnot míry souhlasu s výroky. Nejvyšší skóre měl respondent s pro-environmentálním postojem.

Následně byly tyto skóre uvedeny v tabulce a dále se porovnávala jejich závislost s ostatními proměnnými. S využitím jednoduché korelace a zobrazení pomocí lineární regrese.

V následujícím grafu je zobrazena závislost mezi hospodařením s vodou v domácnosti (osa y) a využíváním dešťové vody na pozemku (osa x). Závislost je reprezentována pomocí skóre respondenta.



Graf č. 4 – Závislost mezi hospodařením s vodou v domácnosti a využíváním dešťové vody

Pomocí lineární regrese byla hodnotami proložena korelační přímka. Vypočtený korelační index je 0,4 což můžeme interpretovat jako střední až podstatnou souvislost. [1.18]

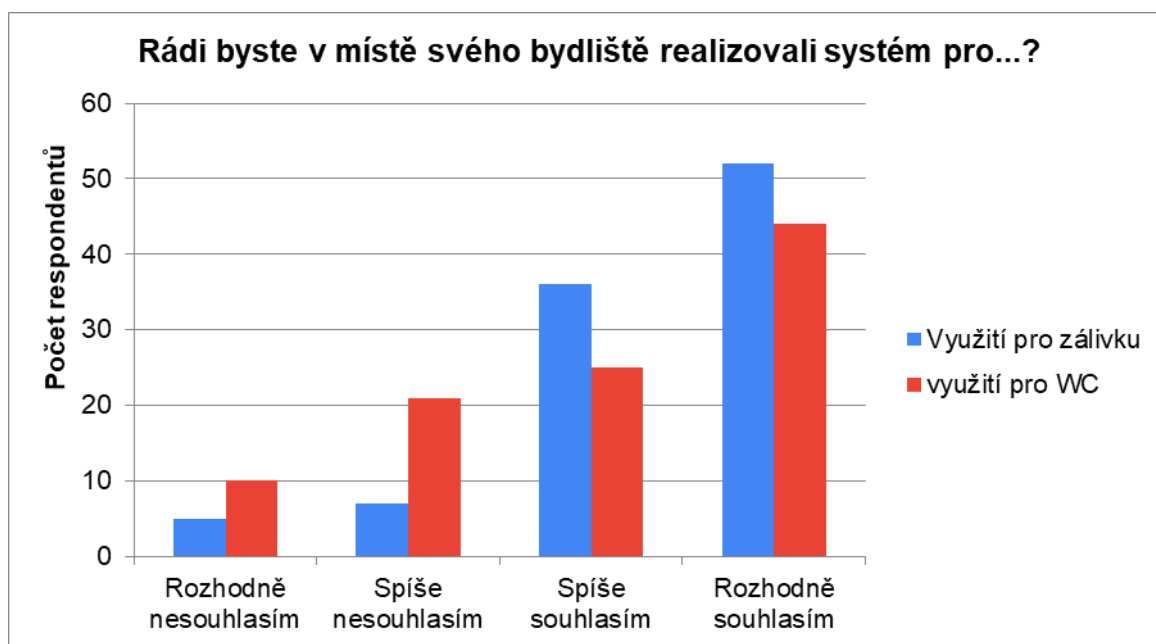
To znamená, že v případě že respondent dobře hospodaří s vodou v domácnosti, tak pravděpodobně i využívá dešťovou vodu pro vlastní potřebu.

Postoje k opatřením:

Pro vyhodnocení postoje ke konkrétním opatřením je v následujícím grafu znázorněn počet respondentů, kteří na otázku, **zda by rádi realizovali opatření pro hospodaření s dešťovou vodou / využití dešťové vody**, odpověděli „Rozhodně souhlasím“ = 4 až „Rozhodně nesouhlasím“.

Zjištěná míra souhlasu/nesouhlasu, je pak mezi sebou porovnána na grafu č. 5

Z grafu je patrné, že převažuje souhlas s využitím dešťové vody jak pro zálivku, tak pro splachování WC nad nesouhlasem s využíváním dešťové vody tímto způsobem. Z těchto možností pak převažoval zájem o využití na zálivku.



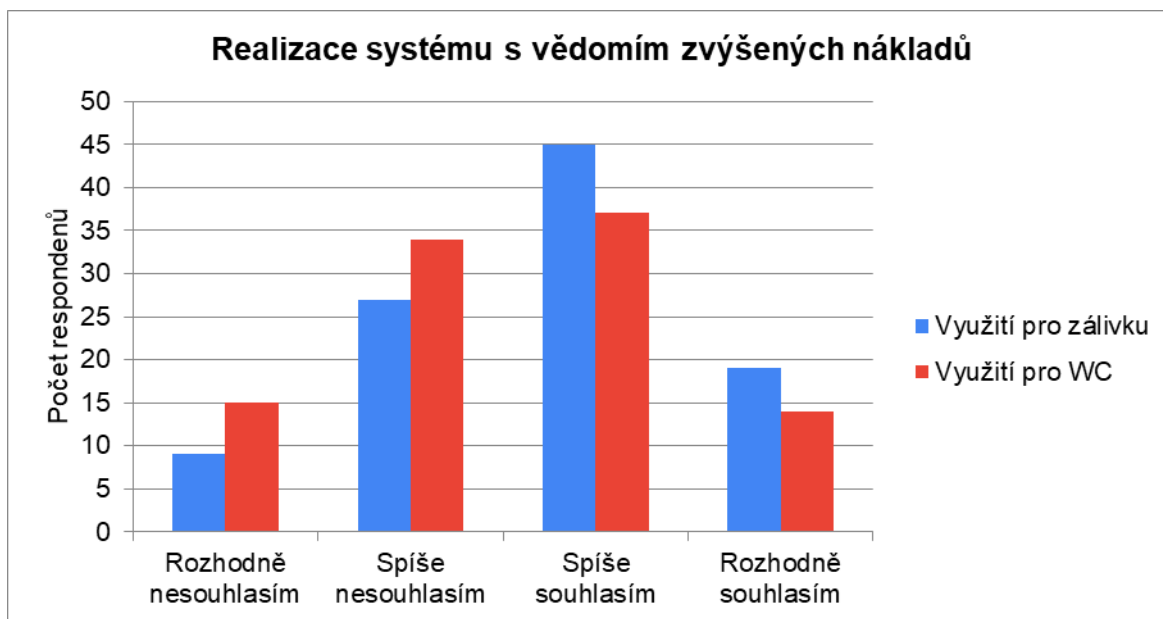
Graf č. 5 – Vyhodnocení odpovědí

Tato otázka byla zvolena záměrně s **předpokladem, že v ČR nebude zájem o opatření, která budou znamenat zvýšení výdajů pro respondenty** [1.19].

Na tuto otázku nebylo možné zeptat se na přímo, protože je zde možnost, že respondenti nebudou zcela upřímní a tyto odpovědi by zkreslili výsledek dotazníku. Proto je zde nejprve zvolena otázka, zda má respondent o takové využití zájem a následně stejná otázka s vědomím zvýšených nákladů pro respondenta.

Tímto způsobem je možné usoudit, zda se tomto případě předpoklad naplní či nikoliv.

V následujícím grafu je znázorněn počet respondentů, kteří na otázku, zda by rádi realizovali opatření pro hospodaření s dešťovou vodou / využití dešťové vody s vědomím zvýšených nákladů, odpověděli „Rozhodně souhlasím“ = 4 až „Rozhodně nesouhlasím“.



Graf č. 6 – Vyhodnocení odpovědí s vědomím zvýšených nákladů

Při porovnání grafu č. 5 a grafu č. 6 můžeme pozorovat, že se v obou případech využití dešťové vody **více než polovina jistě rozhodnutých respondentů („rozhodně souhlasím“)** s vědomím zvýšených nákladů **svou volbu přehodnocuje**. Při vědomí o zvýšených nákladech se pro obě řešení většina respondentů přiklání k souhlasné, přesto méně rozhodnuté variantě (spíše souhlasím“) a dále k nesouhlasné méně rozhodnuté variantě.

Závěr

Můžeme potvrdit, že respondenti nemají zájem o opatření, která pro ně znamenají zvýšení nákladů.

I přesto dotazovaní zaujímají environmentální chování a postoje, což projevují jak snahou o úspory pitné vody v domácnosti, tak i snahami o hospodaření s dešťovou vodou.

Sociodemografické údaje

Závěrem dotazníku je nutné zmínit, že shromážděná data dostatečně dobře nepopisují názor populace. Data popisují pouze náhodný vzorek respondentů. Společně s odpověďmi byly shromážděny také sociodemografické údaje, které je možné porovnat s dostupnými daty o populaci a tím získat přesnější představu o vzorku respondentů zapojených do výzkumu.

Shrnutí a závěr

Retence vody v krajině je důležitou součástí bezpečného hospodaření s dešťovou vodou a ochrany před povodněmi. Zároveň přispívá k zachování přirozené bilance vody v krajině a tím i k zachování mikroklimatu ve městech a udržení komfortu života v nich. Trendem v oblasti udržitelného vodního hospodářství je pak využívání dešťové vody pro potřeby obyvatelstva. Stejně tak využití upravené dešťové vody pro provoz a potřeby průmyslových objektů, jako je tento, přispívá k udržitelnému využívání vody a snižování zátěže na vodní zdroje.

Variant pro využití dešťové vody je celá řada, lze aplikovat konvenční návrhy i nové přístupy a technologie. Některé mohou být vhodné pro jednoduché a cílené využití některé pro komplexní řešení pro potřeby celého areálu.

S ohledem na výsledek analýzy variant v této práci je možné doporučit řešení s nízkými náklady na investici, provoz a údržbu, které poskytne cílené využití dešťové vody. V případě zájmu o širší využití této vody pro provoz je vhodné vytvořit podrobnější ekonomickou rozvahu.

Z pohledu návrhu nebo zavádění opatření pro hospodaření s dešťovými vodami je třeba vzít v potaz, že veřejnost nebude mít zájem o opatření, která pro ně budou znamenat zvýšení nákladů. I přesto je současný trend udržitelnosti a ochrany přírody podstatnou motivací pro jejich přijetí.

Zdroje

Odborná literatura

- [1.1] ASOCIACE PRO VODU ČR, Z.S. (CZWA). (2019). Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. Dostupné z [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hospodareni_srazkove_vody_urbanizovane_uzemi/\\$FILE/OANZK-studie_HDV-20191220.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hospodareni_srazkove_vody_urbanizovane_uzemi/$FILE/OANZK-studie_HDV-20191220.pdf)
- [1.2] CzWA Service, s.r.o.. (2021). Analýza dokumentů pro koncepční hospodaření se srážkovou vodou v obcích. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/\\$FILE/ofeu-analyza_srazkove_vody-20210329.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/$FILE/ofeu-analyza_srazkove_vody-20210329.pdf)
- [1.3] Koucká, M. Modro-zelená infrastruktura je cesta, jak udržet vodu ve městech a vnitrozemí. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/modro-zelena-infrastruktura-je-cesta-jak-udrzet-vodu-ve-mestech-a-vnitrozemi/>
- [1.4] Paul, M.J., Meyer, J.L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32, 333-365.
- [1.5] Kabelková, I., Šťastná, G., Stránský, D., Horecký, J. (2014). Vliv člověka na koloběh vody, ČVUT v Praze. Dostupné z: <https://recyklohrani.cz/cs/ekoabeceda/category/12?attachmentId=355&do=downloadAttachment>
- [1.6] Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, Kadlec a Toman, 2002 ad., Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie
- [1.7] Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P.S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more — the evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water J.* 12, 525–542.
- [1.8] Pondělíček Michael, Vladislav Bízek; *Adaptace na změnu klimatu*, [online]; Civitas per Populi: Hradec Králové, 2016. ISBN: 978-80-87756-09-6th
- [1.9] Stránský D. a kol., *Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy*, dostupné z: <https://iprpraha.cz/assets/files/files/bddf4f520d27099cbc0f7a3609918e90.pdf>
- [1.10] Příbyla Ondřej, Zákopčanová Kristína, Pechnik Ondřej; *Atlas klimatické změny*; Lipka: Brno, 2020. ISBN: 978-80-88212-36-2th ed.
- [1.11] Jiang, Y., Zevenbergen, Ch., Mab Y. (2018). Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China's challenges and "sponge cities" strategy. *Environmental Science and Policy* 80, 132–143.
- [1.12] Delaney, Brigid (21 March 2018). "Turning cities into sponges: how Chinese ancient wisdom is taking on climate change". *The Guardian*.
- [1.13] Liu, Jiahong; Xiang, Chenyao; Shao, Weiwei; Luan, Yong (2016): *Sponge city construction in Xiamen, China*. In: *Hydrolink 2016/4*. Madrid: International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR). S. 103-105. Dostupné z:

<https://henry.baw.de/server/api/core/bitstreams/647bdef4-2cd5-4917-885a-2c10e5995b21/content>

[1.14] Dreiseitl H. & Grau D.; Wasserlandschaften - Planen, Bauen und Gestalten mit Wasser; Birkhäuser, Basel, 2006

[1.15] Moet D., Park & Boeije L. & Arcadis; Watersensitieve stedelijke ontwikkelingen – lessen van en voor de lokale praktijk; Leven met water, Provincie Noord- Holland & KNHM, 2008

[1.16] Stránský D., Metodika výpočtu objemu akumulčních nádrží, dostupné z:
https://opzp.cz/files/documents/storage/2022/06/27/1656330992_Metodika%20v%C3%BDpo%C4%8Dtu%20objemu%20akumula%C4%8Dn%C3%ADch%20n%C3%A1dr%C5%BE%C3%AD_OP%C5%BDP%202021-2027_sr%C3%A1%C5%BEkov%C3%BD%20norm%C3%A1%201991-2020.pdf

[1.17] Usmanov V, Vícekriteriální analýza, dostupné z:
https://www.youtube.com/watch?v=jPYcVsF4CAQ&ab_channel=VjaceslavUsmanov

[1.18] De Vaus, D. A. (2002). Analyzing social science data. First published. London: SAGE Publications. 0761959386.

[1.19] Krajhanzl, J., Chabada, T., Svobodová, R., Kácha, O., Vintr, J., Becková, A. (2021). České klima 2021. Mapa českého veřejného mínění v oblasti změny klimatu. FSS MU: Brno. Dostupné z www: <https://webcentrum.muni.cz/media/3331473/czklima2021.pdf>; cit. 12.10.2023

Právní předpisy

[2.1] Česká republika. (2001). Zákon č. 254/2001 Sb. - o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>

[2.2] Česká republika. (2009). Vyhláška 268/2009 Sb. - Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>

[2.3] Česká republika. (2006). Vyhláška 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>

[2.4] Česká republika. (2006). Vyhláška č. 501/2006 Sb. - Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>

[2.5] Česká republika. (2021). Zákon č. 283/2021 Sb. - Stavební zákon. dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-283/zneni-20240101>

Technické normy a pomůcky

[3.1] Norma ČSN EN 16941-1 Zařízení pro využití nepitné vody

[3.2] Norma DIN 1989-1:2001-10; ÖNORM B2572, 2005

Ostatní pomůcky

[4.1] <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/PR-co-je-tepelny-ostrov-prahy-a-proc-ho-zkoumat>

[4.2] <https://wavin.com/cs-cz/reseni/hospodareni-s-vodou/stormharvester>

[4.3] <https://vetrani.tzb-info.cz/115857-vyuziti-destove-vody-v-chladicich-okruzich>

[4.4] https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2023/01/DESTOVA_VODA_WEB_2.pdf

[4.5] <https://www.asio.cz/cz/news/uprava-destove-vody-na-vodu-pitnou.1403>

- [4.6] <https://www.filtr-y-vodni.cz/viqua-sterilight-s200rl-ho-nahradni-uv-zaric-pro-vh-200-x1663>
[4.7] <https://www.vakberoun.cz/qf/cs/ramjet/moje-obec/cenik-vodne-stocne?localPartId=195715>
[4.8] <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/94-smerna-cisla-rocni-potreby-vody>

Seznam obrázků

- Obr. 1 - Srovnání složek koloběhu vody v přirozeném zalesněném povodí, v zemědělském povodí a ve vysoce urbanizovaném prostředí [1.5]
Obr. 2. - Vývoj cílů městského odvodnění (podle Fletcher et al., 2015) [1.7]
Obr. 3. - Typická opatření pro dosažení strategických cílů [1.1]
Obr. 4. - Komponenty a zainteresované disciplíny při tvorbě měst citlivých k vodě [1.1]
Obr. 5 - Návrh úpravy břehu dle projektu Sponge cities [1.13]
Obr. 6. - Průlehy podél komunikací v solarCity (Foto J. Vítek)
Obr. 7 - Zatravněná parkovací stání (Foto J. Vítek)
Obr. 8.1 - Vsakovací nádrž v SolarCity (Foto J. Vítek)
Obr. 8.2 - Kanálky pro odvod vody ze střech (Foto J. Vítek)
Obr. 9 - Kaskáda retenčních nádrží v Carlsberg City v Kodani (Foto L. Pančíková)
Obr. č. 10 - Průmyslová zóna Žebrák, Vizualizace Atelier A6, Ing. M. Kubíček, 01/2022
Obr. č. 11 - Půdorys výrobní haly, převzato z dokumentace viz příloha č. 1
Obr. č. 12 - Řez A-A halou, převzato z dokumentace viz příloha č. 1
Obr. č. 13 - Ortofotomapa oblasti s vyznačenou lokalitou, zdroj: mapy.cz, převzato z dokumentace viz příloha č. 1
Obr. č. 14 - Koordinační situace, převzato z dokumentace viz příloha č. 1
Obr. č. 15 - Výřez situace dešťové kanalizace, převzato z dokumentace viz příloha č. 1, upraveno
Obr. č. 16 - Řez filtrační šachtou, převzato z dokumentace viz příloha č. 1
Obr. č. 17 - Schéma funkce systému StormHarvester [4.2]
Obr. č. 20 - schéma varianty pro využití dešťové vody, převzato z dokumentace viz příloha č. 1, upraveno
Obr. č. 21 - Umístění technické místnosti pro filtraci vody, převzato z dokumentace viz příloha č. 1, upraveno
Obr. č. 22 - Technické schéma technologie pro úpravu vody na vodu užitkovou, Matoška M., Koncept Ekotech s.r.o.
Obr. č. 23 - Kontejnerová úpravna dešťové vody na vodu pitnou [4.5]
Obr. č. 24 - schéma využití technologické vody ve výrobě, převzato z dokumentace viz příloha č. 1
Obr. č. 25 - Výřez z výkresu dešťové kanalizace, převzato z dokumentace viz příloha č. 1

Seznam tabulek

- Tab. č. 1 - Hydrotechnický výpočet množství dešťových vod pro nádrž RN1, převzato z dokumentace viz příloha č. 1
Tab. č. 2 - Hydrotechnický výpočet dlouhodobého odtoku pro nádrž RN1, převzato z dokumentace viz příloha č. 1
Tab. č. 3 - Výpočet redukované odvodňované plochy
Tab. č. 4 - Výpočet efektivního objemu akumulací nádrže pro zálivku

- Tab. č. 5 - Výpočet nákladů na provoz a údržbu
- Tab. č. 6 - Výpočet průměrných nákladů na vodu
- Tab. č. 7 - Výpočet efektivního objemu akumulární nádrže pro splachování WC
- Tab. č. 8 - Výpočet nákladů na provoz a údržbu pro splachování WC
- Tab. č. 9 - Výpočet ceny m³ vody pro splachování WC
- Tab. č. 10 - Výpočet průměrné ceny vodného v předpokládaném období
- Tab. č. 11.1 – Výpočet efektivního objemu nádrže pro pitnou vodu
- Tab. č. 11.2 – Přehled porovnávaných variant pro analýzu
- Tab. č. 12 – Přehled kritérií a výpočtem jejich váhy
- Tab. č. 13 – Hodnocení variant

Seznam grafů

- Graf č. 1 - Závislost mezi Er a Va (nádrž pro zálivku)
- Graf č. 2 - Závislost mezi Er a Va (nádrž pro splachování WC)
- Graf č. 3 – Náklady na vodu pro splachování toalet
- Graf č. 4 – Závislost mezi hospodařením s vodou v domácnosti a využíváním dešťové vody
- Graf č. 5 – Vyhodnocení odpovědí
- Graf č. 6 – Vyhodnocení odpovědí s vědomím zvýšených nákladů

Přílohy

Příloha č. 1 – část společné dokumentace pro vydání společného územního rozhodnutí a stavebního povolení zpracovaná ARWEN architects s.r.o.

Seznam dokumentů:

Oznámení o záměru rozšíření výroby – Valeo Žebrák II

Průvodní a Souhrnná technická zpráva

Koordinační situace stavby

SO.01 - Stavební objekt

Technická zpráva

Půdorys 1.NP

Půdorys 2. NP

Půdorys 3. NP

Půdorys střechy

Řezy objektem

Pohledy hala

Pohledy spojovací krček

SO.22 – Dešťová kanalizace

Technická zpráva DK

Situace stavby DK

Příloha č. 2 – Návrh nádrže na dešťovou vodu, ve formátu .xlsx

Příloha č. 3 – Výpočet provozních nákladů na vodu, ve formátu .xlsx

Příloha č. 4 – Výpočet nákladů na vodu, ve formátu .xlsx

Příloha č. 5 – Vícekriteriální vyhodnocení variant, ve formátu .xlsx

Příloha č. 6 – Vyhodnocení dotazníku, ve formátu .xlsx