



**OBEC
BLAŽOVICE**



**OBEC
KOBYLNICE**



**OBEC
MOKRÁ-
HORÁKOV**



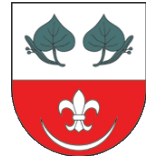
**OBEC
MOUTNICE**



**OBEC
VÁŽANY
NAD
LITAVOU**



**OBEC
HRUŠKY**



**MĚSTYS
POZOŘICE**

SECAP

Hospodaření s vodou
Případové studie

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	PŘÍPADOVÉ STUDIE: „KLIMATICKÝ PLÁN PRO MAS SLAVKOVSKÉ BOJIŠTĚ“	6
2.1	Blažovice	6
2.1.1	Vybraná lokalita	6
2.1.2	Návrh řešení	7
2.1.3	Ekonomické posouzení	10
2.1.4	Závěr	10
2.2	Kobylnice	11
2.2.1	Vybraná lokalita	11
2.2.2	Návrh řešení	11
2.2.3	Ekonomické posouzení	13
2.2.4	Závěr	14
2.3	Mokrá-Horákov	14
2.3.1	Vybraná lokalita	14
2.3.2	Návrh řešení	15
2.3.3	Ekonomické posouzení	17
2.3.4	Závěr	18
2.4	Moutnice	18
2.4.1	Vybraná lokalita	18
2.4.2	Návrh řešení	19
2.4.3	Ekonomické posouzení	21
2.4.4	Závěr	21
2.5	Vážany nad Litavou	22
2.5.1	Vybraná lokalita	22
2.5.2	Návrh řešení	22
2.5.3	Ekonomické posouzení	26
2.5.4	Závěr	27
2.6	Hrušky	27
2.6.1	Vybraná lokalita	27
2.6.2	Návrh řešení	28
2.6.3	Ekonomické posouzení	29
2.6.4	Závěr	29
2.7	Pozořice	30
2.7.1	Vybraná lokalita	30
2.7.2	Návrh řešení	30
2.7.3	Ekonomické posouzení	33
2.7.4	Závěr	34
3	ZÁVĚR	35

Řešitel:

prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA (Dipl. S.E. Delft)
VUT v Brně, FAST, Centrum AdMaS
soudní znalec pro obor stavebnictví odvětví vodní stavby
soudní znalec pro obor vodní hospodářství odvětví
čistota vod
autorizovaný inženýr pro vodohospodářské stavby
autorizovaný inženýr pro technologické zařízení staveb
tel: 541 147 733, e-mail: hlavinek.p@fce.vutbr.cz

Spolupracovali:

Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.
VUT v Brně, FAST, Centrum AdMaS
tel: 541 148 089, e-mail: chorazy.t@fce.vutbr.cz

Ing. Michal Novotný
VUT v Brně, FAST, Centrum AdMaS
tel: 541 147 730, e-mail: michal.novotny7@vut.cz

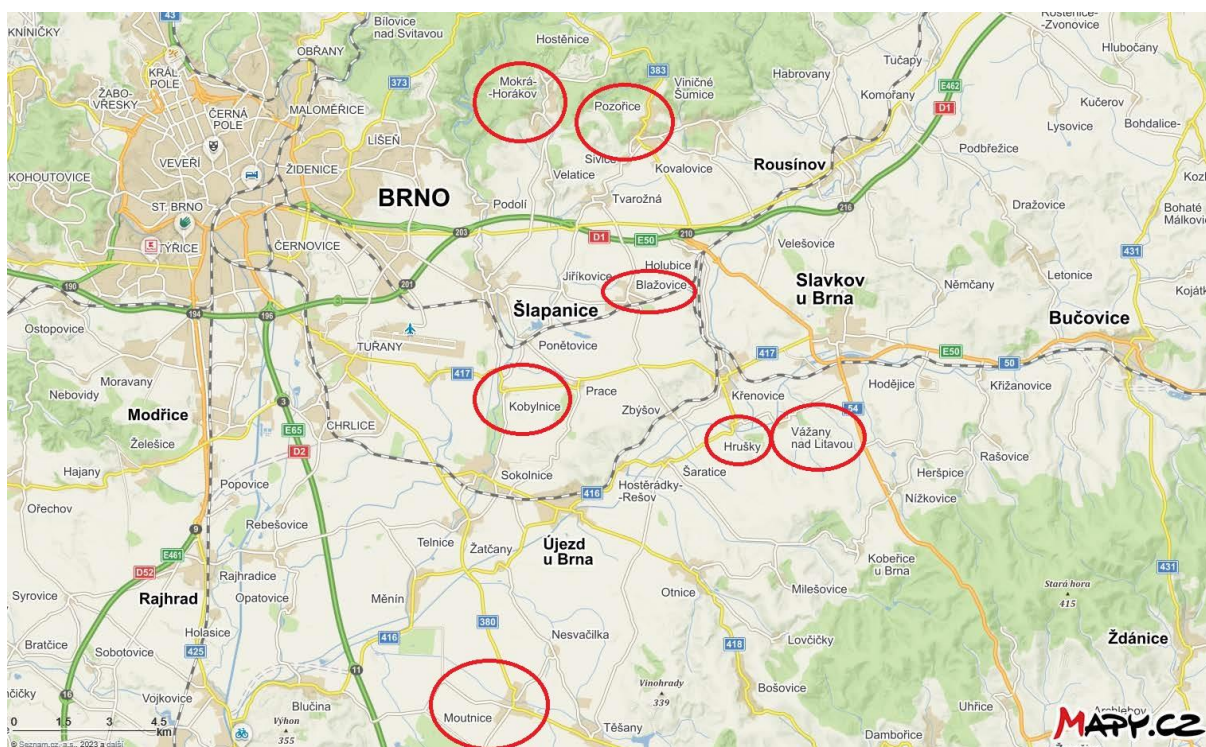
1 ÚVOD

Předmětem projektu je vznik Akčního klimatického plánu pro udržitelnou energii a klima pro sedm obcí – Blažovice, Kobylnice, Mokrý-Horákov, Moutnice, Vážany nad Litavou, Hrušky, Pozořice na území místní akční skupiny (MAS) Slavkovské bojiště. Akční plán bude obsahovat výchozí emisní bilanci, hodnocení rizik a zranitelnosti, včetně návrhu konkrétních mitigačních a adaptačních opatření a zdrojů jejich financování. Cílem projektu je na základě vytvořeného akčního plánu následně realizovat navržená opatření vytvořit klimatický akční plán, který je předpokladem realizace konkrétních opatření ke snížení emisí skleníkových plynů, dosažení vyšší úrovně využívání a recyklace zdrojů včetně odpadů směřujících k dosažení cirkulární ekonomiky a k zavedení dlouhodobě udržitelného hospodaření se zemědělským půdním fondem, které je předpokladem přirozených obnovovacích funkcí krajiny, jež mají pozitivní vliv na klimatické procesy či na prevenci opatření, která vedou k nápravám škod klimatickou změnou způsobených, a to v oblasti MAS Slavkovské Bojiště.

2 PŘÍPADOVÉ STUDIE: „KLIMATICKÝ PLÁN PRO MAS SLAVKOVSKÉ BOJIŠTĚ“

Díky realizaci projektu bude vytvořen Akční klimatický plán pro udržitelnou energii a klima, ve kterém budou stanoveny cíle související se snížením emisí skleníkových plynů a zavedením preventivních opatření pro minimalizaci negativních procesů vyplývajících z klimatické změny. Na základě důkladné situační analýzy budou navržena realizovatelná opatření, která povedou k energetickým úsporám a snížení emisí skleníkových plynů včetně zlepšení hospodaření s lokálními zdroji. Cílem projektu je tedy pomocí realizace navržených opatření zlepšit kvalitu životního prostředí a kvalitu života občanů v dotčených obcích, zajistit udržitelný rozvoj obcí a jejich připravenost na klimatické změny. Realizací projektu by mělo také dojít k šíření osvěty mezi občany v dotčených i dalších obcích.

Řešené lokality se nachází v okrese Vyškov a Brno-venkov v Jihomoravském kraji. Jedná se o sedm obcí – Blažovice, Kobylnice, Mokrá-Horákov, Moutnice, Vážany nad Litavou, Hrušky a Pozořice. Na Obr. 2.1 je zobrazena situace širších vztahů s vyznačením dotčených obcí. Ve výpočtech je uvažováno s průměrným ročním srážkovým úhrnem 600 mm.



Obr. 2.1 Mapa širších vztahů

2.1 BLAŽOVICE

2.1.1 Vybraná lokalita

Pro posouzení byla vybrána budova ZŠ č. p. 7, u které se nabízí hospodaření s šedou a dešťovou vodou. Jedná se o třípatrovou budovu s převážně šikmou střechou. V budově se nachází 22 WC a 23 umyvadel. Vedle budovy je dětské hřiště. Stávající dešťové vody jsou svedeny do dešťové kanalizace a dále vyústěny do blízkého potoka. Okolo nemovitosti vede trasa vodovodu, plynovodu a splaškové kanalizace.



Obr. 2.2 Situace lokality ZŠ v Blažovicích

2.1.2 Návrh řešení

Pro znovuvyužití šedých vod v objektu je uvažováno se sběrem a úpravou odpadních vod vzniklých pouze při mytí rukou a myčky nádobí. Pro návrh čištění šedé vody je nutno zohlednit potřebné množství bílé vody. Optimalizací bilance produkované šedé a potřebné bílé vody lze zamezit neekonomickému vypouštění přečištěné vody do kanalizace nebo nutnosti doplnění systému o vodu pitnou z distribuční vodovodní sítě.

Jednotka na čištění šedých vod obsahuje reakční nádrž, kde přes filtr mechanických nečistot natéká odpadní voda a dochází k biologickému čištění. V nádrži se nachází membránový modul s aeračním systémem, který je osazen ve spodní části modulu. Do akumulární nádrže je vyčištěná voda přiváděna pomocí čerpadla, které je umístěné nad membránovým modulem, a vše funguje za pomoci membrán, které odsávají podtlakem vodu. Do rozvodů potrubí bílé vody je voda přiváděna právě z akumulární nádrže. Vše je opatřeno bezpečnostním přepadem, který je v reakční nádrži, a tak se nemusíme bát, že přiteče více šedé vody, než bude potřeba. Bezpečnostní přepad musí být opatřen zpětnou klapkou, pro případ vzduché vody, která by se mohla dostat do objektu

Pro návrh zařízení na využití šedé vody bylo nutné stanovit nejdříve denní potřebu provozní vody. Při stanovení počtu měrných jednotek, v tomto případě počtu použití za den se vycházelo z maximální kapacity žáků a počtu vyučujících. Průměrná denní návštěvnost ZŠ činí $100 \text{ žáků} \cdot \text{den}^{-1}$. Počet zaměstnanců na ZŠ činí 20 osob. Výpočet byl upraven tak, aby spotřeba vody korespondovala se skutečnou spotřebou vody, která činí přibližně $170 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$. V rámci výpočtu se uvažovalo s provozem 200 dní v roce. Výpočet byl proveden podle normy ČSN 75 6780. Dále bylo nutné zavedení určitých předpokladů, které jsou následující:

- počet žen je roven $\frac{1}{2}$ celkové kapacity;
- počet mužů je roven $\frac{1}{2}$ celkové kapacity.

Tab. 2.1 Stanovení denní potřeby vody na splachování WC

Zařizovací předměty	Počet použití zařizovacích předmětů	Objem vody zařizovacích předmětů [l]	Celkem [l·den ⁻¹]
	Osob [os·den ⁻¹]		
Záchodová mísa pro muže, pokud jsou instalovány pisoáry	0,7	4	168
Záchodová mísa pro ženy	1,5	4	360
Pisoárová mísa	1	1,5	90
		Σ =	618

Tab. 2.2 Stanovení denní potřeby vody na úklid společných prostor

Způsob použití	Potřeba nepitné vody [l·den ⁻¹]	Počet úklidů [den ⁻¹]	Celkem [l·den ⁻¹]
Úklid společných prostor	15	2	30

Stanovení produkce šedých vod vychází z počtu použití umyvadel během jednoho dne, byly zavedeny následujících předpoklady:

Tab. 2.3 Stanovení denní produkce šedé vody

Zařizovací předměty	Počet použití zařizovacích předmětů		Objem vody zařizovacích předmětů [l·min ⁻¹]	Doba používání zařizovacích předmětů [min]	Celkem [l·den ⁻¹]
	Zaměstnanci [os·den ⁻¹]	Žáci [os·den ⁻¹]			
Umyvadlo	5	5	3	0,25	450
Dřez v čajové kuchyňce	2	0	5	0,44	88
				Σ =	538

Tab. 2.4 Bilanční posouzení produkce šedých vod a potřeby nepitné vody

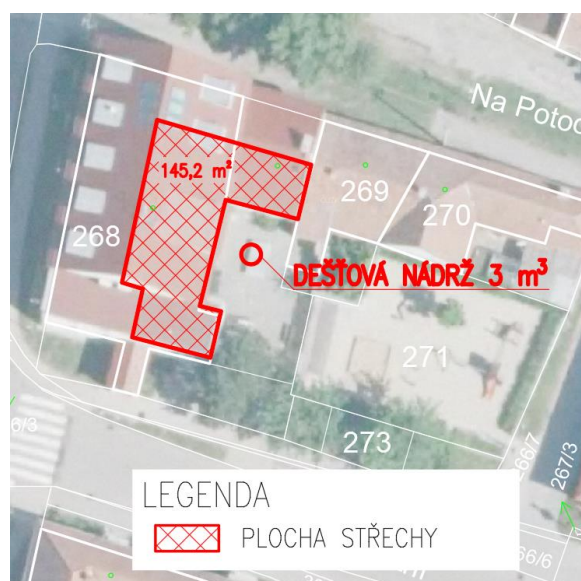
Produkce [l·den ⁻¹]	Potřeba [l·den ⁻¹]
538	648
Produkce [l·rok ⁻¹]	Potřeba [l·rok ⁻¹]
107 600	129 600

V rámci bilančního posouzení se uvažuje s využitím vyčištěných šedých vod ke splachování WC a úklidu společných prostor. V rámci výpočtu se uvažovalo s provozem 200 dní v roce. Produkce šedých vod v tomto případě nedostačuje o 22 000 l·rok⁻¹, a proto bude systém čištění šedých vod doplněn o dešťovou vodu akumulovanou ze střechy budovy. Při využívání vyčištěné šedé a dešťové vody ke splachování WC dojde k roční úspoře pitné vody 129,6 m³.



Obr. 2.3 Ukázka jednotky čištění šedých vod AS-GW/AQUALOOP

Při návrhu akumulace dešťové vody je využita pouze část střechy z důvodu jednoduššího a levnějšího napojení dešťových svodů do akumulární nádrže. Sběrná plocha střechy je 145,2 m². Voda bude svedena pomocí okapů do dešťových vpustí opatřených lapáky střešních splavenin. Od vpustí je dešťová voda vedena v potrubí KG PVC umístěném v zemi. Od vpustí bude voda svedena do akumulární nádrže, která bude umístěna v zemi pod vydlážděnou plochou za budovou. Akumulární nádrž bude provedena jako válcová samonosná jímka z plastových prefabrikátů zalitých betonem o užitém objemu 3 m³. Dešťová nádrž je navržena s akumulacím prostorem na 12 dní při období sucha. Nátok vody projde samočisticím filtrem a zpětnou klapkou. Vybavení nádrže je řešeno komplexně, součástí bude ponorné tlakové čerpadlo s filtrovaným samonasáváním a zpětnou klapkou, plovákové čidlo, a navíc vše ovládané řídicí jednotkou. Nádrž bude opatřena bezpečnostním přepadem, kterým odchází přebytečná dešťová voda do stávající dešťové kanalizace. Akumulární nádrž bude instalována za účelem doplňování vody do systému čištění šedých vod z důvodu nedostatečné produkce šedých vod, přebytečná voda bude využita k závlivce na pozemku. Celkové množství zachycené dešťové vody je 87,1 m³·rok⁻¹.



Obr. 2.4 Navržené řešení v Blazovcích

2.1.3 Ekonomické posouzení

Studie v tomto objektu zahrnuje výpočet doby návratnosti investice navržené technologie pro využití šedé odpadní vody jako zdroje pro splachování toalet v celé budově. Návrh předpokládá 15letou životnost technologické části systému a 30letou životnost stavební části systému (nádrže a vnitřní rozvody). Ekonomická návratnost znovuvyužití šedých vod je počítána z cen bez DPH.

Tab. 2.5 Ekonomické zhodnocení v Blažovicích

	Čištění a využití šedých vod	Akumulace dešťové vody v nádrži
Plocha střechy (m ²)	-	145,2
Celkové množství vyčištěné šedé vody (m ³ ·rok ⁻¹)	107,6	-
Celkové množství akumulované dešťové vody (m ³ ·rok ⁻¹)	0	87,1
Plastová akumulační nádrž o objemu 3 m ³ včetně příslušenství a rozvodů vody na pozemku (Kč bez DPH)	-	80 000,00
Jednotka čištění šedých vod AS-GW/AQUALOOP 18 (Kč bez DPH)	210 000,00	-
Rozvody šedé a bílé vody v budově (Kč bez DPH)	200 000,00	-
Celková cena (Kč bez DPH)	410 000,00	80 000,00

Provozní náklad na 1 m³ šedé vody určené k čištění je 9,8 Kč bez DPH. Celkové provozní náklady na čištění šedé vody za 1 den je 5 Kč bez DPH. Vodné za rok 2023 činí 62,73 Kč·m⁻³ a stočné činí 66,36 Kč·m⁻³ bez DPH. Do těchto nákladů jsou zahrnuty náklady na energii, náklady na regeneraci membrán, mzdy pro členy údržby apod. Ve studii je uvažováno, že provozní náklady jsou započítány za každý den v roce. Náklady jsou rovněž navýšeny o předpokládanou inflaci, která byla vypočtena na základě údajů z posledních 10 let na 4,06 %.

Prostá doba návratnosti zobrazuje čas, kdy je investice do daného systému zcela pokryta díky vzniklým úsporám. Snahou každého projektu je vytvořit co nejkratší prostou dobu návratnosti. Pro výpočet doby návratnosti je nutné znát cash-flow, které nám systém přinese. To je vypočítáno na základě cen vodného a stočného bez DPH v lokalitě, vynásobenou o průměrný růst cen vypočtený na základě údajů z posledních 10 let. Výpočet bilance byl vypočítán ve dvou variantách.

2.1.4 Závěr

Byl vytvořen koncepční návrh znovuvyužití šedých vod a akumulaci dešťových vod pro objekt ZŠ v Blažovicích. Byla stanovena produkce a potřeba bílých vod v objektu, bilanční srovnání produkce a potřeby a následný hrubý návrh technologie čištění na základě získaných parametrů. Při výpočtech je uvažováno s maximální kapacitou školy. Byl vytvořen návrh akumulace dešťových vod v podzemní nádrži k doplňování nedostatku vody v jednotce čištění šedých vod.

Celkové investiční náklady na technologii znovuvyužití šedých vod byly vypočítány na 410 000 Kč bez DPH. Provozní náklady systému čištění vod byly určeny jako 5 Kč·den⁻¹ (zahrnují údržbu, náklady na elektrickou energii atd.). Výše provozních nákladů byla v každém roce ekonomického zhodnocení násobena o příslušný koeficient předpokládané inflace,

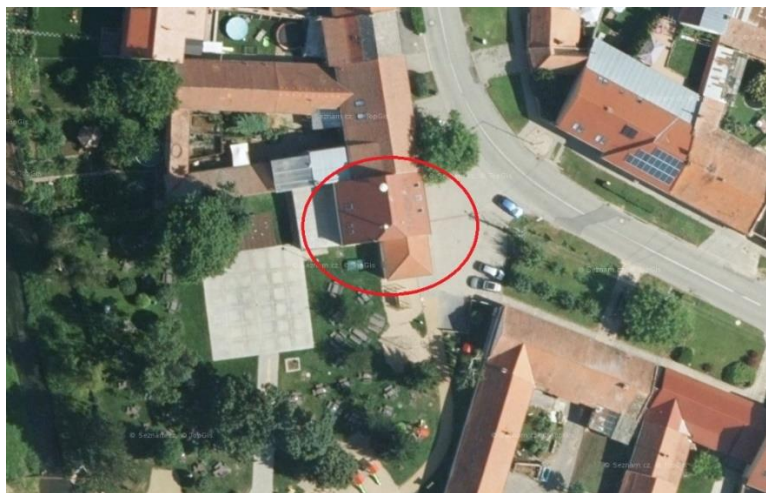
stanoveného na základě predikce z jejího růstu v předchozích letech. Pro výpočet byla uvažována životnost 15 let pro technologickou část systému, 30 let pro stavební část systému. Prostá doba návratnosti investice byla stanovena na 16 let bez odpisů. Návratnost investice bez odpisů s využitím dotace 30 % je stanovena na 25 let, s dotací 50 % je návratnost 21 let. Investiční náklady na technologii akumulace dešťové vody jsou stanoveny na 80 000 Kč bez DPH.

Při splachování a úklidu prostor vyčištěnou odpadní vodou dojde ke snížení potřeby pitné vody o $129,6 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$, což při odečtení nákladů na čištění odpadní vody a výši vodného $62,73 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$ uspoří 6 860 Kč bez DPH ročně.

2.2 KOBYLNICE

2.2.1 Vybraná lokalita

Pro posouzení byla vybrána budova hasičské zbrojnice č. p. 264, která nabízí několik možností hospodaření s dešťovou vodou. Jedná se o dvoupatrovou budovu, v přízemí se nachází prostory určené hasičům včetně garáží a ve druhém patře se nachází klubovna s kuchyňkou a sanitárním zázemím (2 WC, 2 umyvadla, 1 sprcha). Před nemovitostí se nachází vydlážděná plocha z betonové dlažby, tato plocha slouží jako příjezdová cesta a parkoviště. Střecha budovy je šikmá s pálenou keramickou krytinou. Vedle nemovitosti se nachází zatravněné dětské hřiště a kulturní plácek. Obec vlastní hasičský vůz LIAZ RTHP CAS 25 s vestavěnou nádrží na vodu o objemu $3,5 \text{ m}^3$. Stávající dešťové vody jsou svedeny do dešťové kanalizace a dále vyústěny do blízkého potoka. Okolo nemovitosti vede trasa vodovodu, plynovodu a kanalizace.



Obr. 2.5 Situace lokality hasičské zbrojnice v Kobylnicích

2.2.2 Návrh řešení

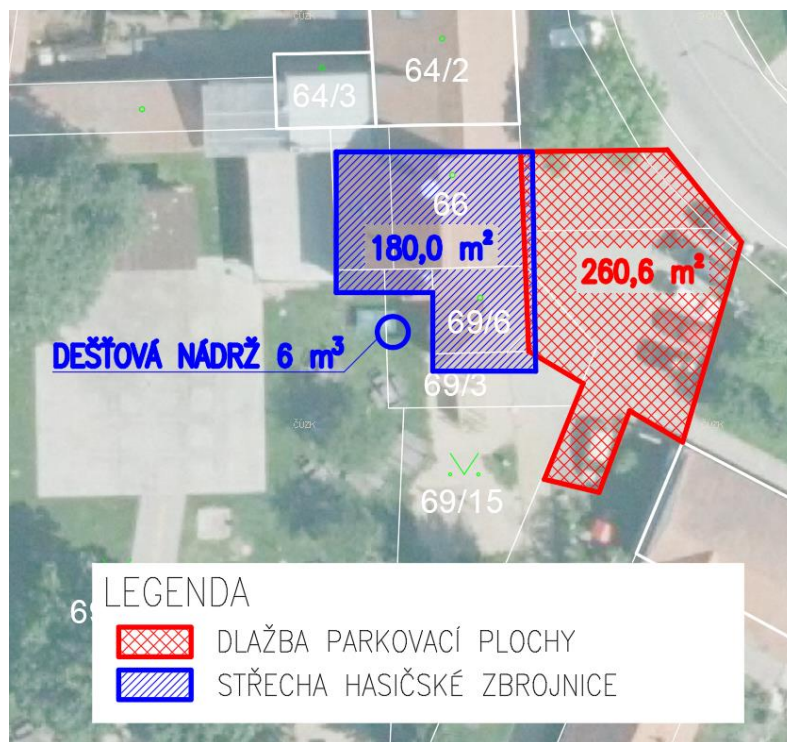
Dešťová voda bude zachytávána na střechách budovy o celkové půdorysné ploše 180 m^2 . Voda bude svedena pomocí okapů do dešťových vpustí opatřených lapáky střešních splavenin. Od vpustí je dešťová voda vedena v potrubí KG PVC umístěném v zemi. Od vpustí bude voda svedena do akumulační nádrže, která bude umístěna v zemi pod zatravněnou plochou za budovou. Akumulační nádrž bude provedena jako válcová samonosná jímka z plastových prefabrikátů zalitých betonem o užitém objemu 6 m^3 . Dešťová nádrž je navržena s akumulačním prostorem na 21 dní při období sucha. Nátok vody projde samočisticím filtrem a zpětnou klapkou. Vybavení nádrže je řešeno komplexně, součástí bude ponorné tlakové čerpadlo s filtrovaným samonasáváním a zpětnou klapkou, plovákové čidlo, a navíc vše

ovládané řídicí jednotkou. Nádrž bude opatřena bezpečnostním přepadem, kterým odchází přebytečná dešťová voda do stávající dešťové kanalizace. Akumulační nádrž bude instalována za účelem akumulace dešťové vody pro její pozdější využití na zálivku zahrady a jako požární voda pro hasičské účely. Celkové množství zachycené dešťové vody je $108,0 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$.

Před budovou dojde k výměně povrchu příjezdové cesty a parkoviště za propustný materiál (dlažba se širokou spárou či zatravnovací rošt) v celkové ploše $260,6 \text{ m}^2$. Při výměně povrchu bude použita sorpční geotextilie, která zamezí nežádoucím úkapům ropných látek do podzemních vod. Výměnou povrchu vznikne lokalita, které zůstane zachován její hlavní účel, tedy parkování silničních vozidel, a zároveň získá další funkci díky umožnění přirozeného vsakování dešťové vody. Stávající koeficient odtoku dešťové vody vydlážděné plochy je 0,8–0,9, při výměně povrchu za dlažbu se širokou spárou dojde ke snížení koeficientu odtoku na 0,4 a při výměně za zatravnovací rošty až na 0,2. V rámci výpočtu je porovnáno celkové množství zasáknuté vody při použití dlažby se širokou spárou a zatravnovacích roštů.

Byly navrženy tři varianty výměny povrchu před hasičskou zbrojnicí:

- Varianta 1: Celý povrch bude vyměněn za dlažbu se širokou spárou, která umožní rovnoměrné vsakování dešťové vody do podloží a zachová se stávající ráz lokality.
- Varianta 2: Celý povrch bude vyměněn za zatravnovací rošty AS-TTE, které umožní vsakování dešťové vody do podloží a zároveň zajistí dostatečnou únosnost plochy pro automobily nad 3,5 t. Roční potřeba vody pro zálivku zatravněné plochy je $21 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ (při spotřebě $80 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$), což při vybudování akumulační dešťové nádrže vystačí pro zálivku a jako rezerva na požární vodu.
- Varianta 3: Polovina stávajícího povrchu pro parkování osobních automobilů bude vyměněna za zatravnovací rošty AS-TTE a druhá polovina, zejména část nájezdová pro hasící vůz a chodníky bude nahrazena dlažbou se širokou spárou. Alternativně je možné řešit osazením AS-TTE roštů v plné ploše a daná část bude vyplněna betonovými kostkami a část bude zatravněna. Roční potřeba vody pro zálivku zatravněné plochy je $10,5 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ (při spotřebě $80 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$).



Obr. 2.6 Navržené řešení v Kobylnicích



Obr. 2.7 Ukázka použití AS-TTE roštů (vlevo) a dlažby se širokou spárou (vpravo)

2.2.3 Ekonomické posouzení

Investiční náklady jsou u všech typů úprav povrchů velmi podobné, liší se především údržbou. Provozní náklady jsou u zatravněvací dlažby výrazně vyšší než u betonové dlažby se širokou šterkovou spárou. Na takto upravených plochách navíc není možné dlouhodobé odstavení vozidel, doporučeno je maximálně 8 až 10 hodin denně. Mezi další limity propustné povrchové úpravy obohacené o vegetační složku se řadí dodržení základních podmínek umožňujících růst zeleně a nutnost specializované údržby takto upravených lokalit, která je zpravidla méně unifikovaná a náročnější než standardní péče. Infiltraci srážkových vod je taktéž možné podpořit množstvím vláhy pro doprovodnou zeleň. Vzhledem k tomu, že se v obci nachází dešťová kanalizace a dešťová voda není čištěna na ČOV, nelze přímo uvažovat o úsporách na stočném v rámci čištění menšího objemu vody.

Tab. 2.6 Ekonomické zhodnocení v Kobylnicích

	Varianta 0	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
	Stávající stav	Dlažba se širokou spárou	Zatravňovací rošt AS-TTE	Kombinace 50 % dlažby se širokou spárou a 50 % zatravňovacích roštů	Akumulace dešťové vody v nádrži
Vydlážděná plocha (m ²)	-	260,6			-
Plocha střechy (m ²)	-	-			180,0
Celkové množství zasáknuté vody (m ³ ·rok ⁻¹)	135,5	198,1	229,3	213,7	0
Celkové množství akumulované vody (m ³ ·rok ⁻¹)	0	0	0	0	108,0
Jednotková cena zatravňovacích roštů AS-TTE včetně práce (Kč·m ⁻²)	-	1 250,00			-
Jednotková cena betonové dlažby se širokou spárou včetně práce (Kč·m ⁻²)	-	900,00			-
Plastová akumulační nádrž o objemu 6 m ³ včetně příslušenství a rozvodů vody na pozemku (Kč bez DPH)	-	-	-	-	100 000,00
Celková cena (Kč bez DPH)	0,00	234 540,00	325 750,00	280 145,00	100 000,00

Jednotlivé ceny byly stanoveny dle Cenové soustavy RTS 23/I, příručky Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí 2021 a katalogů cen vybraných firem. Při porovnání cen za výměnu povrchu přijde nejlevněji dlažba se širokou spárou za 234 540 Kč bez DPH, zatravňovací rošty přijdou na 325 750 Kč bez DPH a kombinaci výše uvedených přijde na 280 145 Kč bez DPH. Pořizovací cena využívání dešťové vody v akumulační nádrži o objemu 6 m³ je cca 100 000 Kč bez DPH.

2.2.4 Závěr

Bylo navrženo hospodaření s dešťovou vodou na pozemku hasičské zbrojnice, které zahrnuje akumulaci dešťové vody ze střechy budovy s následným využitím pro závlahu či požární vodu a změnu povrchu vydlážděné plochy před budovou za propustný materiál (dlažba se širokou spárou či zatravňovací rošty) umožňující vsakování dešťové vody.

2.3 MOKRÁ-HORÁKOV

2.3.1 Vybraná lokalita

Pro posouzení byla vybrána budova koupaliště č. p. 239, u které se nabízí hospodaření s šedou vodou. Jedná se o dvě přízemní budovy, kde je technické zázemí koupaliště, šatny a sprchy (3 WC, 2 pisoáry, 3 umyvadla, 8 sprch). Před nemovitostí se nachází příjezdová cesta a parkoviště. Střecha budov je plochá s plastovou hydroizolační fólií. Celková roční spotřeba

pitné vody v areálu je 150 m^3 . Stávající dešťové vody jsou svedeny do dešťové kanalizace a dále vyústěny do blízkého potoka. Okolo nemovitosti vede trasa vodovodu, plynovodu a splaškové kanalizace.



Obr. 2.8 Situace lokality koupaliště v Mokrá-Horákov

2.3.2 Návrh řešení

Pro znovuvyužití šedých vod v objektu je uvažováno se sběrem a úpravou odpadních vod vzniklých pouze při sprchování a mytí rukou. Pro návrh čištění šedé vody je nutno zohlednit potřebné množství bílé vody. Optimalizací bilance produkované šedé a potřebné bílé vody lze zamezit neekonomickému vypouštění přečištěné vody do kanalizace nebo nutnosti doplnění systému o vodu pitnou z distribuční vodovodní sítě.

Odpadní voda natéká přes filtr mechanických nečistot reakční nádrže, kde se voda biologicky čistí. V reakční nádrži je osazen membránový modul, v jehož spodní části je osazen aerační systém. Nad membránovým modulem je umístěno čerpadlo, které podtlakem odsává vodu přes membrány a odvádí již vyčištěnou vodu do akumulární nádrže vyčištěné vody. Voda z akumulární nádrže je čerpána do systému rozvodu provozní vody. Reakční nádrž je opatřena havarijním přepadem. Systém je možno doplňovat pitnou vodou.

Pro návrh zařízení na využití šedé vody bylo nutné stanovit nejdříve denní potřebu provozní vody. Při stanovení počtu měrných jednotek, v tomto případě počtu použití za den se vycházelo z průměrné denní návštěvnosti. Průměrná denní návštěvnost koupaliště činí $300 \text{ osob} \cdot \text{den}^{-1}$. Počet zaměstnanců na koupališti činí $10 \text{ osob} \cdot \text{den}^{-1}$. V rámci výpočtu se uvažovalo s provozem 90 dní v roce. Výpočet byl proveden podle normy ČSN 75 6780. Dále bylo nutné zavedení určitých předpokladů, které jsou následující:

- počet žen je roven $\frac{1}{2}$ denní návštěvnosti;
- počet mužů je roven $\frac{1}{2}$ denní návštěvnosti.

Tab. 2.7 Stanovení denní potřeby vody na splachování WC

Zařizovací předměty	Počet použití zařizovacích předmětů		Objem vody zařizovacích předmětů [l]	Celkem [l·den ⁻¹]
	Zaměstnanci [os·den ⁻¹]	Návštěvníci [os·den ⁻¹]		
Záchodová mísa pro muže, pokud jsou instalovány pisoáry	1	0,17	6	183
Záchodová mísa pro ženy	4	1	6	1 020
Pisoárová mísa	3	0,83	3	419
			Σ =	1 622

Tab. 2.8 Stanovení denní potřeby vody na kropení zeleně

Způsob použití	Potřeba nepitné vody [l·m ⁻²]	Plocha [m ²]	Celkem [l·den ⁻¹]
Kropení zeleně	1,0	4 280	4 280

Tab. 2.9 Stanovení denní potřeby vody na úklid společných prostor

Způsob použití	Potřeba nepitné vody [l·den ⁻¹]	Počet úklidů [den ⁻¹]	Celkem [l·den ⁻¹]
Úklid společných prostor	15	2	30

Stanovení produkce šedých vod vychází z počtu použití sprch a umyvadel během jednoho dne, byly zavedeny následujících předpoklady:

- všichni návštěvníci se osprchují;
- všichni návštěvníci si umyjí ruce.

Tab. 2.10 Stanovení denní produkce šedé vody

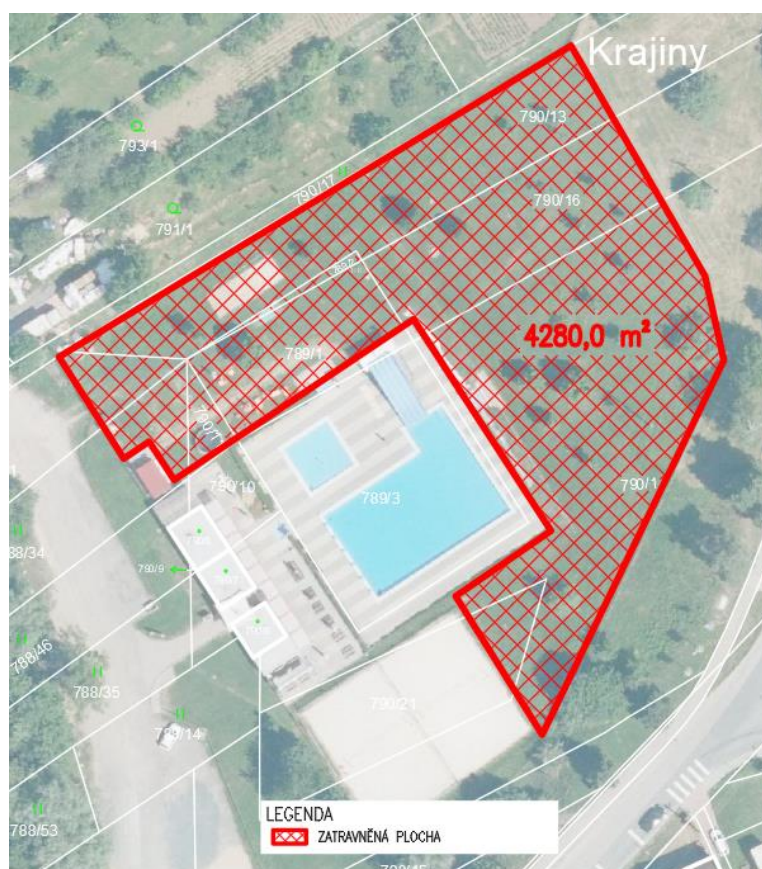
Zařizovací předměty	Počet použití zařizovacích předmětů		Objem vody zařizovacích předmětů [l·min ⁻¹]	Doba používání zařizovacích předmětů [min]	Celkem [l·den ⁻¹]
	Zaměstnanci [os·den ⁻¹]	Návštěvníci [os·den ⁻¹]			
Umyvadlo	6	1	5	0,25	450
Sprcha	0,15	1	6,5	5,6	10 975
				Σ =	11 425

Tab. 2.11 Bilanční posouzení produkce šedých vod a potřeby nepitné vody

Produkce [l·den ⁻¹]	Potřeba [l·den ⁻¹]
11 425	5 932
Produkce [l·sezóna ⁻¹]	Potřeba [l·sezóna ⁻¹]
1 028 214	533 835

V rámci bilančního posouzení se uvažuje s využitím vycištěných šedých vod ke splachování WC, zalévání zeleně a úklidu společných prostor. V rámci výpočtu se uvažovalo s provozem 90 dní v roce. Produkce šedých vod je v tomto případě dostatečná a převyšuje potřebu užitkové

vody o 50 %. Při využívání vyčištěné šedé ke splachování WC dojde k roční úspoře pitné vody 148,6 m³. Při využívání vyčištěné šedé ke splachování WC a záливce travnaté plochy dojde k roční úspoře pitné vody 533,8 m³. Přebytečnou vyčištěnou šedou vodu lze po splnění požadavků právních předpisů vypouštět do dešťové kanalizace a dále do povrchových vod.



Obr. 2.9 Navržené řešení na koupališti v Mokrá-Horákov

2.3.3 Ekonomické posouzení

Studie v tomto objektu zahrnuje výpočet doby návratnosti investice navržené technologie pro využití odpadní vody jako zdroje pro splachování toalet v celé budově. Návrh předpokládá 15letou životnost technologické části systému a 30letou životnost stavební části systému (nádrže a vnitřní rozvody). Ekonomická návratnost znovuvyužití šedých vod je počítána z cen bez DPH.

Tab. 2.12 Ekonomické zhodnocení v Mokrá-Horákov

	Čištění a využití šedých vod
Celkové množství vyčištěné šedé vody (m ³ ·rok ⁻¹)	1 032,7
Jednotka čištění šedých vod AS-GW/SiClaro 10 (Kč bez DPH)	400 000,00
Rozvody šedé a bílé vody v budově (Kč bez DPH)	60 000,00
Celková cena (Kč bez DPH)	460 000,00

Provozní náklad na 1 m³ šedé vody určené k čištění je 18 Kč bez DPH. Celkové provozní náklady na čištění šedé vody za 1 den je 207 Kč bez DPH. Vodné za rok 2023 činí 62,73 Kč·m⁻³

a stočné činí $66,36 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$. Do těchto nákladů jsou zahrnuty náklady na energii, náklady na regeneraci membrán, mzdy pro členy údržby apod. Ve studii je uvažováno, že provozní náklady jsou započítány za každý den v roce. Náklady jsou rovněž navýšeny o předpokládanou inflaci, která byla vypočtena na základě údajů z posledních 10 let na 4,06 %.

Prostá doba návratnosti zobrazuje čas, kdy je investice do daného systému zcela pokryta díky vzniklým úsporám. Snahou každého projektu je vytvořit co nejkratší prostou dobu návratnosti. Pro výpočet doby návratnosti je nutné znát cash-flow, které nám systém přinese. To je vypočítáno na základě cen vodného a stočného bez DPH v lokalitě, vynásobenou o průměrný růst cen vypočtený na základě údajů z posledních 10 let.

2.3.4 Závěr

Byl vytvořen koncepční návrh znovuvyužití šedých vod pro objekt koupaliště v Mokrá-Horákov. Byla stanovena produkce a potřeba bílých vod v objektu, bilanční srovnání produkce a potřeby a následný hrubý návrh technologie čištění na základě získaných parametrů.

Celkové investiční náklady znovuvyužití šedých vod byly vypočítány na 460 000 Kč bez DPH. Provozní náklady systému čištění vod byly určeny jako $207 \text{ Kč} \cdot \text{den}^{-1}$ (zahrnují údržbu, náklady na elektrickou energii atd.). Výše provozních nákladů byla v každém roce ekonomického zhodnocení násobena o příslušný koeficient předpokládané inflace, stanoveného na základě predikce z jejího růstu v předchozích letech. Pro výpočet byla uvažována životnost 15 let pro technologickou část systému, 30 let pro stavební část systému. Prostá doba návratnosti investice byla stanovena na 9 let, pokud nebudeme do výpočtu uvažovat odpisy a bez využití dotace. S využitím dotace 30 % je doba návratnosti stanovena na 7 let a v případě dotace 50 % je návratnost investice po 5 letech.

Při splachování a úklidu prostor vyčištěnou odpadní vodou dojde ke snížení potřeby pitné vody o $148,6 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$, což při odečtení nákladů na čištění odpadní vody a výši vodného $62,73 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$ uspoří cca 7 900 Kč bez DPH ročně. Při splachování, úklidu prostor a záливce travnatých ploch vyčištěnou odpadní vodou dojde ke snížení potřeby pitné vody o $533,8 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$, což při odečtení nákladů na čištění odpadní vody a výši vodného $62,73 \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$ uspoří cca 28 250 Kč bez DPH ročně. Přebytečná vyčištěná voda bude vypouštěna do dešťové kanalizace.

2.4 MOUTNICE

2.4.1 Vybraná lokalita

Pro posouzení byly vybrány budovy obecního úřadu a MŠ č. p. 277 ve kterých se již hospodaří s dešťovými vodami, a to akumulací dešťových vod v nádrži o objemu 16 m^3 , dešťová voda je využívána na splachování, zalévání a oplach techniky. Budova obecního úřadu je jednopodlažní s podkrovím a budova MŠ je dvoupatrová. Obě budovy mají kombinovanou šikmou střechu s plochou střechou se sklonem (nad 5 %). Před nemovitostí se nachází vydlážděná plocha z betonové dlažby, tato plocha slouží jako parkoviště. Stávající dešťové vody jsou svedeny do akumulární nádrže. Okolo nemovitosti vede trasa vodovodu, plynovodu a kanalizace.



Obr. 2.10 Situace lokality obecního úřadu a MŠ v Moutnicích

2.4.2 Návrh řešení

Z hlediska navrhování vegetačních střech je nutné zajímat se o vodu přívalovou (srážkové úhrny při době trvání od 5 minut až do 72 hodin) a dále potom o dlouhodobé roční srážkové úhrny. Průměrný roční srážkový úhrn pro danou oblast lze uvažovat $600 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. Množství zachycené dešťové vody velmi závisí na použitých materiálech. Substrát dokáže udržet omezené množství vody, ale toto množství se výrazně zvyšuje při použití nopové folie nebo akumulací textilie. Pro maximální zádržnost srážek se v konstrukcích vegetačních střech používají speciální hydroakumulační desky.

Je navržena extenzivní zelená střecha o celkové ploše $395,0 \text{ m}^2$. Jedná se o střechu s nižší nosností střešní konstrukce a tenkou vrstvou substrátu. Pro tento typ střechy jsou vhodné rostliny rozšiřující se do plochy jako jsou trvalky, skalničky a suché rostliny, které snesou extrémní podmínky střídání tepla, sucha a mrazu. Vegetace střešní zahrady je biologicky aktivní vrstva se souborem rostlin, který je hlavním nositelem funkcí vegetační střechy. Vegetace je převážně uměle založená výsevem semen, aplikací vegetativních částí (např. řízků), pokládkou předpěstovaných rohoží a koberečů nebo výsadbou. Vegetace plní funkci hygienickou (snižování prašnosti, zlepšování kvality ovzduší, snižování hluku), mikroklimatickou (zvyšování vlhkosti vzduchu, snižování teplotních výkyvů), estetickou a ekologickou. Celkové množství zadržené vody v konstrukci zelené střechy je $177,8 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ a množství odtéklé vody do akumulací nádrže je $59,3 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$.

V návrhu je použita skladba Úsporné střechy Isover s následující konstrukcí:

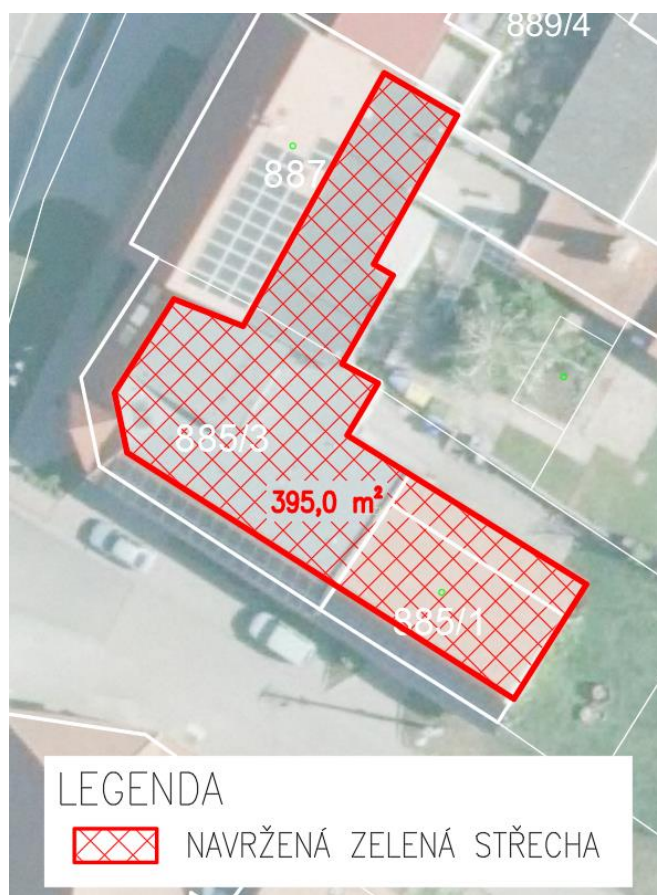
- | | |
|---|-------------------------------------|
| • Vegetace (rozchodníky) | - |
| • Extenzivní minerální substrát | 100 mm |
| • Akumulační deska Isover FLORA | 50 mm |
| • Filtrační textilie | $120 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ |
| • Drenážní nopová folie (např. Platon DE25) | 25 mm |
| • Ochranná geotextilie | $300 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ |
| • Hydroizolace odolná proti prorůstání kořenů | - |
| • Skladba střechy | |

Technické parametry:

- | | |
|-------------------------|---|
| • Výška souvrství | 180 mm |
| • Výška rostlin | 50–100 mm |
| • Doporučené rostliny | rozchodníky, netřesky, mrazuvzdorné kaktusy |
| • Hmotnost za vlhka | 70–190 kg·m ⁻² |
| • Akumulace vody | 40–85 l·m ⁻² |
| • Součinitel odtoku C | 0,25 |
| • Náročnost údržby | velmi malá |
| • Nutnost umělé závlahy | ne |
| • Pochůznost | pouze pro údržbu |

Ve výpočtu provozních nákladů všech variant se uvažuje provedení jednotlivých úkonů jedenkrát ročně (podle typu vegetace mohou být některé úkony vykonávány častěji než jedenkrát za rok):

- hnojení umělým hnojivem;
- odstranění křovin a náletů i s kořeny;
- doplnění rozchodníků (předpoklad doplnění 10 % plochy zelené střechy);
- doplnění substrátu (předpoklad doplnění 3 cm substrátu na 10 % plochy zelené střechy).



Obr. 2.11 Navržené řešení v Moutnicích



Obr. 2.12 Ukázka extenzivní zelené střechy

2.4.3 Ekonomické posouzení

Návrh řešení v tomto objektu zohledňuje vybudování extenzivní zelené střechy na vybrané části střechy.

Tab. 2.13 Ekonomické zhodnocení v Moutnicích

	Úsporná střecha Isover
Plocha střechy (m ²)	395,0
Celkové množství zadržené vody (m ³ ·rok ⁻¹)	177,8
Celkové množství odtoklé vody (m ³ ·rok ⁻¹)	59,3
Jednotková cena Úsporné střechy Isover (Kč·m ⁻²)	1 200,00
Celková cena (Kč bez DPH)	474 000,00

Celkové investiční náklady na výstavbu extenzivní zelené střechy činí 474 000 Kč bez DPH. Roční provozní náklady na údržbu zelených střech činí 6 440 Kč bez DPH. Ve výpočtech je zahrnuta cena za odvedenou práci a materiál. Jednotlivé ceny byly stanoveny dle Cenové soustavy RTS 23/I a katalogu cen vybraných firem.

2.4.4 Závěr

Aplikací zelené střechy dochází k účinnému snížení spotřeby energie na chlazení vnitřních prostor budovy a částečně i na její vytápění. Přítomností zelené střechy je ovlivněna i emisivita CO₂. Vybudováním zelené střechy dojde ke snížení emisí o 1 975 kg CO₂·rok⁻¹ vlivem listové plochy a o 593 kg CO₂·rok⁻¹ vlivem snížení energie na vytápění a chlazení budovy, celkem tedy dojde ke snížení 2 568 kg CO₂·rok⁻¹. Zelené střechy mají přímý vliv na dynamiku odtoku srážkové vody ze střešních ploch. Zadržení vody na střeše se kladně projevuje na zatížení odpadní infrastruktury a voda na střeše obsažená v zeleni působí jako chladič okolního prostředí. Při vybudování zelené střechy dojde ke snížení odtoku dešťové vody z vybrané části střechy o 75 % čímž dojde ke snížení množství vody v akumulční nádrži.

2.5 VÁŽANY NAD LITAVOU

2.5.1 Vybraná lokalita

Pro posouzení byla vybrána budova ubytovny č. p. 278, u které se předpokládá v průběhu 3 let rekonstrukce střechy, fasády a interiérů. Jedná se o třípatrovou budovu, ve sklepním prostoru jsou sklepy a technické místnosti, v prvním a druhém nadzemním patře jsou byty pro sociálně slabší. Budova má plochou střechu. Stávající dešťové vody jsou svedeny do jednotné kanalizace. Okolo nemovitosti vede trasa vodovodu a plynovodu.



Obr. 2.13 Situace lokality ubytovny ve Vážanech nad Litavou

2.5.2 Návrh řešení

Z hlediska navrhování vegetačních střech je nutné zajímat se o vodu přívalovou (srážkové úhrny při době trvání od 5 minut až do 72 hodin) a dále potom o dlouhodobé roční srážkové úhrny. Průměrný roční srážkový úhrn pro danou oblast lze uvažovat $600 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. Množství zachycené dešťové vody velmi závisí na použitých materiálech. Substrát dokáže udržet omezené množství vody, ale toto množství se výrazně zvyšuje při použití nopové folie nebo akumulací textilie. Pro maximální zádržnost srážek se v konstrukcích vegetačních střech používají speciální hydroakumulační desky.

Je navržena extenzivní zelená střecha o celkové ploše $208,5 \text{ m}^2$. Jedná se o střechu s nižší nosností střešní konstrukce a tenkou vrstvou substrátu. Pro tento typ střechy jsou vhodné rostliny rozšiřující se do plochy jako jsou trvalky, skalničky a suché rostliny, které snesou extrémní podmínky střídání tepla, sucha a mrazu. Vegetace střešní zahrady je biologicky aktivní vrstva se souborem rostlin, který je hlavním nositelem funkcí vegetační střechy. Vegetace je převážně uměle založená výsevem semen, aplikací vegetativních částí (např. řízků), pokládkou předpěstovaných rohoží a koberců nebo výsadbou. Vegetace plní funkci hygienickou (snižování prašnosti, zlepšování kvality ovzduší, snižování hluku), mikroklimatickou (zvyšování vlhkosti vzduchu, snižování teplotních výkyvů), estetickou a ekologickou. Celkové množství zadržené vody v konstrukci zelené střechy je $62,6 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ a množství odteklé vody do akumulací nádrže je $62,6 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$. Akumulační objem nádrže je navržen s rezervou na 12 dní bezdeštného období s objemem 2 m^3 . Vybavení nádrže je řešeno komplexně, součástí bude ponorné tlakové čerpadlo s filtrovaným samonasáváním a zpětnou klapkou, plovákové čidlo, a navíc vše ovládané řídicí jednotkou.

V návrhu je použita skladba Úsporné střechy Isover s následující konstrukcí:

- Vegetace (rozchodníky)

- Extenzivní minerální substrát 80 mm
- Akumulační deska Isover FLORA 30 mm
- Filtrační textilie 120 g·m⁻²
- Drenážní nopová folie (např. Platon DE25) 25 mm
- Ochranná geotextilie 300 g·m⁻²
- Hydroizolace odolná proti prorůstání kořenů -
- Skladba střechy

Technické parametry zelené střechy:

- Výška souvrství 140 mm
- Výška rostlin 50–100 mm
- Doporučené rostliny rozchodníky, netřesky, mrazuvzdorné kaktusy
- Hmotnost za vlhka 70–190 kg·m⁻²
- Akumulace vody 40–85 l·m⁻²
- Součinitel odtoku C 0,5
- Náročnost údržby velmi malá
- Nutnost umělé závlahy ne
- Pochůznost pouze pro údržbu

Ve výpočtu provozních nákladů všech variant se uvažuje provedení jednotlivých úkonů jedenkrát ročně (podle typu vegetace mohou být některé úkony vykonávány častěji než jedenkrát za rok):

- hnojení umělým hnojivem;
- odstranění křovin a náletů i s kořeny;
- doplnění rozchodníků (předpoklad doplnění 10 % plochy zelené střechy);
- doplnění substrátu (předpoklad doplnění 3 cm substrátu na 10 % plochy zelené střechy).



Obr. 2.14 Navržené řešení zelené střechy ve Vážanech nad Litavou

Je navržena zelená fasáda o celkové rozloze 123,7 m². Zelená stěna je navržena pouze z jižní a západní strany objektu vzhledem k největší expozici slunce v průběhu dne a z důvodu vysoké pořizovací ceně. Tento typ zelené stěny je typický svým bezsubstrátovým řešením, díky kterému se liší od těžkých substrátových konstrukcí. Celý systém funguje na principu hydroponie (pěstování rostlin bez půdy v živém roztoku) na textilií. Jako textilie se využívá hydrofilní tkanina, která slouží k uchycení rostlin, příjmu vody a živin. Rostliny jsou umístěné do modulu Biotile, které je uchycena na pevné desce. K závlaze a dávkování živin se využívá závlahový systém, který je umístěn v horní části konstrukce. Závlahový systém podle nastavení automaticky dává vodu s živinami. Voda z horní části gravitačně stéká mezi tkaninami a zvlhčuje celou plochu tkaniny, ve které jsou prorostlé kořeny rostlin. Odtok pod konstrukcí je vhodné napojit zpět do akumulární nádrže, která bude zachycovat přebytečnou vodu.

Navržená konstrukce zelené stěny se skládá z ocelového rámu, který zajišťuje provětrání mezi roznášecím roštem a nosnou stěnou. Tento rám není nutný pro samotnou konstrukci, ale v případě prosáknutí vlhkosti skrz izolační vrstvu chrání stěnu před napadením plísněmi. Na tento rám je instalován roznášecí rošt, na který se dále montuje vodotěsná podkladová deska. Další vrstvu tvoří drenážní vrstva tloušťky 4,5 mm, která chrání konstrukci před vlhkostí. Poté následuje modul Biotile. Mezi moduly je umístěna kapková závlaha. Ve spodní části konstrukce se nachází odtokový žlab, který slouží pro zachycení vody ze zalévané zelené stěny. Žlab je umístěn u stěny pod vegetací a je mírně vypádován. Odtokový žlab bude napojen do akumulární nádrže na dešťovou vodu.

Provoz závlahy je navržen na 214 dní (duben–říjen) při denní dávce 2,5 l·m⁻². Délka doby závlahy bude stanovena experimentálně na základě měření průtoku s cílem optimalizovat závlahu tak, aby z plochy stěny neodtékala přebytečná voda. Potřeba vody pro závlahu je 66,2 m³·rok⁻¹.

Technické parametry zelené fasády:

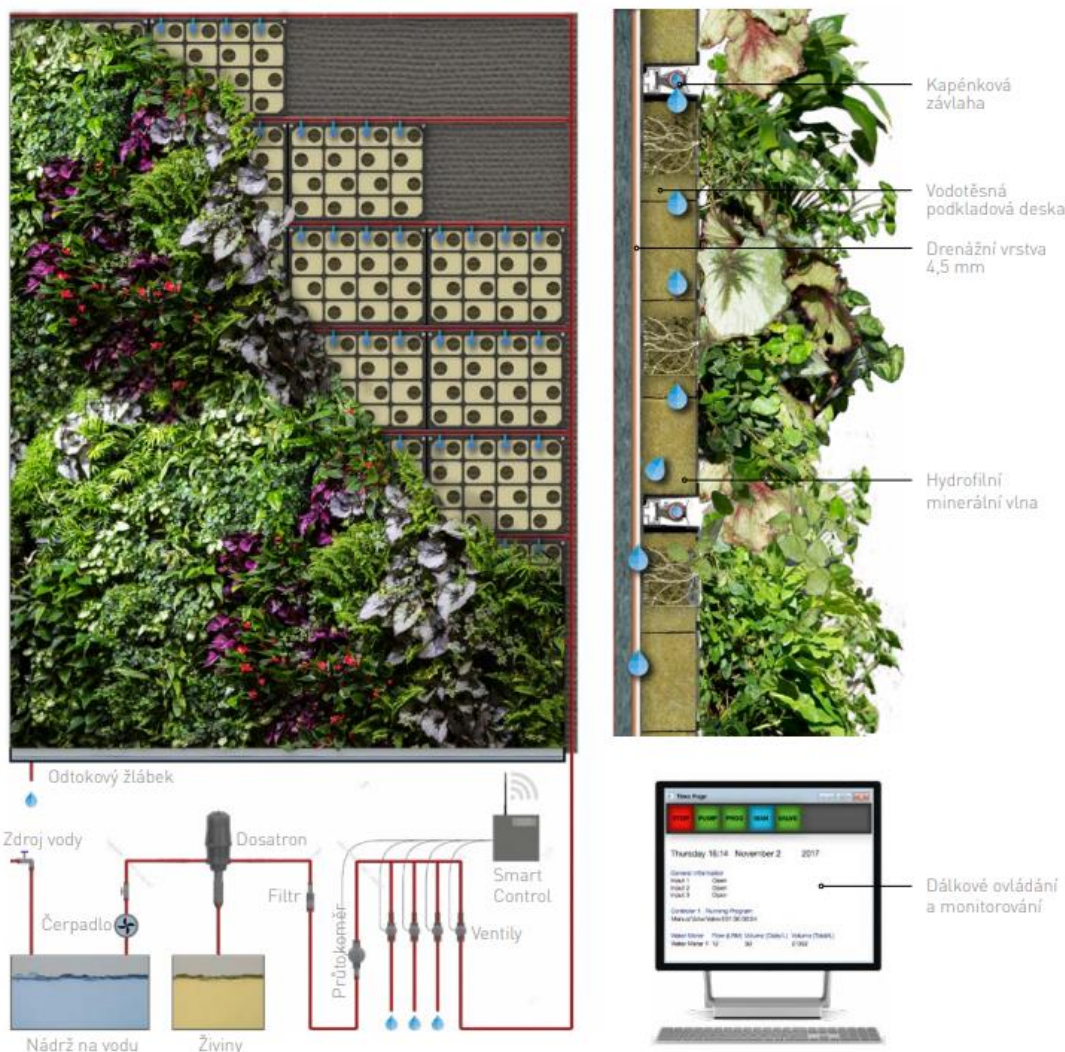
- | | |
|--------------------|---------------------------------------|
| • Konstrukce | modulární, nenosná |
| • Hmotnost | nasycená kazeta 65 kg·m ⁻² |
| • Tloušťka systému | 82 mm |
| • Výplň | hydrofilní minerální vlna |
| • Závlaha | automatická kapénková |



Obr. 2.15 Navržené řešení zelené fasády na jižní straně



Obr. 2.16 Navržené řešení zelené fasády na západní straně



Obr. 2.17 Ukázka systému závlahy zelené stěny Biotile firmy Liko-S



Obr. 2.18 Ukázka zelené fasády

2.5.3 Ekonomické posouzení

Návrh řešení v tomto objektu zohledňuje vybudování extenzivní zelené střechy na celé části střechy a zelené fasády na všech stranách budovy a akumulční nádrže na dešťovou vodu.

Tab. 2.14 Ekonomické zhodnocení ve Vážanech nad Litavou

	Stávající stav	Návrhový stav
Čištění odpadních vod		
Celkové množství odtoklé vody (m ³ ·rok ⁻¹)	125,2	-
Stočné (Kč bez DPH)	66,36	-
Celková cena za likvidaci (Kč bez DPH·rok⁻¹)	8 308,00	-
Zelená střecha		
Plocha střechy (m ²)	-	208,5
Celkové množství zadržené vody (m ³ ·rok ⁻¹)	-	62,6
Celkové množství odtoklé vody (m ³ ·rok ⁻¹)	-	62,6
Jednotková cena Úsporné střechy Isover (Kč·m ⁻²)	-	1 000,00
Celková cena za zelenou střechu (Kč bez DPH)	-	208 500,00
Akumulační nádrž		
Plastová akumulční nádrž o objemu 2 m³ včetně příslušenství a rozvodů vody na pozemku (Kč bez DPH)	-	60 000,00

Zelená fasáda		
Plocha fasády (m ²)	-	123,7
Konstrukce včetně izolace, podkladní vrstvy, olemování, montáže a dopravy (Kč·m ⁻²)	-	500 000,00
Modul Biotile s rostlinami včetně závlahy a řídicí jednotky (Kč·m ⁻²)	-	800 000,00
Celková cena za zelenou fasádu (Kč bez DPH)	-	1 300 000,00

Celkové investiční náklady na výstavbu extenzivní zelené střechy činí 208 500 Kč bez DPH. Roční provozní náklady na údržbu zelených střech činí 4 160 Kč bez DPH. Celková cena za zelenou fasádu je 1 300 000 Kč bez DPH, roční provozní náklady zelené fasády jsou přibližně 14 750 Kč bez DPH. Ve výpočtech je zahrnuta cena za odvedenou práci a materiál. Jednotlivé ceny byly stanoveny dle Cenové soustavy RTS 23/I a katalogu cen vybraných firem.

2.5.4 Závěr

Vzhledem k nenacházející se dešťové kanalizaci jsou stávající roční provozní náklady na odvádění a likvidaci dešťových vod na ČOV vypočteny na cca 8 300 Kč bez DPH.

Aplikací zelené střechy a zelené fasády dochází k účinnému snížení spotřeby energie na chlazení vnitřních prostor budovy a částečně i na její vytápění. Přítomností zelené střechy je ovlivněna i emisivita CO₂. Vybudováním zelené střechy a zelené fasády dojde ke snížení emisí o 1 661 kg CO₂·rok⁻¹ vlivem listové plochy a o 498 kg CO₂·rok⁻¹ vlivem snížení energie na vytápění a chlazení budovy, celkem tedy dojde ke snížení 2 159 kg CO₂·rok⁻¹. Celková roční úspora elektrické energie na vytápění a chlazení je 2 511 kWh, což činí cca 11 820 Kč za rok. Zelené střechy mají přímý vliv na dynamiku odtoku srážkové vody ze střešních ploch. Zadržení vody na střeše se kladně projevuje na zatížení odpadní infrastruktury a voda na střeše obsažená v zeleni působí jako chladič okolního prostředí. Při vybudování zelené střechy dojde ke snížení odtoku dešťové vody o 50 %.

Celkové investiční náklady na vybudování zelené střechy, fasády a akumulční nádrže jsou vypočítány na 1 568 500 Kč. Celkové provozní náklady systémů zelené infrastruktury byly stanoveny na cca 19 000 Kč·rok⁻¹ (zahrnují údržbu, náklady na elektrickou energii atd.). Prostá doba návratnosti investice byla stanovena na 222 let. Vzhledem k velké pořizovací investici zelené fasády lze alternativně uvažovat pouze s vybudováním extenzivní zelené střechy a akumulční nádrže na dešťovou vodu s následným využíváním k zálivce zahrady.

2.6 HRUŠKY

2.6.1 Vybraná lokalita

Pro posouzení byla vybrána budova základní školy č. p. 69. Jedná se o dvoupatrovou budovu se šikmou střechou. Před nemovitostí se nachází vydlážděná příjezdová cesta a zatravněné parkoviště. Za nemovitostí se nachází zatravněná zahrada. Stávající dešťové vody jsou svedeny do splaškové kanalizace a čištěny na ČOV. Okolo nemovitosti vede trasa vodovodu, plynovodu a kanalizace.



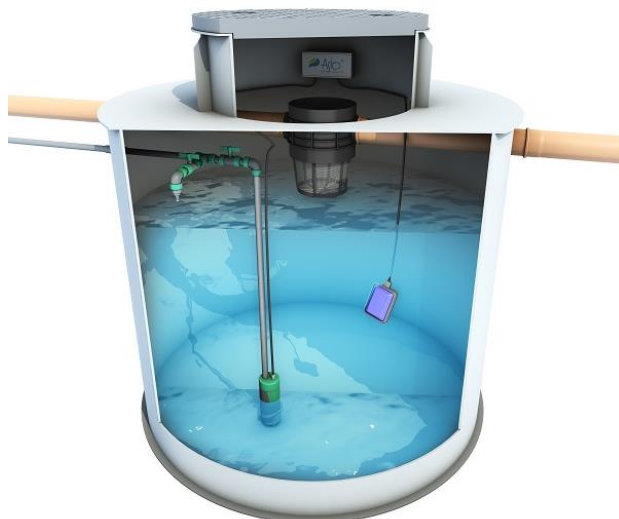
Obr. 2.19 Situace lokality základní školy v Hruškách

2.6.2 Návrh řešení

Dešťová voda bude zachytávána na střeše budovy o celkové půdorysné ploše 348,0 m². Voda bude svedena pomocí okapů do dešťových vpustí opatřených lapáky střešních splavenin. Od vpustí je dešťová voda vedena v potrubí KG PVC umístěném v zemi. Od vpustí bude voda svedena do akumulční nádrže, která bude umístěna v zemi pod zatravněnou plochou za budovou. Akumulační nádrž bude provedena jako válcová samonosná jímka z plastových prefabrikátů o užitém objemu 8 m³. Dešťová nádrž je navržena s akumulčním prostorem na 14 dní při období sucha. Nátok vody projde samočisticím filtrem a zpětnou klapkou. Vybavení nádrže je řešeno komplexně, součástí bude ponorné tlakové čerpadlo s filtrovaným samonasáváním a zpětnou klapkou, plovákové čidlo, a navíc vše ovládané řídicí jednotkou. Nádrž bude opatřena bezpečnostním přepadem, kterým odchází přebytečná dešťová voda do stávající dešťové kanalizace. Akumulační nádrž bude instalována za účelem akumulace dešťové vody pro její pozdější využití na závlaku zahrady. Celkové množství zachycené dešťové vody je 208,8 m³·rok⁻¹.



Obr. 2.20 Navržené řešení v Hruškách



Obr. 2.21 Ukázka použití akumulční nádrže AS-REWA GARDEN s vybavením

2.6.3 Ekonomické posouzení

Vzhledem k tomu, že se v obci nenachází dešťová kanalizace a dešťová voda je čistěna na ČOV, lze přímo uvažovat o úsporách na stočném v rámci čištění menšího objemu vody.

Tab. 2.15 Ekonomické zhodnocení v Hruškách

	Akumulace dešťové vody v nádrži na zálivku
Plocha střechy (m ²)	348,0
Celkové množství akumulované vody (m ³ ·rok ⁻¹)	208,8
Plastová akumulční nádrž o objemu 8 m ³ včetně příslušenství a rozvodů vody na pozemku (Kč bez DPH)	130 000,00
Celková cena (Kč bez DPH)	130 000,00

Jednotlivé ceny byly stanoveny dle Cenové soustavy RTS 23/I, příručky Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí 2021 a katalogů cen vybraných firem. Pořizovací cena využívání dešťové vody v akumulční nádrži o objemu 8 m³ je cca 130 000 Kč bez DPH.

2.6.4 Závěr

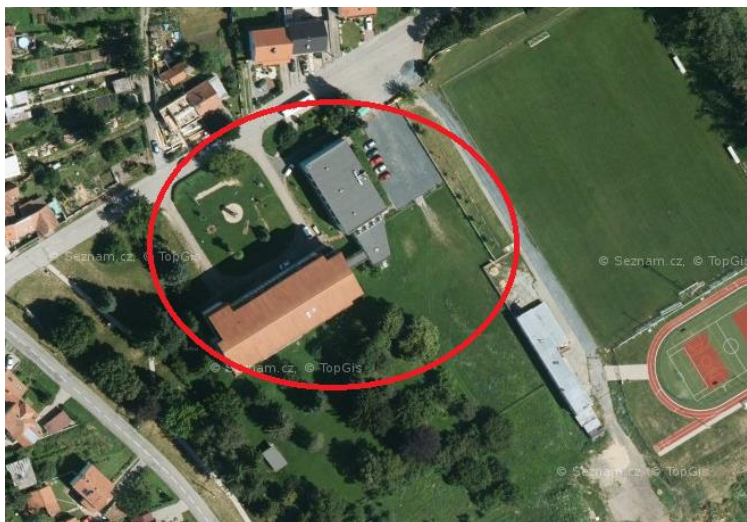
Vzhledem k nenacházející se dešťové kanalizaci jsou roční provozní náklady na odvádění a likvidaci dešťových vod na ČOV jsou cca 10 150 Kč bez DPH. Bylo navrženo hospodaření s dešťovou vodou na pozemku základní školy, které zahrnuje akumulaci dešťové vody ze střechy budovy s následným využitím pro závlahu. Při odečtení nákladů na provoz dešťové nádrže lze očekávat roční úsporu na stočném ve výši 8 150 Kč bez DPH.

Celkové investiční náklady na vybudování akumulční nádrže včetně rozvodů na pozemku byly vypočítány na 130 000 Kč bez DPH. Provozní náklady systému byly stanoveny na 2 000 Kč·rok⁻¹ (zahrnují údržbu, náklady na elektrickou energii atd.). Prostá doba návratnosti investice byla stanovena na 16 let. Návratnost investice s využitím dotace 30 % je stanovena na 11 let, s dotací 50 % je návratnost 8 let.

2.7 POZOŘICE

2.7.1 Vybraná lokalita

Pro posouzení byla vybrána budova ZŠ s přílehlou tělocvičnou č. p. 386. V rámci návrhu se uvažuje pouze s tělocvičnou. Budova tělocvičny je dvoupatrová s plochou střechou. Za nemovitostí se nachází štěrkové parkoviště. Stávající dešťové vody jsou svedeny do dešťové kanalizace. Okolo nemovitosti vede trasa vodovodu, plynovodu a kanalizace.

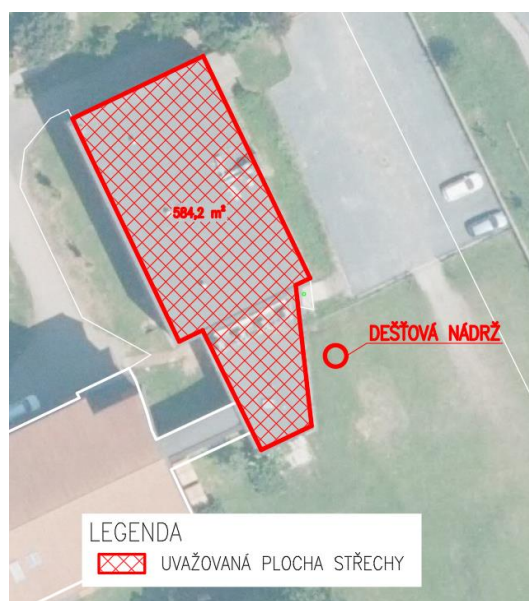


Obr. 2.22 Situace lokality ZŠ v Pozořicích

2.7.2 Návrh řešení

Jsou navrženy dvě varianty hospodaření s dešťovou vodou v budově tělocvičny:

- Varianta 1: Je navržena extenzivní zelená střecha s akumulací nádrží a využívání dešťové vody ke splachování.
- Varianta 2: Je navržena akumulací nádrž k využívání dešťové vody ke splachování.



Obr. 2.23 Navržené řešení v Pozořicích

Pro návrh zařízení na využití dešťové vody bylo nutné stanovit nejdříve denní potřebu provozní vody. Při stanovení počtu měrných jednotek, v tomto případě počtu použití za den se vycházelo z maximální kapacity žáků. Maximální kapacita žáků činí 580 osob·den⁻¹. Počet zaměstnanců vyučujících v tělocvičně činí 5 osob·den⁻¹. V rámci výpočtu se uvažovalo s provozem 200 dní v roce. Výpočet byl proveden podle normy ČSN 75 6780. Dále bylo nutné zavedení určitých předpokladů, které jsou následující:

- počet žen je roven ½ denní návštěvnosti;
- počet mužů je roven ½ denní návštěvnosti.

Tab. 2.16 Stanovení denní potřeby vody na splachování WC

Zařizovací předměty	Počet použití zařizovacích předmětů		Objem vody zařizovacích předmětů [l]	Celkem [l·den ⁻¹]
	Zaměstnanci [os·den ⁻¹]	Návštěvníci [os·den ⁻¹]		
Záchodová mísa pro muže, pokud jsou instalovány pisoáry	1	0,7	6	1 233
Záchodová mísa pro ženy	1	1,5	6	2 625
Pisoárová mísa	1	1	3	878
			Σ =	4 736

V rámci úvahy rovnoměrného rozdělení vyučovacích hodin v tělocvičně byl počet studentů rovnoměrně rozdělen mezi 5 dní, na jeden den tedy přijde denní potřeba vody ke splachování na **947 l·den⁻¹**.

Tab. 2.17 Stanovení denní potřeby vody na úklid společných prostor

Způsob použití	Potřeba nepitné vody [l·den ⁻¹]	Počet úklidů [den ⁻¹]	Celkem [l·den ⁻¹]
Úklid společných prostor	15	2	30

Varianta 1

Je navržena extenzivní zelená střecha s akumulací nádrží a využívání dešťové vody ke splachování.

Je navržena extenzivní zelená střecha o celkové ploše 584,2 m². Jedná se o střechu s nižší nosností střešní konstrukce a tenkou vrstvou substrátu. Pro tento typ střechy jsou vhodné rostliny rozšiřující se do plochy jako jsou trvalky, skalničky a suché rostliny, které snesou extrémní podmínky střídání tepla, sucha a mrazu. Vegetace střešní zahrady je biologicky aktivní vrstva se souborem rostlin, který je hlavním nositelem funkcí vegetační střechy. Vegetace je převážně uměle založená výsevem semen, aplikací vegetativních částí (např. řízků), pokládkou předpěstovaných rohoží a koberců nebo výsadbou. Vegetace plní funkci hygienickou (snižování prašnosti, zlepšování kvality ovzduší, snižování hluku), mikroklimatickou (zvyšování vlhkosti vzduchu, snižování teplotních výkyvů), estetickou a ekologickou. Celkové množství zadržené vody v konstrukci zelené střechy je 175,3 m³·rok⁻¹ a množství odteklé vody do akumulací nádrže je 175,3 m³·rok⁻¹.

V návrhu je použita skladba Úsporné střechy Isover s následující konstrukcí:

- | | |
|---|-----------------------|
| • Vegetace (rozchodníky) | - |
| • Extenzivní minerální substrát | 80 mm |
| • Akumulační deska Isover FLORA | 30 mm |
| • Filtrační textilie | 120 g·m ⁻² |
| • Drenážní nopová folie (např. Platon DE25) | 25 mm |
| • Ochranná geotextilie | 300 g·m ⁻² |
| • Hydroizolace odolná proti prorůstání kořenů | - |
| • Skladba střechy | |

Technické parametry zelené střechy:

- | | |
|-------------------------|---|
| • Výška souvrství | 140 mm |
| • Výška rostlin | 50–100 mm |
| • Doporučené rostliny | rozchodníky, netřesky, mrazuvzdorné kaktusy |
| • Hmotnost za vlhka | 70–190 kg·m ⁻² |
| • Akumulace vody | 40–85 l·m ⁻² |
| • Součinitel odtoku C | 0,5 |
| • Náročnost údržby | velmi malá |
| • Nutnost umělé závlahy | ne |
| • Pochůznost | pouze pro údržbu |

Ve výpočtu provozních nákladů všech variant se uvažuje provedení jednotlivých úkonů jedenkrát ročně (podle typu vegetace mohou být některé úkony vykonávány častěji než jedenkrát za rok):

- hnojení umělým hnojivem;
- odstranění křovin a náletů i s kořeny;
- doplnění rozchodníků (předpoklad doplnění 10 % plochy zelené střechy);
- doplnění substrátu (předpoklad doplnění 3 cm substrátu na 10 % plochy zelené střechy).

Při návrhu akumulace dešťové vody je využita pouze vybraná část střechy. Sběrná plocha střechy je 584,2 m². Voda bude svedena pomocí okapů do dešťových vpustí opatřených lapáky střešních splavenin. Od vpustí je dešťová voda vedena v potrubí KG PVC umístěném v zemi. Od vpustí bude voda svedena do akumulací nádrže, která bude umístěna v zemi pod vydlážděnou plochou za budovou. Akumulační nádrž bude provedena jako válcová samonosná jámka z plastových prefabrikátů zalitých betonem o užitém objemu 5 m³. Dešťová nádrž je navržena s akumulacím prostorem na 10 dní při období sucha. Nátok vody projde samočisticím filtrem a zpětnou klapkou. Vybavení nádrže je řešeno komplexně, součástí bude ponorné tlakové čerpadlo s filtrovaným samonasáváním a zpětnou klapkou, plovákové čidlo, a navíc vše ovládané řídicí jednotkou. Nádrž bude opatřena bezpečnostním přepadem, kterým odchází přebytečná dešťová voda do stávající dešťové kanalizace. Celkové množství zachycené dešťové vody je 175,3 m³·rok⁻¹.

Tab. 2.18 Bilanční posouzení produkce dešťových vod a potřeby nepitné vody se zelenou střechou

Produkce [$l \cdot den^{-1}$]	Potřeba [$l \cdot den^{-1}$]
480	977
Produkce [$l \cdot rok^{-1}$]	Potřeba [$l \cdot rok^{-1}$]
175 258	195 420

Při výpočtu bilančního posouzení denní produkce dešťové vody a denní potřeby nepitné vody ke splachování je zjištěn nedostatek dešťové vody, a proto bude muset být systém doplněn pitnou vodou. Chybějící množství vody ke splachování je $497 l \cdot den^{-1}$, což činí $99,4 m^3 \cdot rok^{-1}$.

Varianta 2

Při návrhu akumulace dešťové vody je využita pouze vybraná část střechy. Sběrná plocha střechy je $584,2 m^2$. Voda bude svedena pomocí okapů do dešťových vpustí opatřených lapáky střešních splavenin. Od vpustí je dešťová voda vedena v potrubí KG PVC umístěném v zemi. Od vpustí bude voda svedena do akumulární nádrže, která bude umístěna v zemi pod vydlážděnou plochou za budovou. Akumulační nádrž bude provedena jako válcová samonosná jámka z plastových prefabrikátů zalitých betonem o užitém objemu $10 m^3$. Dešťová nádrž je navržena s akumulárním prostorem na 10 dní při období sucha. Nátok vody projde samočisticím filtrem a zpětnou klapkou. Vybavení nádrže je řešeno komplexně, součástí bude ponorné tlakové čerpadlo s filtrovaným samonasáváním a zpětnou klapkou, plovákové čidlo, a navíc vše ovládané řídicí jednotkou. Nádrž bude opatřena bezpečnostním přepadem, kterým odchází přebytečná dešťová voda do stávající dešťové kanalizace. Celkové množství zachycené dešťové vody je $350,5 m^3 \cdot rok^{-1}$.

Tab. 2.19 Bilanční posouzení produkce dešťových vod a potřeby nepitné vody bez zelené střechy

Produkce [$l \cdot den^{-1}$]	Potřeba [$l \cdot den^{-1}$]
960	977
Produkce [$l \cdot rok^{-1}$]	Potřeba [$l \cdot rok^{-1}$]
350 400	195 420

Při výpočtu bilančního posouzení denní produkce dešťové vody a denní potřeby nepitné vody ke splachování je zjištěn nedostatek dešťové vody o $17 l \cdot den^{-1}$. Vzhledem k nevyužívání vody ke splachování o víkendech a velikosti akumulární nádrže není nutné doplňovat systém pitnou vodou, ale i přesto je vhodné napojit jej na rozvod pitné vody.

2.7.3 Ekonomické posouzení

Jsou navrženy dvě varianty řešení. Varianta 1 zohledňuje vybudování extenzivní zelené střechy na vybrané části střechy a akumulární dešťové nádrže ke splachování. Varianta 2 zohledňuje pouze vybudování dešťové akumulární nádrže s využitím ke splachování.

Tab. 2.20 Ekonomické zhodnocení v Pozořicích

	Varianta 1	Varianta 2
	Úsporná zelená střecha Isover s akumulární nádrží s využitím vody ke splachování	Akumulační nádrž s využitím vody ke splachování

Plocha střechy (m ²)	584,2	584,2
Celkové množství zadržené vody (m ³ ·rok ⁻¹)	175,3	-
Celkové množství odtoklé vody (m ³ ·rok ⁻¹)	175,3	350,5
Jednotková cena Úsporné zelené střechy Isover (Kč·m ⁻²)	1 000,00	-
Plastová akumulční nádrž (varianta 1=5 m ³ , varianta 2=10 m ³) včetně příslušenství a rozvodů vody na pozemku (Kč bez DPH)	90 000,00	150 000,00
Rozvody nepitné vody v budově (Kč bez DPH)	60 000,00	60 000,00
Celková cena (Kč bez DPH)	734 200,00	210 000,00

Celkové investiční náklady na výstavbu varianty 1, které zahrnují extenzivní zelenou střechu, akumulční nádrž o objemu 5 m³ a úpravu rozvodů nepitné vody činí 734 200 Kč bez DPH. Roční provozní náklady na údržbu zelených střech činí 7 360 Kč bez DPH. Roční náklady při doplnění systému pitnou vodou při ceně vodného 62,73 Kč činí 6 235 Kč bez DPH. Při vybudování zelené střechy je možné uspořit ročně až 20 785 Kč bez DPH na vytápění tělocvičny. Při částečném využití dešťové vody ke splachování lze uspořit 5 542 Kč bez DPH. Prostá doba návratnosti investice byla stanovena na 39 let. Návratnost investice s využitím dotace 30 % je stanovena na 27 let, s dotací 50 % je návratnost 20 let.

Celkové investiční náklady na výstavbu varianty 2, které zahrnují akumulční nádrž o objemu 10 m³ a úpravu rozvodů nepitné vody činí 210 000 Kč bez DPH. Při využití dešťové vody ke splachování lze uspořit ročně 11 085 Kč bez DPH. Prostá doba návratnosti investice byla stanovena na 19 let. Návratnost investice s využitím dotace 30 % je stanovena na 13 let, s dotací 50 % je návratnost 10 let.

Ve výpočtech je zahrnuta cena za odvedenou práci a materiál. Jednotlivé ceny byly stanoveny dle Cenové soustavy RTS 23/I a katalogu cen vybraných firem.

2.7.4 Závěr

Aplikací zelené střechy dochází k účinnému snížení spotřeby energie na vytápění vnitřních prostor tělocvičny. Přítomností zelené střechy je ovlivněna i emisivita CO₂. Vybudováním zelené střechy dojde ke snížení emisí o 2 921 kg CO₂·rok⁻¹ vlivem listové plochy a o 876 kg CO₂·rok⁻¹ vlivem snížení energie na vytápění budovy, celkem tedy dojde ke snížení 3 797 kg CO₂·rok⁻¹. Zelené střechy mají přímý vliv na dynamiku odtoku srážkové vody ze střešních ploch. Zadržetí vody na střeše se kladně projevuje na zatížení odpadní infrastruktury a voda na střeše obsažená v zeleni působí jako chladič okolního prostředí. Při vybudování zelené střechy dojde ke snížení odtoku dešťové vody z vybrané části střechy. Využitím dešťové vody ke splachování toalet dojde ke snížení spotřeby pitné vody v objektu. Vzhledem k investičním nákladům je varianta 1 ekonomicky nezajímavá. Varianta 2 již představuje ekonomicky přípustnou možnost, jak efektivně hospodařit s dešťovými vodami.

3 ZÁVĚR

Předmětem zpracování je případová studie pro klimatický plán na území MAS Slavkovské bojiště pro obce Blažovice, Kobylnice, Mokrý-Horákov, Moutnice, Vážany nad Litavou, Hrušky a Pozořice.

Návrhová část této studie představuje sadu možných opatření pro udržitelnou energii, klima a zadržování vody v krajině v intravilánu dotčených obcí. Tato opatření se odvíjí od skutečností, jež vyplynuly z analytické části této studie. Jednotlivá opatření byla konkretizována a navržena pro individuální podmínky jednotlivých lokalit.

Na základě získaných analytických dat a terénních pochůzek či konzultací bylo v intravilánu dotčených obcí identifikováno 7 lokalit vhodných pro realizaci opatření přispívajících k zadržení vody v krajině a boji s klimatickými změnami. Navržená opatření se týkají staveb ve vlastnictví obcí. Při návrzích byla snaha o využití městských pozemků.

V rámci zlepšení hospodaření s dešťovou vodou byly v intravilánu obcí Moutnic, Vážan nad Litavou a Pozořic vytipovány vhodné objekty pro realizaci zelených střech, a to k.ú. Moutnice – obecní úřad, k.ú. Vážany nad Litavou – ubytovna a k.ú. Pozořice – ZŠ. V objektu ubytovny v obci Vážany nad Litavou byla navržena zelená fasáda.

Dále bylo vytipováno pět objektů, jež je vhodné doplnit akumulací nádrží na dešťovou vodu (samostatně, nebo v kombinaci se zelenou střechou nebo fasádou), a to k.ú. Blažovice – ZŠ, k.ú. Kobylnice – hasičská zbrojnice, k.ú. Vážany nad Litavou – ubytovna, k.ú. Hrušky – ZŠ a k.ú. Pozořice – ZŠ.

Na parkovišti u hasičské zbrojnice v obci Kobylnice byly navrženy varianty výměny stávajícího částečně propustného povrchu za novou propustnou betonovou dlažbu se širokou šterkovou spárou nebo zatravnovacími rošty, které budou uloženy do propustné vrstvy.

V obcích Blažovice a Mokrý-Horákov byly vytipovány objekty vhodné k čištění šedých vod a využívání bílých vod ke splachování, úklidu a závlaze, konkrétně k.ú. Blažovice – ZŠ a k.ú. Mokrý-Horákov – koupaliště.

V Brně 08/2023

.....
prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA
ředitel Centra AdMaS VUT v Brně