

19. DUBNA 2024



**DIMENZOVÁNÍ A KONTROLA FUNKČNOSTI
ZPEVNĚNÝCH PROPUSTNÝCH POVRCHŮ
S RETENČNÍM TĚLESEM**
METODICKÁ PŘÍRUČKA

CZWA SERVICE
TRAŽOVÁ 574/1
619 00 Brno

NÁZEV ÚKOLU:

METODICKÁ PŘÍRUČKA DIMENZOVÁNÍ A KONTROLA FUNKČNOSTI ZPEVNĚNÝCH PROPUSTNÝCH POVRCHŮ S RETENČNÍM TĚLESEM

ZADAVATEL:

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR

ZPRACOVATEL:

CzWA SERVICE, S.R.O.

ZPRACOVATELSKÁ SKUPINA:

DOC. ING. DAVID STRÁNSKÝ. PH.D.

*ČVUT V PRAZE, FAKULTA STAVEBNÍ, KATEDRA VODNÍHO
HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ, ASOCIACE PRO VODU ČR (CzWA)*

RNDR. PAVEL ŠPAČEK

CHEMCOMEX, A.S., ASOCIACE PRO VODU ČR (CzWA)

Poděkování: Autoři děkují za cenné konzultace Ivaně Kabelkové a Vojtěchu Barešovi z ČVUT v Praze a Jiřímu Vítkovi a Michaele Vackové z JV PROJEKT VH, s.r.o.

Foto titulní strana: doc. Dr. Ing. Ivana Kabelková

Obsah

Obsah	2
Použitá terminologie.....	3
1. Úvod	4
2. Účel metodické příručky.....	5
3. Podklady	6
4. Typy zpevněných propustných povrchů s retenčním tělesem	7
4.1 Varianty zpevněných propustných povrchů s retenčním tělesem.....	7
4.2 Konstrukční vrstvy	10
4.3 Retenční těleso	11
4.4 Vybavenost	11
4.5 Konstrukční zásady a nároky na výstavbu	12
4.6 Provoz a údržba.....	12
5. Geologický průzkum.....	14
5.1 Projektová příprava	14
5.2 Autorizace k provedení průzkumu	14
5.3 Průběh stavby.....	14
5.4 Terénní zkoušky podloží.....	15
6 Postup dimenzování.....	16
6.1 Závazné požadavky a okrajové podmínky.....	16
6.2 Vstupní data.....	17
6.3 Metodický postup dimenzování.....	17
Metody dimenzování	17
Hydrologická bilance	17
Objem přítoku.....	17
Objem odtoku	18
Postup výpočtu	20
7 Kontrola funkčnosti	21
7.1 Popis terénní zkoušky	21
7.2 Vyhodnocení zkoušky	21
7.3 Autorizace k provedení zkoušky.....	21
Příloha	22
A.1 Vsakovací varianta ZPP-R s retenčním tělesem v podobě rýhy	22
A.2 Vsakovací varianta ZPP-R s drenáží a plošným retenčním tělesem	25

Použitá terminologie

Zpevněný propustný povrch – svrchní vrstva zpevněného propustného povrchu s retenčním tělesem (včetně výplně případných spár/otvorů).

Zpevněný propustný povrch s retenčním tělesem (ZPP-R) – celá konstrukce zpevněného propustného povrchu až po úroveň podloží.

Koeficient vsaku k_v ($m \cdot s^{-1}$) – charakterizuje rychlost infiltrace srážkové vody do horninového prostředí za atmosférického tlaku. Stanoví se dle ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod.

Infiltrační kapacita I_k ($m \cdot s^{-1}$) – charakterizuje rychlost infiltrace srážkové vody do ZPP-R.

1. Úvod

Zpevněné propustné povrchy jsou povrchy z propustného porézního materiálu nebo povrchy z nepropustného materiálu se spárami či otvory, jimiž srážková voda vsakuje do nižších konstrukčních vrstev. Pod konstrukčními vrstvami zpevněného propustného povrchu je umístěno retenční těleso, v němž je dočasně srážková voda retenována a buď zcela, nebo částečně vsakuje do podloží nebo je odváděna drenáží. Společně pak tvoří **zpevněný propustný povrch s retenčním tělesem (ZPP-R)**. Některé druhy zpevněných propustných povrchů mohou zároveň sloužit jako vegetační vrstva v celé své ploše, jiné jsou bez vegetace (např. propustný asfalt či beton). Spáry a otvory nepropustného materiálu mohou být osázeny vegetací (zpravidla zatravněny, např. u dlažby se širokými spárami nebo u vegetačních tvárnic).

V minulosti byl zpevněný propustný povrch považován za prvek, který snižuje odtok z území, tj. snižuje součinitel odtoku dané plochy. Vývoj oboru však ukázal, že pro určení součinitele odtoku zpevněného propustného povrchu je potřeba brát v úvahu nejenom svrchní konstrukční vrstvu, ale celé konstrukční souvrství a související retenční těleso (sloužící k vyrovnání nerovnoměrnosti mezi přítokem srážkové vody a prázdněním retenčního tělesa). Přesné určení součinitele odtoku ZPP-R je však komplexním problémem, je zatíženo celou řadou nejistot a neznámých a neumožňuje dostatečně přesně popsat funkční nároky na ZPP-R. Proto je na místě se zabývat technicky správným návrhem zpevněných propustných povrchů s retenčním tělesem, potřebnými geologickými průzkumy, zásadami stavební kázně při realizaci a kontrolou funkčnosti ZPP-R po jejich realizaci. Správně navržené ZPP-R pak mohou být považovány za jedno z opatření modrozelené infrastruktury.

2. Účel metodické příručky

Účelem metodické příručky je:

- popsat základní typy zpevněných propustných povrchů s retenčním tělesem vzhledem k jejich funkci (vsakovací, vsakovací s drenáží, s drenáží a těsněním),
- definovat zásady geologického průzkumu v rámci projektové přípravy a během stavby,
- definovat postup dimenzování zpevněných propustných povrchů s retenčním tělesem,
- navrhnout metodu pro terénní zkoušku propustnosti zpevněného propustného povrchu po jeho realizaci.

3. Podklady

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

ČSN EN ISO 22282-5 Geotechnický průzkum a zkoušení - Hydrotechnické zkoušky - Část 5: Vsakovací zkoušky

ČSN P 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum

Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v Operačním programu Životní prostředí pro období 2021–2027, verze 06.1, znění účinné od: 01.02.2024

Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hl. m. Prahy, 2021

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami

Vyhláška 206/2001 Sb., o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce

4. Typy zpevněných propustných povrchů s retenčním tělesem

Zpevněné propustné povrchy s retenčním tělesem lze rozdělit podle několika hledisek:

- infiltrační kapacita zpevněného propustného povrchu (tj. svrchní konstrukční vrstvy ZPP-R):
 - propustný, který může být položen v celé ploše a dešťová voda skrze něj prosakuje do konstrukčních vrstev (např. drenážní asfalt či beton, štěrkový trávník),
 - nepropustný, který musí být položen tak, aby byly vytvořeny propustné spáry/otvory, jimiž dochází ke vsaku do konstrukčních vrstev (různé typy dlažeb či roštů),
- typ zpevněného propustného povrchu (tj. svrchní konstrukční vrstvy ZPP-R):
 - štěrkový trávník,
 - zatravňovací voštinové dlaždice/rohože,
 - vegetační tvárnice,
 - dlažba s propustnými spárami s vegetací,
 - dlažba s propustnými spárami bez vegetace,
 - štěrková/kamenná drť,
 - propustný asfalt, beton či jiný materiál,
 - propustný beton,
 - další typy dle výrobce,
- propustnost řešené plochy:
 - propustná v celé ploše, je použita propustná svrchní konstrukční vrstva,
 - propustné v části plochy, svrchní konstrukční vrstva propustná jen ve spárách/otvorech,
- spojení povrchu s vegetací:
 - s vegetací (např. štěrkový trávník, zatravňovací dlažba),
 - bez vegetace (např. drenážní asfalt a beton či dlažba s propustnými spárami/otvory bez vegetace),
- způsob prázdnění ZPP-R:
 - výhradně vsakem,
 - vsakem v kombinaci s drenáží,
 - výhradně drenáží.

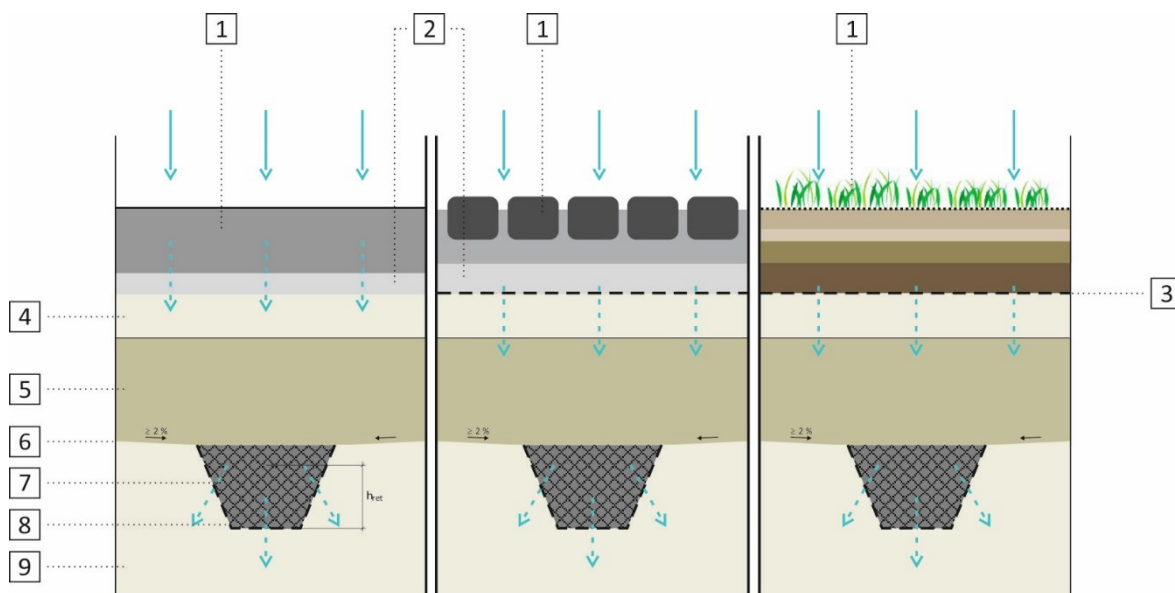
Z hlediska dimenzování ZPP-R je zásadní způsob jeho prázdnění. Jedním z nejvíce podstatných vstupů pro dimenzování jsou pak výstupy geologického průzkumu, který by měl určit zda je vsakování přípustné (zejména z pohledu ochrany podzemní vody) a proveditelné (zejména z hlediska vhodnosti místních geologických podmínek). V případě přípustnosti vsakování pak definuje koeficient vsaku, který je použit pro dimenzování. Detaily provádění geologického průzkumu jsou uvedeny v kapitole 5.

4.1 Varianty zpevněných propustných povrchů s retenčním tělesem

Obecně existují tři typy ZPP-R, které se liší podle způsobu prázdnění konstrukčního souvrství, a to buď výhradně vsakem, vsakem a zároveň drenáží a výhradně drenáží (ve spojení s těsnicí vrstvou, která zabraňuje vsaku).

Vsakovací varianta ZPP-R je prázdněna výhradně vsakem do podloží bez odtoku drenáží. Konstrukční uspořádání je na Obr. 1. Varianta je vhodná tam, kde:

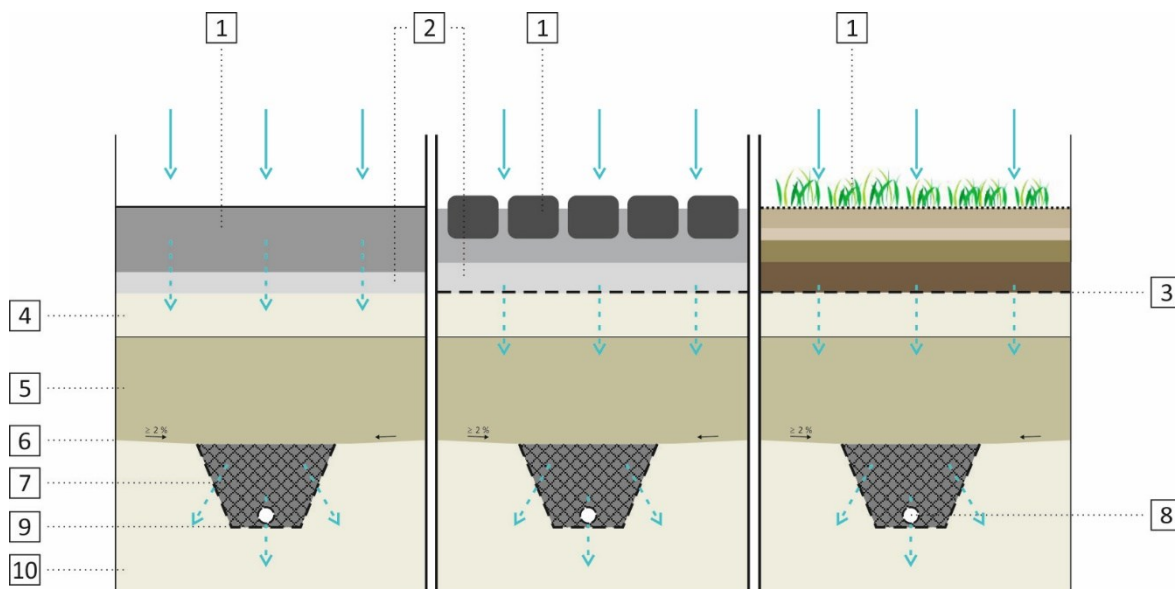
- jsou dobré vsakovací podmínky, tj. koeficient vsaku $\geq 5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (kritérium proveditelnosti),
- není ohrožena jakost podzemní vody (kritérium přípustnosti),
- nejsou ohroženy geotechnické vlastnosti podloží (kritérium přípustnosti),
- není ohrožena stabilita svahu či okolní zástavby (kritérium přípustnosti),
- je úroveň dna retenčního tělesa nad hladinou podzemní vody (kritérium přípustnosti).



Obr. 1 – Konstruktivní uspořádání vsakovacího ZPP-R (legenda: 1 – různé typy zpevněného propustného povrchu, 2 – vyrovnávací vrstva, 3 – geotextilie (v případě potřeby), 4 – propustná roznášecí vrstva (v případě potřeby), 5 – nosná a čistící vrstva, 6 – konstrukční pláň, 7 – retenční těleso, 8 – geotextilie (v případě potřeby), 9 – podloží (upraveno z: Standardy HDV HMP, 2021)

Vsakovací varianta ZPP-R doplněná drenáží je prázdněna vsakem do podloží a odtokem drenáží. Konstruktivní uspořádání je na Obr. 2. Varianta je vhodná tam, kde:

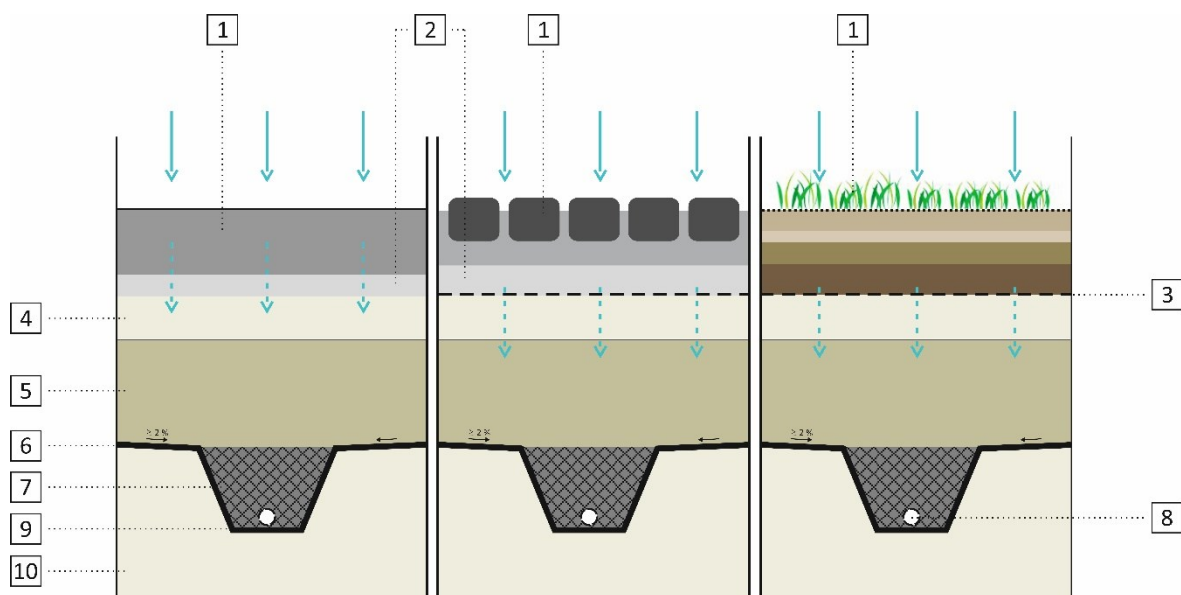
- jsou nedostatečné vsakovací podmínky, tj. koeficient vsaku $< 5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (kritérium proveditelnosti),
- není ohrožena jakost podzemní vody (kritérium přípustnosti),
- nejsou ohroženy geotechnické vlastnosti podloží (kritérium přípustnosti),
- není ohrožena stabilita svahu či okolní zástavby (kritérium přípustnosti),
- je úroveň dna retenčního tělesa nad hladinou podzemní vody (kritérium přípustnosti).



Obr. 2 – Konstruktivní uspořádání vsakovacího ZPP-R s drenáží (legenda: 1 – různé typy zpevněného propustného povrchu, 2 – vyrovnávací vrstva, 3 – geotextilie (v případě potřeby), 4 – propustná roznášecí vrstva (v případě potřeby), 5 – nosná a čistící vrstva, 6 – konstrukční pláň, 7 – retenční těleso, 8 – drenážní potrubí, 9 – geotextilie (v případě potřeby), 10 – podloží (upraveno z: Standardy HDV HMP, 2021)

Varianta ZPP-R s drenáží a těsněním je prázdněna výhradně drenáží a musí být utěsněna tak, aby bylo zabráněno vsaku do podloží. Konstrukční uspořádání je na Obr. 3. Varianta je vhodná tam, kde:

- je ohrožena jakost podzemní vody (kritérium přípustnosti) nebo
- jsou ohroženy geotechnické vlastnosti podloží (kritérium přípustnosti) nebo
- je ohrožena stabilita svahu či okolní zástavby (kritérium přípustnosti) nebo
- není úroveň dna retenčního tělesa nad hladinou podzemní vody (kritérium přípustnosti).



Obr. 3 – Konstrukční uspořádání ZPP-R s drenáží a těsněním (legenda: 1 – různé typy zpevněného propustného povrchu, 2 – vyrovnávací vrstva, 3 – geotextilie (v případě potřeby), 4 – propustná roznášecí vrstva (v případě potřeby), 5 – nosná a čistící vrstva, 6 – konstrukční plášť, 7 – retenční těleso, 8 – drenážní potrubí, 9 – těsnění, 10 – podloží (upraveno z: Standardy HDV HMP, 2021)

Kritéria přípustnosti a proveditelnosti, od nichž se odvíjí volba vhodné varianty ZPP-R jsou shrnuta v Tab. 1.

Tab. 1 – Kritéria přípustnosti a proveditelnosti

POSOUZENÍ	KRITÉRIA
Přípustnost	Ohrožení jakosti podzemní vody Ohrožení geotechnických vlastností podloží Ohrožení stability svahu či okolní zástavby Úroveň hladiny podzemní vody
Proveditelnost	Koeficient vsaku k_v

Srovnání použitelnosti jednotlivých variant ZPP-R je uvedeno v Tab. 2.

Tab. 2 – Základní rozdíly mezi jednotlivými variantami zpevněných propustných povrchů

VARIANTA ZPP-R	PRÁZDNĚNÍ		MÍSTNÍ PODMÍNKY	
	vsak	drenáž	přípustnost	proveditelnost
Vsakovací	✓	✗	✓	✓
Vsakovací s drenáží	✓	✓	✓	✗
S drenáží a těsněním	✗	✓	✗	✓/✗

Přehledné shrnutí uplatnění vybraných konstrukčních vrstev u jednotlivých variant ZPP-R je v Tab. 3.

Tab. 3 – Základní konstrukční rozdíly mezi jednotlivými variantami zpevněných propustných povrchů (vybrané konstrukční vrstvy)

VARIANTA ZPP-R	VYBRANÉ KONSTRUKČNÍ VRSTVY A RETENČNÍ TĚLESO		
	nosná a čisticí vrstva	těsnicí vrstva	retenční těleso
Vsakovací	✓	✗	✓
Vsakovací s drenáží	✓	✗	✓
S drenáží a těsněním	✓	✓	✓

4.2 Konstrukční vrstvy

Zpevněný propustný povrch (tj. svrchní konstrukční vrstva) musí mít:

- infiltrační kapacitu minimálně $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (je-li propustný v celé ploše),
- infiltrační kapacitu spár/otvorů minimálně $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (dochází-li ke vsaku pouze spárami či otvory).

Uvedený požadavek se uplatňuje u všech variant ZPP-R.

Všechny níže položené konstrukční vrstvy musí být dostatečně propustné, aby převedly návrhovou srážku (platí pro všechny varianty ZPP-R). Přehled požadované propustnosti konstrukčních vrstev a retenčního tělesa je uveden v Tab. 4.

Tab. 4 – Požadovaná minimální propustnost jednotlivých konstrukčních vrstev

KONSTRUKČNÍ VRSTVA	POŽADOVANÁ PROPUSTNOST
Zpevněný propustný povrch (tj. svrchní vrstva ZPP-R) ¹	Infiltrační kapacita $\geq 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Vyrovnávací vrstva	Infiltrační kapacita minimálně stejná jako propustnost celého povrchu ZPP-R ² až do hodnoty $1 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Roznášecí vrstva	
Nosná vrstva	
Čisticí vrstva	

¹V případě povrchu se spárami/otvory infiltrační kapacita výplně spár/otvorů

²V případě povrchu se spárami/otvory může být infiltrační kapacita povrchu jako celku menší než $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (ale z hlediska podpory musí být minimálně $5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Nosná a čisticí vrstva mají zpravidla následující složení a lze je vzájemně kombinovat:

- nosná vrstva – zpravidla vrstva praného štěrku frakce 16/32,
- čisticí vrstva – zemina o složení dle TNV 75 9011 (obsah jílu přibližně 10 %; obsah humusu minimálně 3 % (hmotnostní zlomek); hodnota pH 6 až 9) nebo materiál s doloženým certifikátem o vhodnosti pro daný účel.

Těsnicí vrstva může být tvořena hydroizolační fólií, bentonitovými pásy či jílem. Hydroizolační fólie a bentonitové pásy se instalují dle návodu od výrobce, jílové těsnění by mělo mít mocnost minimálně 100 mm.

Těsnicí vrstva se uplatňuje u varianty ZPP-R, kde musí být zabráněno vsaku do podloží.

Ostatní vrstvy, resp. požadavky na ně, se řídí zpravidla dle pokynů výrobce zpevněného propustného povrchu (tj. jeho svrchní konstrukční vrstvy).

4.3 Retenční těleso

Retenční těleso může být odděleno od nosné a čisticí vrstvy tenkou vrstvou jemnější frakce šterku, aby nedocházelo k průniku zeminy do retenčního tělesa. Doporučená výplň je praný šterk frakce 16/32. Retenční objem retenčního tělesa je předmětem dimenzování.

Ve variantách ZPP-R s drenáží může být retenční těleso vybaveno perforovaným drenážním potrubím.

Umístění retenčního tělesa v celé ploše ZPP-R je možné pouze v případech, kdy tím není ohrožena stabilita konstrukce zpevněného propustného povrchu, stabilita okolních staveb a v případě vhodných vsakovacích podmínek (viz kap. 5.1) též zachována propustnost konstrukční pláň.

V ostatních případech je vhodné retenční těleso koncipovat jako podélnou rýhu, případně při větší šířce ZPP-R jako více rýh (zpravidla v paralelním uspořádání).

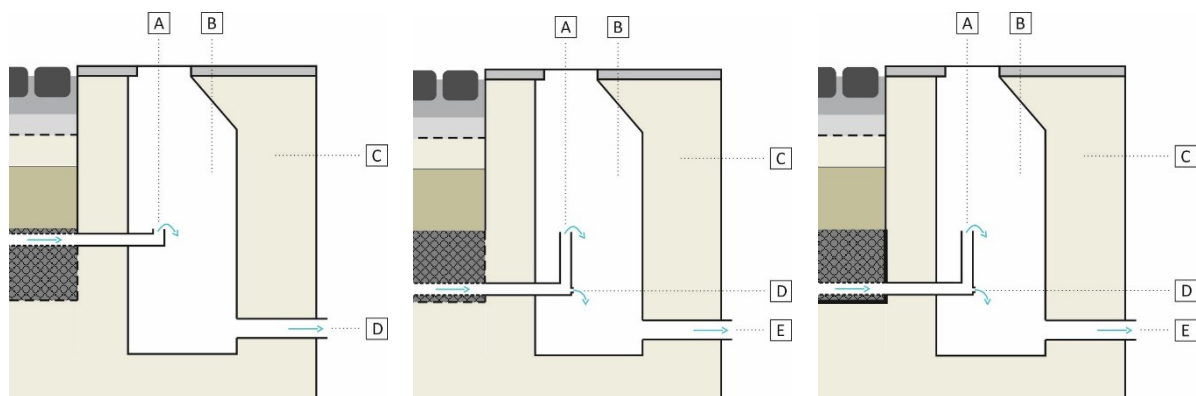
4.4 Vybavenost

Mezi základní prvky vybavenosti patří:

- bezpečnostní přeliv (všechny varianty ZPP-R),
- drenážní potrubí (varianty ZPP-R s drenáží),
- regulace odtoku (varianty ZPP-R s drenáží).

Bezpečnostní přeliv povrchu má za cíl zabránit zaplavení povrchu plochy v případě, kdy je naplněna retenční kapacita retenčního tělesa. Lze jej realizovat přetokem nadbytečného srážkového odtoku do okolní vegetace či objektu modrozelené infrastruktury (např. průlehu), který je umístěn poblíž řešené plochy, případně prostřednictvím dešťových vpustí mírně vyvýšených nad úroveň povrchu (tak aby nezpůsobovaly riziko při pohybu chodců, cyklistů a vozidel).

Bezpečnostní přeliv retenčního tělesa lze realizovat např. bezpečnostním přelivem umístěným v revizní šachtě (Obr. 4). Za retenční objem retenčního tělesa je pak uvažován prostor pod úrovní bezpečnostního přelivu.



Obr. 4 – Řešení bezpečnostního přelivu v revizní šachtě: vlevo – vsakovací ZPP-R, ve středu – vsakovací ZPP-R s drenáží, vpravo – ZPP-R s drenáží a těsněním (legenda: A – bezpečnostní přeliv, B – revizní šachta, C – půdní a horninové prostředí, D – regulátor odtoku, E – odtok do povrchových vod/kanalizace)

Drenážní potrubí by mělo horizontálně sahat alespoň 1 m do retenčního tělesa. Perforace musí mít dostatečnou kapacitu aby převedly návrhové průtoky a zároveň nesmí být větší než kamenivo, které je použito jako výplň retenčního tělesa. Perforace musí být provedeny výrobcem, nesmí být prováděny

přímo na staveništi. Kapacita potrubí musí být dostatečná pro převedení návrhového průtoku. Konce drenážních potrubí, které jsou v kontaktu s materiálem výplně retenčního tělesa musí být zaslepeny.

Regulace odtoku je zpravidla prováděna clonou o minimální kapacitě $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Regulace odtoku není nutná ve výjimečných případech, kdy je odtok z retenčního tělesa odveden do okolních nezpevněných ploch k závlaze vegetace, dalšímu vsaku do podloží, případně akumulaci a zbytek nevyužitě srážkové vody je zadržen v retenčním objektu dle TNV 75 9011 a regulovaně odveden do recipientu (povrchové vody, příp. jednotné kanalizace).

4.5 Konstrukční zásady a nároky na výstavbu

Nejdůležitější konstrukční zásady společné pro všechny varianty zpevněných propustných povrchů jsou:

- zajištění dostatečné propustnosti retenčního tělesa ZPP-R (tj. rozhraní retenčního tělesa a podloží), platí v případě vsakovacích variant ZPP-R,
- zabránění vnosu bahna a sedimentů na povrch z okolních ploch v co největší míře,
- dodržení deklarovaného maximálního zatížení v případě prefabrikovaných výrobků.

U variant ZPP-R s drenáží je navíc nutné dostatečné vypádování konstrukční pláně směrem k retenčnímu tělesu (sklon minimálně 2 %).

Dále je při výstavbě nutné dodržet správné uložení a hutnění všech konstrukčních vrstev, pokládat propustné povrchy až po ukončení prašných stavebních prací a u vsakovacích variant ZPP-R zachovat propustnost podloží.

V případě svažitých pozemků (orientačně 3 % a více) nemůže být využit celý retenční objem retenčního tělesa, proto je vhodné využití příčných hrázek, které umožní lepší využití retenčního prostoru. U variant ZPP-R s drenáží je nutné do hrázek osadit propojovací potrubí s kapacitou, která umožní zadržení vody na nátokové straně a zároveň pozvolné prázdnění retenčního prostoru po dešti. Variantou k hrázkám je využití teras.

4.6 Provoz a údržba

Pravidelná kontrola a údržba je zásadní pro dlouhodobě správnou funkci ZPP-R. Kontrola a údržba by měla být prováděna odborným subjektem na základě stanoveného plánu údržby.

Před předáním stavby by mělo být zkontrolováno, zda nedochází k ucpávání, zanášení odpadky, růstu plevele či vzniku kaluží na povrchu a případné závady by měly být odstraněny.

Zpevněné propustné povrchy je třeba pravidelně čistit od bahna a jiných sedimentů kartáčováním a vakuovým vysáváním, aby se zachovala jejich vsakovací schopnost. Obecně stačí čištění povrchu jednou ročně, ve specifických případech může být četnost čištění upravena. Při čištění je třeba dbát na to, aby spolu s odstraněním sedimentů nedošlo k odstranění materiálu ve spárách/otvorech, případně musí být tento materiál doplněn.

Obecně platí, že zpevněné propustné povrchy vyžadují v zimě méně častý posyp, aby se zabránilo tvorbě náledí. Menší je i riziko tvorby ledu po tání sněhu, protože voda z tání odtéká přímo do podkladových vrstev a nemá příležitost znovu zmrznout.

Základní kroky provozu a údržby jsou následující:

- kartáčování a vakuové vysávání – 1x ročně na podzim po úklidu napadaného listí (pouze pro porézní dlažbu, mezerovitý beton či drenážní asfalt),

- výměna materiálu ve spárách/otvorech (u ploch bez vegetačních prvků), hloubkové čištění – dle potřeby obvykle 1x za 4 roky,
- údržba vegetace dle jejího typu (je-li přítomna),
- kontrola poškození povrchu – 1x ročně,
- kontrola a čištění výtokového potrubí drenáže, případně regulátoru odtoku – 2x ročně a po větších deštích (uplatní se u ZPP-R s retenčním tělesem).

Každý ZPP-R má mít zpracovaný Plán údržby.

5. Geologický průzkum

5.1 Projektová příprava

Součástí projektové přípravy je posouzení ZPP-R z hlediska přípustnosti a proveditelnosti daného řešení.

Z hlediska přípustnosti se jedná o stanovení úrovně hladiny podzemní vody, zajištění ochrany vodních zdrojů a jejich ochranných pásem, ochrany sousedních staveb, ochrany svahové stability území, nešíření antropogenního znečištění apod.

Z hlediska proveditelnosti se jedná o posouzení propustnosti podloží ZPP-R (rostlý nebo upravený terén) pro srážkovou vodu dopadající na zpevněný propustný povrch.

Přípustnost a proveditelnost realizace ZPP-R se stanoví na základě závěrů Orientačního geologického průzkumu pro vsakování v souladu s ČSN 75 9010, který mimo jiné charakterizuje vsakovací parametry podloží zkoumané lokality pomocí koeficientu vsaku (k_v).

Mezní hodnotou z hlediska propustnosti při rozhodování o využitelnosti vsakovací kapacity horninového prostředí v podloží ZPP-R je hodnota koeficientu vsaku $k_v = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Požadované hodnoty k_v musí být dosaženo v podloží ZPP-R ve vrstvě mocné minimálně 1 m.

Závěrem geologického průzkumu je hodnocení projekčního řešení ZPP-R z hlediska přípustnosti a proveditelnosti:

vhodné – realizace ZPP-R je možná z hlediska přípustnosti i proveditelnosti (vsakování srážkových vod neohrozí ekosystém a stabilitu území, koeficient vsaku $k_v \geq 5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

podmínečně vhodné – realizace ZPP-R je možná z hlediska přípustnosti. Pokud Orientační geologický průzkum stanoví $k_v < 5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, je nutné tento parametr ověřit Podrobným geologickým průzkumem dle ČSN 75 9010

nevhodné – realizace ZPP-R není možná z hlediska přípustnosti

Na základě závěrů Geologického průzkumu stanoví projektant Variantu konstrukčního uspořádání ZPP R (kap. 4.1), respektive požadavky na odvodnění, počet terénních zkoušek v průběhu stavby (kap. 5.3) a počet zkoušek po dokončení stavby (kap. 7).

5.2 Autorizace k provedení průzkumu

Řešitelem geologického průzkumu pro vsakování může být právnická nebo fyzická osoba, která disponuje příslušnými oprávněními k provádění inženýrskogeologických a hydrogeologických průzkumů dle Vyhlášky č. 206/2001 Sb.

5.3 Průběh stavby

V průběhu stavby ZPP-R se provádí terénní zkoušky propustnosti v případě zjištění nesouladu mezi projektem a skutečností po odkrytí podloží (konstrukční pláň) nebo na základě požadavků stanovených v projektu ZPP-R.

Příkladem může být zjištění nesouladu (nižší propustnost, výskyt hladiny podzemní vody, výskyt antropogenního znečištění) mezi projektem a skutečností po odkrytí konstrukční pláň ZPP-R. V takovém případě se provede doplňkový geologický průzkum pro vsakování dle ČSN 75 9010, který stanoví skutečný stav podloží a doporučí úpravu projektu (výměna podloží, realizace drenáže apod.).

5.4 Terénní zkoušky podloží

Terénní zkoušky podloží (konstrukční pláň) se provádí v rámci geologického průzkumu za účelem stanovení (ověření) propustnosti podloží ZPP-R, která je vyjádřena hodnotou koeficientu vsaku k_v .

Terénní zkoušky podloží se provádí v souladu s ČSN 75 9010.

Terénní zkoušky v průběhu stavby (na konstrukční pláni před položením konstrukční vrstvy) se mohou provádět i v případě požadavku stanoveném v projektu.

Terénní zkoušky vyhodnocuje právnická nebo fyzická osoba, která disponuje příslušnými oprávněními k provádění inženýrskogeologických a hydrogeologických průzkumů dle Vyhlášky č. 206/2001 Sb.

6 Postup dimenzování

6.1 Závazné požadavky a okrajové podmínky

Zpevněný propustný povrch (tj. jeho svrchní konstrukční vrstva) musí mít jako celek infiltrační kapacitu:

- minimálně $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, je-li propustný v celé ploše,
- minimálně $5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, je-li propustný pouze otvory/spárami, přičemž infiltrační kapacita spár/otvorů musí být minimálně $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Infiltrační kapacita musí být doložena informací od výrobce, zkouškou či výpočtem.

Svedení srážkové vody ze sousedních ploch na povrch ZPP-R je možné pouze v případě, že:

- Infiltrační kapacita zpevněného propustného povrchu (tj. jeho svrchní konstrukční vrstvy jako celku) je minimálně $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,
- srážkový odtok není nadměrně znečištěn (viz níže),
- jsou splněny ostatní požadavky uvedené v této příručce.

Maximální výměra sousedních ploch, ze kterých může být při splnění výše uvedených podmínek srážkový odtok sveden na ZPP-R, je 100 % plochy ZPP-R.

Je-li infiltrační kapacity $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dosaženo pouze ve spárách, ale povrch jako celek má nižší infiltrační kapacitu, není dovoleno na něj svádět srážkový odtok ze sousedních ploch¹.

Na ZPP-R nesmí být přiváděn srážkový odtok z vysoce frekventovaných pozemních komunikací, parkovišť nákladních aut, odstavišť autobusů a stavební techniky, autovrakovišť, komunikací zemědělských areálů a dalších ploch, u nichž hrozí závažné znečištění srážkového odtoku.

Regulace odtoku v případě nepřístupnosti či neproveditelnosti vsakování (tj. v případech, kdy je retenční těleso prázdňeno drenáží či kombinací drenáže a vsaku) je vyžadována a řídí se následujícími pravidly:

- je-li regulační prvek osazen na odtoku z retenčního tělesa ZPP-R, nesmí přípustný specifický odtok $q_{\text{příp}}$ přesáhnout hodnotu $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$; zároveň je minimální regulovaný odtok stanoven jako $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$,
- je-li osazeno více regulačních prvků, nesmí součet jejich kapacit přesáhnout hodnotu regulovaného odtoku pro celé řešené území²,
- umožňují-li to místní podmínky, je vhodné odtok z regulačního prvku dále využít,
- není-li ve výjimečných případech odtok z ZPP-R regulován, musí být v maximální možné míře využita možnost gravitačního odtoku srážkové vody z retenčního tělesa do okolních nezpevněných ploch k závlaze vegetace, dalšímu vsaku do podloží, případně akumulaci; zbytek

¹ Je-li např. výměra spár na celkové výměře ZPP-R 15 % a jejich propustnost je $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, lze infiltrační kapacitu povrchu pro potřeby dimenzování orientačně spočítat jako $0,15 \times 5 \cdot 10^{-4} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Reálná infiltrační kapacita je pak stanovena terénní zkouškou po realizaci nového povrchu (viz kap. 7).

² Typický příklad: řešené území má výměru 1000 m^2 , povolený odtok je tedy $0,1 \text{ ha} \times 3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1} = 0,3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, což je hodnota menší, než $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, tj. pro regulaci se uplatní hodnota $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Retenční těleso je řešeno jako tři paralelní rýhy se vzájemným odstupem 10 m. Odtok z retenčních rýh je nutné před regulačním prvkem spojit a až následně provést regulaci odtoku na požadovaných $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (tj. je nepřístupné, aby řešené území bylo fiktivně rozděleno na tři části příslušné jednotlivým retenčním rýhám, z nichž by každá měla vlastní regulační prvek s kapacitou $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$).

nevyužité srážkové vody musí být zadržen v retenčním objektu dle TNV 75 9011 a regulovaně odveden do recipientu.

Retenční těleso ZPP-R se dimenzuje tak, aby:

- k jeho přetížení došlo maximálně 1x za 5 let ($p = 0,2$),
- doba prázdnění při jeho 70% naplnění byla maximálně 24 hodin, případně byl vytvořen dodatečný retenční objem (nelze-li podmínku vyprázdnění do 24 hodin splnit).

6.2 Vstupní data

Vstupními daty pro dimenzování retenčního tělesa ZPP-R jsou informace o:

- výměře zpevněného propustného povrchu, případně sousedních ploch, z nichž je srážkový odtok sveden na ZPP-R,
- součinitelích odtoku sousedních ploch, z nichž je srážkový odtok sveden na ZPP-R,
- vsakovací schopnosti podloží, vyjádřené koeficientem vsaku k_v (stanoveným v souladu s postupem uvedeným v kapitole 5),
- návrhových srážkách ve formě IDF křivek (blokové deště) (např. z ČSN 75 9010).

6.3 Metodický postup dimenzování

Metody dimenzování

Retenční těleso ZPP-R lze dimenzovat několika metodami:

- bilancemi s blokovými dešti z IDF křivek (ZPP-R jako samostatné objekty),
- jednoduchou simulací (v případě sériového zapojení ZPP-R do jednoduchých systémů MZI),
- podrobnou simulací (v případě sériového zapojení ZPP-R do komplexních systémů MZI).

V současné době není dimenzování retenčního tělesa ZPP-R upraveno v žádné z příslušných technických norem. Tento materiál uvádí postup návrhu ZPP-R pomocí bilance s blokovými dešti z IDF křivek, postup dimenzování pomocí jednoduché a podrobné simulace lze využít analogicky dle Standardů hospodaření se srážkovými vodami na území hl. m. Prahy (2021).

Hydrologická bilance

Bilance s blokovými dešti je založena na hydrologické bilanci:

$$V_{\text{ret}} = V_{\text{přítok}} - V_{\text{odtok}}, \quad (1)$$

kde

V_{ret} je objem retenčního tělesa ZPP-R v m^3 (předmět návrhu),

$V_{\text{přítok}}$ je objem srážkové vody, který dopadne na ZPP-R zvýšený o objem srážkového odtoku ze sousedních ploch (jsou-li na ZPP-R napojeny) v m^3 ,

V_{odtok} je objem odtoku z retenčního tělesa ZPP-R, a to vsakem, odtokem drenáží nebo jejich součtem v m^3 .

Objem přítoku

Objem přítoku $V_{\text{přítok}}$ se spočte následovně:

$$V_{\text{přítok}} = h_{\text{srážka}} \cdot A_{\text{red}} / 1000 \quad (2)$$

kde

$h_{\text{srážka}}$ je úhrn blokového deště z IDF křivky v mm,

A_{red} je redukovaná odvodňovaná plocha v m^2 .

Výpočet redukované odvodňované plochy A_{red} se provede následovně:

$$A_{red} = A_{ZPP} + \sum A_{SP,i} \cdot \psi_{SP,i} \quad (3)$$

kde

A_{ZPP} je celková výměra zpevněného propustného povrchu v m^2 (neredukuje se součinitelem odtoku),

$A_{SP,i}$ je výměra sousední plochy, z níž je srážková voda na ZPP-R svedena v m^2 ,

$\psi_{SP,i}$ je součinitel odtoku sousední plochy, z níž je srážková voda na ZPP svedena (bezrozměrný).

Objem odtoku

Objem odtoku je součtem objemu srážkové vody vsáknuté do podloží V_{vsak} a objemu odtoku drenáží $V_{drenáž}$, tj.:

$$V_{odtok} = V_{vsak} + V_{drenáž} \quad (4)$$

kde

V_{vsak} je objem vody vsáknuté do podloží v m^3 ,

$V_{drenáž}$ je objem vody odteklé drenáží v m^3 ,

V_{vsak} a $V_{drenáž}$ se uplatní dle varianty ZPP-R (Tab. 5).

Tab. 5 – Způsob prázdění ZPP-R dle jeho varianty

VARIANTA ZPP	V_{odtok}	
	V_{vsak}	$V_{drenáž}$
Vsakovací	✓	✗
Vsakovací s drenáží	✓	✓
S drenáží a těsněním	✗	✓

Objem vody vsáknuté do podloží V_{vsak} se stanoví jako:

$$V_{vsak} = A_{vsak} \cdot k_v \cdot t / f \quad (5)$$

kde

A_{vsak} je střední vsakovací plocha retenčního tělesa ZPP-R,

k_v je koeficient vsaku podloží v $m \cdot s^{-1}$,

t je doba trvání blokového deště v s ,

f je součinitel bezpečnosti vsaku (bezrozměrný).

Součinitel bezpečnosti vsaku se uvažuje hodnotou $f = 2$.

Objem vody odteklé drenáží $V_{drenáž}$ se stanoví v závislosti na tom, zda je na odtoku z retenčního tělesa instalován regulační prvek.

V případě, že je regulační prvek osazen, vypočte se objem odtoku drenáží $V_{\text{drenáž}}$ následovně:

$$V_{\text{drenáž}} = Q_{\text{reg}} \cdot t \quad (6)$$

kde

Q_{reg} je regulovaný odtok v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
 t je doba trvání blokového deště v s.

Regulovaný odtok Q_{reg} se vyjádří jako:

$$Q_{\text{reg}} = (A_{\text{ZPP}} + \sum A_{\text{SP},i}) / 10^7 \cdot q_{\text{příp}} \quad (7)$$

kde

$q_{\text{příp}}$ je přípustný specifický odtok v $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Specifický přípustný odtok $q_{\text{příp}}$ je uvažován hodnotou $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$. V případě, že výsledek výpočtu Q_{reg} je menší než $0,0005 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, uplatní se pro další výpočet tato hodnota.

V případě, že regulační prvek není osazen, vypočte se orientační objem odtoku drenáží $V_{\text{drenáž}}$ následovně:

$$V_{\text{drenáž}} = Q_{\text{drenáž}} \cdot t \quad (8)$$

kde

$Q_{\text{drenáž}}$ je horizontální průtok retenčním tělesem v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
 t je doba trvání blokového deště v s.

V případě, že je retenční těleso vybaveno drenážním potrubím v celé své délce, je $Q_{\text{drenáž}}$ rovna kapacitě drenážního potrubí.

V případě, že retenční těleso není vybaveno drenážním potrubím lze střední hodnotu $Q_{\text{drenáž}}$ velmi orientačně spočítat na základě Darcyho zákona následovně:

$$Q_{\text{drenáž}} = A_{\text{drenáž}} \cdot k_{\text{DR}} \cdot i / 2 \quad (9)$$

kde

$A_{\text{drenáž}}$ je průtočná plocha retenčního tělesa v m^2 ,
 k_{DR} je koeficient propustnosti retenčního tělesa v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,
 i je hydraulický gradient $\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$.

Koeficient propustnosti retenčního tělesa při použití doporučené výplně (praný štěrk frakce 16/32) lze uvažovat hodnotou $k_{\text{DR}} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Hydraulický gradient lze zjednodušeně uvažovat shodný se sklonem dna retenčního tělesa směrem k odtoku.

Průtočná plocha $A_{\text{drenáž}}$ se spočte jako:

$$A_{\text{drenáž}} = A_{\text{DR}} \cdot n_{\text{ret}} \quad (10)$$

kde

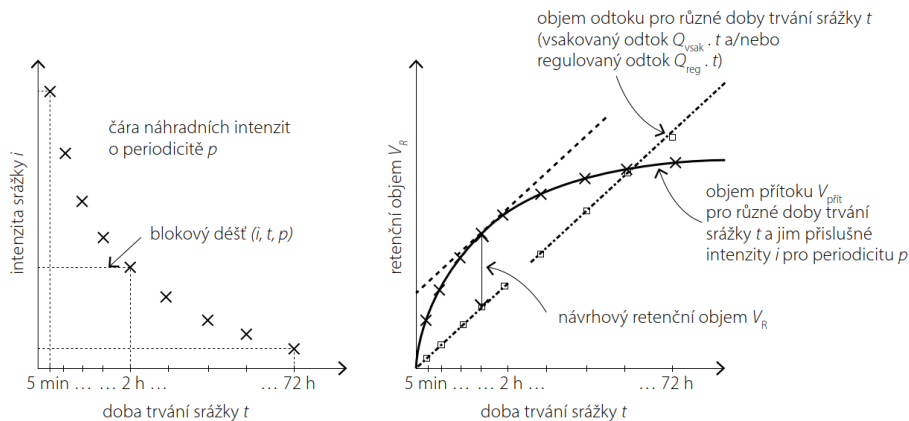
A_{DR} je celkový příčný průřez retenčního tělesa (kolmý na směr odtoku vody) v m^2 ,
 n_{ret} je pórovitost materiálu výplně retenčního tělesa (bezrozměrný).

Při použití doporučené výplně (praný štěrk frakce 16/32) lze uvažovat s pórovitostí $n = 0,30$.

Postup výpočtu

Před vlastním výpočtem hydrologické bilance je potřeba provést konstrukční návrh ZPP-R po úroveň konstrukční pláně.

Pro dimenzování retenčního objemu retenčního tělesa V_{ret} je rozhodující srážka o délce trvání t , která způsobí největší rozdíl mezi objemem přítoku $V_{přítok}$ a objemem odtoku V_{odtok} (Obr. 5).



Obr. 5 – Princip dimenzování retenčního tělesa ZPP-R (zdroj: Standardy hospodaření se srážkovou vodou na území hl. m. Prahy)

To znamená, že výpočet hydrologické bilance musí být proveden pro všechny doby trvání srážky z IDF křivek (zpravidla 5 min až 72 h). Platí:

$$V_{ret} = \max(V_{ret,5min}, V_{ret,10min}, \dots, V_{ret,72h}) \quad (11)$$

kde

$V_{ret, \dots}$ je výsledek výpočtu hydrologické bilance pro jednotlivé doby trvání srážky z IDF křivek v m^3 .

Dále se posoudí doba prázdnění retenčního objemu T_{pr} :

$$T_{pr} = 0,7 \cdot V_{ret} / (A_{vsak} \cdot k_v / f + Q_{reg}) / 3600 \quad (12)$$

kde

T_{pr} je doba prázdnění v hod.

Pokud je doba prázdnění $T_{pr} > 24$ h a nelze ji optimalizovat změnou vsakovací plochy, musí být situace řešena jedním z následujících způsobů (případně jejich kombinací):

- snížení výměry napojených sousedních ploch (je-li to relevantní),
- zvýšením retenčního objemu retenčního tělesa o objem vody, který se nestihne vyprázdnit do 24h.

V případě druhé možnosti se postupuje následovně:

$$V_{ret,upravený} = V_{ret,původní} + (1 - 24 / T_{pr}) \cdot 0,7 \cdot V_{ret,původní} \quad (13)$$

kde

$V_{ret,upravený}$ je retenční objem optimalizovaný z důvodu příliš dlouhé doby prázdnění,

$V_{ret,původní}$ je retenční objem spočtený dle rovnice (11).

7 Kontrola funkčnosti

7.1 Popis terénní zkoušky

Terénní zkouška zpevněného propustného povrchu po dokončení stavby má za cíl ověřit správné provedení stavby. Počet zkoušek stanoví Projekt. Požadována je minimálně 1 zkouška na 200 m² povrchu ZPP-R. Terénní zkouška má za cíl stanovení infiltrační kapacity svrchní konstrukční vrstvy ZPP-R, tj. jestli je položený kryt schopný převést srážkovou vodu do spodních konstrukčních vrstev.

Zkouška se provádí v souladu s ČSN EN ISO 22282-5 a ČSN 75 9010.

Průběh zkoušky:

Vsakovací zkušební válec je umístěn na propustný povrch ZPP-R (těsně spojen s krytem). Zkouška probíhá v ustáleném nebo neustáleném režimu hladiny vody ve zkušebním zařízení (válcí). Zkušební válec má plochu A_{zk} minimálně 0,07 m². Umístění zkušebního válce musí být provedeno tak, aby dostatečně přesně reprezentovalo typ a skladbu povrchu ZPP-R (tj. zejména odpovídající zastoupení spár/otvorů).

ustálený režim – válec je plněn pitnou vodou, přičemž je sledován konstantní přítok vody do válce Q_{zk} (m³.s⁻¹) při ustálené hladině vody ve válci. Délka zkoušky je minimálně 30 minut.

neustálený režim - válec je naplněn pitnou vodou (min. objem 0,03 m³) a je sledována doba poklesu t hladiny vody h ve válci, přičemž:

$$Q_{zk} = h \cdot A_{zk} / t \quad (14)$$

Délka zkoušky je minimálně 30 minut.

7.2 Vyhodnocení zkoušky

Vyhodnocení zkoušky se provádí obdobně jako stanovení koeficientu vsaku dle ČSN 75 9010. Výsledkem je stanovení infiltrační kapacity I_k (m.s⁻¹) podle vzorce:

$$I_v = Q_{zk} / A_{zk} \quad (15)$$

kde

I_v	je infiltrační kapacita v m.s ⁻¹ ,
Q_{zk}	je odtok vody ze zkušebního válce v m ³ .s ⁻¹ ,
A_{zk}	je zkušební vsakovací plocha (min. 0,07) během zkoušky v m ² ,
h	je pokles vody ve zkušebním válci při neustáleném proudění v m,
t	je doba poklesu vody ve zkušebním válci při neustáleném proudění v s.

Výsledkem terénní zkoušky je stanovení hodnoty infiltrační kapacity povrchu ZPP-R:

Vysoká infiltrační kapacita - hodnota infiltrační kapacity $I_v \geq 5 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹,

Střední infiltrační kapacita - hodnota infiltrační kapacity $I_v < 5 \cdot 10^{-4}$ a $\geq 5 \cdot 10^{-5}$ m.s⁻¹,

Nízká infiltrační kapacita - hodnota infiltrační kapacity $I_v < 5 \cdot 10^{-5}$ m.s⁻¹.

7.3 Autorizace k provedení zkoušky

Terénní zkoušky vyhodnocuje právnická nebo fyzická osoba, která disponuje příslušnými oprávněními k provádění inženýrskogeologických a hydrogeologických průzkumů dle Vyhlášky č. 206/2001 Sb., §2.

Příloha

A.1 Vsakovací varianta ZPP-R s retenčním tělesem v podobě rýhy

Zadání

Má se stanovit retenční objem retenčního tělesa ZPP-R parkoviště u sportovní haly v obci jižně od Chrudimi. Povrch parkoviště o výměře 1000 m² (50 x 20 m) bude z propustného betonu s deklarovanou infiltrační kapacitou 7.10⁻⁴ m.s⁻¹. Na povrch je plánováno svést srážkový odtok z okolních chodníků (povrch z nepropustného asfaltu) o výměře 200 m². Konstrukce ZPP-R neumožňuje realizaci retenčního tělesa v celé ploše ZPP-R, je proto plánována realizace dvou retenčních těles ve formě podélných rýh o délce 50 m.

Připojení sousedních ploch

Vzhledem k tomu, že deklarovaná infiltrační kapacita plánovaného povrchu ZPP-R je $\geq 5 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹, je možné na ZPP-R připojit srážkový odtok z až 1000 m² sousedních ploch (100 % výměry ZPP-R). Výměra chodníků je 200 m² < 1000 m², je tedy možné je připojit.

Vstupní data

Jedná se o samostatný objekt, pro dimenzování lze použít metodu bilancí s blokovými dešti z IDF křivek. Vybere se IDF křivka pro lokalitu Seč z ČSN 75 9010.

Součinitel odtoku chodníku se uvažuje hodnotou 0,9.

Geologický průzkum stanovil koeficient vsaku $k_v = 5 \cdot 10^{-6}$ m.s⁻¹ a potvrdil přípustnost vsakování, lze tedy použít vsakovací variantu ZPP-R bez drenáže. Doporučená hodnota součinitele bezpečnosti vsaku je $f = 2$.

Hydrologická bilance

Hydrologická bilance se provede pro všechny doby trvání srážky z IDF křivky pro lokalitu Seč (Tab. 6). Níže uvedený číselný příklad výpočtu je proveden pro dobu trvání srážky $t = 60$ min.

Objem přítoku

Redukovaná odvodňovaná plocha je:

$$A_{\text{red}} = A_{\text{ZPP}} + \sum A_{\text{SP},j} \cdot \psi_{\text{SP}} = 1000 + 200 \cdot 0,9 = 1180 \text{ m}^2.$$

Úhrn srážky pro 60 min z IDF křivky je 28,4 mm. Objem přítoku pak je:

$$V_{\text{přítok}} = h_{\text{srážka}} \cdot A_{\text{red}} / 1000 = 28,4 \cdot 1180 / 1000 = 33,51 \text{ m}^3.$$

Objem odtoku

Retenční těleso ZPP-R je prázdně pouze vsakem, vsakovací plocha je však předmětem návrhu, proto je nejprve vsakovací plochu odhadnout (např. jako 10 % z redukované plochy), v dalším postupu dimenzování se pak její velikost iteruje:

$$A_{\text{vsak}} = 0,1 \cdot A_{\text{red}} = 0,1 \cdot 1180 = 118 \text{ m}^2.$$

Odtok vsakem je pak:

$$V_{\text{vsak}} = A_{\text{vsak}} \cdot k_v \cdot t / f = 118 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 60 / 2 = 1,06 \text{ m}^3.$$

Retenční objem

Retenční objem potřebný pro srážku o době trvání 60 min pak je:

$$V_{\text{ret}} = V_{\text{přítok}} - V_{\text{odtok}} = 33,51 - 1,06 = 32,45 \text{ m}^3.$$

Výpočet pro všechny doby trvání deště je v Tab. 6.

Tab. 6 – Výsledek výpočtu hydrologické bilance pro různé doby trvání srážky

DOBA TRVÁNÍ DEŠTĚ Z IDF KŘIVKY	ÚHRN DEŠTĚ Z IDF KŘIVKY	$V_{\text{přít}}$	V_{vsak}	$V_{\text{ret}} = V_{\text{přít}} - V_{\text{vsak}}$
[min]	[mm]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
5	12,5	14,75	0,09	14,66
10	17,9	21,12	0,18	20,95
15	20,6	24,31	0,27	24,04
20	22,2	26,20	0,35	25,84
30	24,5	28,91	0,53	28,38
40	26,2	30,92	0,71	30,21
60	28,4	33,51	1,06	32,45
120	32,3	38,11	2,12	35,99
240	38,4	45,31	4,25	41,06
360	44,0	51,92	6,37	45,55
480	45,2	53,34	8,50	44,84
600	46,5	54,87	10,62	44,25
720	47,8	56,40	12,74	43,66
1080	51,6	60,89	19,12	41,77
1440	54,3	64,07	25,49	38,59
2880	72,6	85,67	50,98	34,69
4320	84,6	99,83	76,46	23,36

Největší nárok na retenční objem vytváří srážky o době trvání 360 min, a to $V_{\text{ret}} = 45,55 \text{ m}^3$.

Posouzení doby prázdnění

Dobu prázdnění 70 % vypočteného retenčního objemu lze spočítat:

$$T_{\text{pr}} = 0,7 \cdot V_{\text{ret}} / (A_{\text{vsak}} \cdot k_v / f) / 3600 = 0,7 \cdot 45,55 / (118 \cdot 5 \cdot 10^{-6} / 2) = 30,02 \text{ h.}$$

Vzhledem k tomu, že T_{pr} je větší než požadovaných 24 h, je potřeba zvětšit vaskovací plochu A_{vsak} .

Iterace retenčního objemu

Iterací A_{vsak} bylo zjištěno, že potřebná vsakovací plocha je $143,2 \text{ m}^2$. Výpočet hydrologické bilance je v Tab. 7.

Doba prázdnění 70 % vypočteného retenčního objemu:

$$T_{\text{pr}} = 0,7 \cdot V_{\text{ret}} / (A_{\text{vsak}} \cdot k_v / f) / 3600 = 0,7 \cdot 44,19 / (143,2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} / 2) = 24,00 \text{ h.}$$

Doba prázdnění vyhovuje podmínce vyprázdnění 70 % retenčního objemu do 24 h, výsledný retenční objem je tedy $44,19 \text{ m}^3$.

Tab. 7 - Výsledek výpočtu hydrologické bilance pro upravenou vsakovací plochu

DOBA TRVÁNÍ DEŠTĚ Z IDF KŘIVKY	ÚHRN DEŠTĚ Z IDF KŘIVKY	$V_{\text{přít}}$	V_{vsak}	$V_{\text{ret}} = V_{\text{přít}} - V_{\text{vsak}}$
[min]	[mm]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
5	12,5	14.75	0.11	14.64
10	17,9	21.12	0.21	20.91
15	20,6	24.31	0.32	23.99
20	22,2	26.20	0.43	25.77
30	24,5	28.91	0.64	28.27
40	26,2	30.92	0.86	30.06
60	28,4	33.51	1.29	32.22
120	32,3	38.11	2.58	35.54
240	38,4	45.31	5.16	40.16
360	44,0	51.92	7.73	44.19
480	45,2	53.34	10.31	43.03
600	46,5	54.87	12.89	41.98
720	47,8	56.40	15.47	40.94
1080	51,6	60.89	23.20	37.69
1440	54,3	64.07	30.93	33.14
2880	72,6	85.67	61.86	23.81
4320	84,6	99.83	92.79	7.04

Návrh retenčních rýh

Pod konstrukci ZPP-R jsou podélně umístěny dvě rýhy s roztečí 10 m, tj. každá má délku 50 m a obsluhuje půlku šířky parkoviště a chodníků (tj. stejný objem přítoku).

Objem každé z retenčních rýh musí být

$$V_{\text{ret,rýha}} = 44,19 \text{ m}^3 / 2 = 22,1 \text{ m}^3.$$

Předpokládá se výplň prarým štěrkem 16/32 o pórovitosti $n_{\text{ret}} = 0,3$. Rýhy mají lichoběžníkový tvar se sklonem boků 1:1.

Střední vsakovací plocha každé z rýh musí být:

$$A_{\text{vsak,rýha}} = 143,2 / 2 = 71,6 \text{ m}^2.$$

Střední vsakovací plocha je uvažována jako půdorysný průmět plochy rýhy při polovičním plnění účinného retenčního prostoru, tj. při $0,5 \cdot h_{\text{ret,max}}$. Střední šířku rýhy $B_{\text{rýha}}$ lze při její pevně dané délce $L_{\text{rýha}} = 50 \text{ m}$ spočítat jako:

$$B_{\text{rýha}} = A_{\text{vsak,rýha}} / L_{\text{rýha}} = 71,6 / 50 = 1,43 \text{ m}.$$

Aby byl splněn požadovaný retenční objem, je nutné vyjádřit účinnou hloubku retenční rýhy $h_{\text{rýha}}$:

$$h_{\text{rýha}} = V_{\text{ret,rýha}} / (B_{\text{rýha}} \cdot L_{\text{rýha}}) / n_{\text{ret}} = 22,1 / (1,43 \cdot 50) / 0,3 = 1,03 \text{ m}.$$

Rozměr každé z rýh tedy bude (při sklonu boků 1:1):

- $L_{rýha} = 50 \text{ m}$,
- $B_{rýha} = 0,92 \text{ m}$ (šířka ve dně), $1,95 \text{ m}$ (šířka v koruně)
- $h_{rýha} = 1,03 \text{ m}$.
-

A.2 Vsakovací varianta ZPP-R s drenáží a plošným retenčním tělesem

Zadání

Má se stanovit retenční objem retenčního tělesa ZPP-R dětského hřiště v obci ležící v horské lokalitě. Povrch hřiště o výměře 1200 m^2 ($40 \times 30 \text{ m}$) bude ze štěrkového trávníku s deklarovanou infiltrační kapacitou $5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na povrch je plánováno svést srážkový odtok z okolních ploch (povrch z nepropustného asfaltu) o výměře 700 m^2 . Konstrukce ZPP-R umožňuje realizaci retenčního tělesa v celé ploše ZPP-R.

Připojení sousedních ploch

Vzhledem k tomu, že deklarovaná infiltrační kapacita plánovaného povrchu ZPP-R je $\geq 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, je možné na ZPP-R připojit srážkový odtok z až 1200 m^2 sousedních ploch (100 % výměry ZPP-R). Výměra asfaltu je $700 \text{ m}^2 < 1200 \text{ m}^2$, je tedy možné jej připojit.

Vstupní data

Jedná se o samostatný objekt, pro dimenzování lze použít metodu bilancí s blokovými dešti z IDF křivek. Vybere se IDF křivka pro horské lokality z ČSN 75 9010.

Součinitel odtoku asfaltových ploch se uvažuje hodnotou 0,9.

Geologický průzkum stanovil koeficient vsaku $k_v = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (tj. vsakování je neproveditelné), ale potvrdil přípustnost vsakování, lze tedy použít variantu ZPP-R s drenáží a omezeným vsakem. Doporučená hodnota součinitele bezpečnosti vsaku je $f = 2$.

Hydrologická bilance

Hydrologická bilance se provede pro všechny doby trvání srážky z IDF křivky pro horské lokality (Tab. 8). Níže uvedený číselný příklad výpočtu je proveden pro dobu trvání srážky $t = 120 \text{ min}$.

Objem přítoku

Redukovaná odvodňovaná plocha je:

$$A_{red} = A_{ZPP} + \sum A_{SP,i} \cdot \psi_{SP} = 1200 + 700 \cdot 0,9 = 1830 \text{ m}^2.$$

Úhrn srážky pro 120 min z IDF křivky je 39,7 mm. Objem přítoku pak je:

$$V_{přítok} = h_{srážka} \cdot A_{red} / 1000 = 39,7 \cdot 1830 / 1000 = 72,65 \text{ m}^3.$$

Objem odtoku

Retenční těleso ZPP-R je prázdně částečně vsakem a částečně regulovaným odtokem.

Vsakovací plocha je pevně daná a odpovídá výměře ZPP-R:

$$A_{vsak} = A_{ZPP} = 1200 \text{ m}^2.$$

Odtok vsakem je pak:

$$V_{vsak} = A_{vsak} \cdot k_v \cdot t / f = 1200 \cdot 5 \cdot 10^{-7} \cdot 120 \cdot 60 / 2 = 2,16 \text{ m}^3.$$

Pro výpočet odtoku drenáží, resp. regulačním prvkem je potřeba nejdříve spočítat povolený regulovaný odtok jako (přípustný specifický odtok $q_{přip} = 3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$):

$$Q_{reg} = (A_{ZPP} + \sum A_{SP,i}) / 10^7 \cdot q_{přip} = (1200 + 700) / 10^7 \cdot 3 = 0,00057 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1},$$

$$Q_{reg} > 0,0005 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}, \text{ uplatní se } Q_{reg} = 0,00057 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}.$$

Objem odtoku drenáží je pak vypočten:

$$V_{drenáž} = Q_{reg} \cdot t = 0,00057 \cdot 120 \cdot 60 = 4,10 \text{ m}^3.$$

Celkový objem odtoku pak je:

$$V_{odtok} = V_{vsak} + V_{drenáž} = 2,16 + 4,10 = 6,26 \text{ m}^3.$$

Retenční objem

Retenční objem potřebný pro srážku o době trvání 120 min pak je:

$$V_{ret} = V_{přítok} - V_{odtok} = 72,65 - 6,26 = 66,39 \text{ m}^3.$$

Výpočet pro všechny doby trvání deště je v Tab. 8.

Tab. 8 – Výsledek výpočtu hydrologické bilance pro různé doby trvání srážky

DOBA TRVÁNÍ DEŠTĚ Z IDF KŘIVKY	ÚHRN DEŠTĚ Z IDF KŘIVKY	$V_{přít}$	V_{vsak}	$V_{ret} = V_{přít} - V_{vsak}$
[min]	[mm]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
5	10,4	19,03	0,26	18,77
10	14,5	26,54	0,52	26,01
15	17,0	31,11	0,78	30,33
20	19,4	35,50	1,04	34,46
30	22,7	41,54	1,57	39,98
40	25,7	47,03	2,09	44,94
60	30,0	54,90	3,13	51,77
120	39,7	72,65	6,26	66,39
240	48,7	89,12	12,53	76,59
360	57,8	105,77	18,79	86,98
480	66,8	122,24	25,06	97,19
600	75,8	138,71	31,32	107,39
720	84,9	155,37	37,58	117,78
1080	99,1	181,35	56,38	124,98
1440	103,7	189,77	75,17	114,60
2880	155,7	284,93	150,34	134,60
4320	178,8	327,20	225,50	101,70

Největší nárok na retenční objem vytváří srážky o době trvání 2880 min, a to $V_{ret} = 134,60 \text{ m}^3$.

Posouzení doby prázdnění

Dobu prázdnění 70 % vypočteného retenčního objemu lze spočítat:

$$T_{pr} = 0,7 \cdot V_{ret} / (A_{vsak} \cdot k_v / f + Q_{reg}) / 3600 = 0,7 \cdot 134,60 / (1200 \cdot 5 \cdot 10^{-7} / 2 + 0,00057) = 30,08 \text{ h}.$$

Doba prázdnění T_{pr} je větší než požadovaných 24 h, vsakovací plochu však nelze zvětšit ($A_{vsak} = A_{zpp}$). Stejně tak regulovaný odtok nejde zvýšit, protože by byla porušena podmínka $q_{přip} \leq 3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Navýšení retenčního objemu

Objem retenčního tělesa je potřeba navýšit o objem, který nejde vyprázdnit do 24 h:

$$V_{ret,upravený} = V_{ret,původní} + (1 - 24 / T_{pr}) \cdot 0,7 \cdot V_{ret,původní} = 134,6 + (1 - 24 / 30,08) \cdot 0,7 \cdot 134,6 = 153,65 \text{ m}^3.$$

Návrh retenčního tělesa

Vzhledem k tomu, že $A_{vsak} = A_{zpp}$, vypočte se mocnost retenčního tělesa h_{ret} následovně (při uvažování výplně z praného štěrku 16/32 s pórovitostí $n_{ret} = 0,3$):

$$h_{ret} = V_{ret,upravený} / A_{zpp} / n_{ret} = 153,65 / 1200 / 0,3 = 0,43 \text{ m}.$$

Poznámka 1: h_{ret} se uvažuje po úroveň bezpečnostního přelivu retenčního tělesa.

Poznámka 2: Odtok z retenční vrstvy (je-li např. proveden pomocí více drenážních potrubí) musí být před regulačním prvkem spojen.