Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

Bakalářská práce

2020 **Ing. Martin Němec**

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ekologie lesa

Návrh výsadby městské zeleně pro budoucí využití města Kolína v omezených prostorách systémem prokořenitelných zemních buněk

Bakalářská práce

Autor: Ing. Martin Němec

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Janeček, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ing. Martin Němec

Lesnictví
Lesnictví

Název práce

Návrh výsadby městské zeleně pro budoucí využití města Kolína v omezených prostorách systémem prokořenitelných zemních buněk

Název anglicky

The proposal of planting and management of vegetation in the soil-limited conditions in the town Kolín

---

Cíle práce

Cílem práce je zpracovat literární rešerši na dané téma. Dále s ohledem na místní podmínky navrhnout vhodnou technologii a výsadbu v místech s omezeným prostorem pro prokořeňování včetně návrhu dalšího managementu.

Metodika

1)Srovnání možných dostupných systémů z pohledu technologie a nákladů

2)Výběr vhodného systému a jeho konfigurace

3)Výběr vhodných taxonů

4)Návrh konkrétního řešení pro typickou ulici a Karlovo náměstí v Kolíně včetně cenové kalkulace

Doporučený rozsah práce

30 s.

Klíčová slova

prokořenitelné buňky, městská zeleň, limitní faktory zeleně

Doporučené zdroje informací

ABE K, ZIEMER R, 1991: Effect of tree roots on a shear zone: modeling reinforced shear stress. Can J For Res 21:1012 – 1019

KOLAŘÍK, J. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 1. díl.* Vlašim: ČSOP, 2003. ISBN 80-86327-36-1.

KOLAŘÍK, J. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 2. díl.* Vlašim: Český svaz ochránců přírody, 2005. ISBN 80-86327-44-2.

KOLAŘÍK, J. *Výsadba stromů : metodická příručka ke Standardu péče o přírodu a krajinu.* Kolín: Základní organizace Českého svazu ochránců přírody, Arboristická akademie, 2018. ISBN 978-80-906984-0-6.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Vladimír Janeček, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 4. 9. 2019

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 30. 04. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou / diplomovou práci na téma **„Návrh výsadby městské zeleně pro budoucí využití města Kolína v omezených prostorách systémem prokořenitelných zemních buněk“** vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vladimíra Janečka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 1.4.2020

…….

Ing. Martin Němec

Abstrakt:

Urbanizovaná území městské zástavby poskytují velmi málo prostoru pro stromovou vegetaci. Vzrostlá městská zeleň je žádoucím prvkem, zvyšujícím životní komfort a snižující tepelné vyzařování urbanizovaného území. Cílem práce je proto navrhnout udržitelné řešení i na zdánlivě obsazeném prostoru městské zástavby.

Syntézou doporučení pro kořenový prostor stromových taxonů, volby vhodných taxonů do lokality a tržní nabídky modulárního řešení prokořenitelných zemních buněk práce předkládá modelové řešení pro typickou ulici s omezeným prostorem a centrální náměstí ve městě Kolín.

V průběhu výpočtů potřeby prokořenitelného prostoru a výběru vhodných taxonů byla dána přednost diverzitě, která nicméně podmiňuje úpravu vzrůstu a obměnu taxonů v případě překonání maximálních udržitelných rozměrů.

Práce předkládá konkrétní možnost realizovat prvky stromových taxonů při použití technologie prokořenitelných zemních buněk i na omezené ploše, při zachování jejich původní funkce a zároveň doplnění funkce prokořenitelného prostoru.

Klíčová slova: zemní buňky; městská zeleň; prokořenitelný prostor; arboristika

Abstract:

Urbanized areas of cities provide limited space for tree taxons. Grown urban forest improves living comfort and limits heat radiation of the urbanized areas. The goal of the thesis is to propose sustainable solution for limited and presumably occupied space of urban area.

As a result, there is a solution proposed for typical street with limited space and central square in the city of Kolin. Proposed solution is the synthesis of root space recommendations, suitable tree taxons selection and root cells modular solutions offered on the market.

During the calculation of the root space requirements and tree taxons selection the diversity has been preferred on the cost of future adjustments of tree sizes and replacement once they exceed maximum sustainable size.

Theses offer solution for implementation of tree taxons into limited urban areas. The solution is based upon root cells technology allowing to preserve urban function together with root space creation.

Keywords: root cells; urban forest; root space; arboriculture

Tabulky, grafy a obrázky:

Tabulka 1 Vodní bilance a její cesty dle EPA (EPA, 2008) 10
Tabulka 2 Minimální nároky dřevin na prostor (AOPK, 2018) 13
Tabulka 3 Tabulka průměrných teplot a srážek (METEOBLUE, 2019) 20
Tabulka 4 Tabulka srážek v srpnu – průměry (METEOBLUE, 2019) 20
Tabulka 5 Tabulka průměrných teplot (Kurzy.cz, 2019) 20
Tabulka 6 Základní srovnání prokořenitelných systémů 26
Tabulka 7 Doporučená zrnitost límce a základového materiálu 32
Tabulka 8 Karlovo náměstí výběr taxonů – stromořadí původní druhy 34
Tabulka 9 Karlovo náměstí výběr taxonů – stromořadí nepůvodní druhy 34
Tabulka 10 Karlovo náměstí výběr taxonů – párování stávajícího taxonu 35
Tabulka 11 Karlovo náměstí výběr taxonů – Vánoční strom původní druhy 39
Tabulka 12 Karlovo náměstí výběr taxonů – Vánoční strom nepůvodní druhy 39
Tabulka 13 Karlovo náměstí výběr taxonů – Tři králové 40
Tabulka 14 Karlovo náměstí výběr taxonů – letní dominanta 41
Tabulka 15 Ulice Bachmačská výběr taxonů 45
Tabulka 16 Orientační kalkulace nákladů – Karlovo náměstí 55
Tabulka 17 Orientační kalkulace nákladů – ulice Bachmačská 59
Tabulka 18 Přehled zvolených taxonů k realizaci 61

Graf 1 Tepelná radiace různého prostředí ve dne a v noci (EPA, 2008) 10
Graf 2 Závislost korunové projekce a výčetní tloušťky na velikosti nezbytné prokořenitelné plochy (URBAN, 1992) 15
Graf 3 Graf průměrných teplot a srážkových úhrnů (METEOBLUE, 2019) 18
Graf 4 Graf oblačných, slunečných a deštivých dnů (METEOBLUE, 2019) 18
Graf 5 Graf nejvyšších teplot (METEOBLUE, 2019) 19
Graf 6 Graf srážek (METEOBLUE, 2019) 19
Graf 7 Aproximace kořenového prostoru dle (URBAN, 1992) 36
Graf 8 Aproximace kořenového prostoru dle (URBAN, 1992) 42
Graf 9 Aproximace kořenového prostoru dle (URBAN, 1992) 47

Obrázek 1 Karlovo náměstí (povrchová situace) (GEPRO s.r.o., 2020) 21
Obrázek 2 Karlovo náměstí – boční orámování 22
Obrázek 3 Karlovo náměstí – čelní orámování 22
Obrázek 4 Stávající usazení stromových taxonů – Karlovo náměstí 23
Obrázek 5 Karlovo náměstí – pohled od radnice města 23
Obrázek 6 Ulice Bachmačská – část osazená stromovými taxony 24
Obrázek 7 Ulice Bachmačská – úsek s možným doplněním stromových taxonů 25
Obrázek 8 Schematické zobrazení aplikace StrataVault (CITYGREEN, [2018]) 27
Obrázek 9 Strukturální komponenty (CITYGREEN, [2018]) 28
Obrázek 10 Základní modul (CITYGREEN, [2018]) 29
Obrázek 11 Příčný řez modulem (CITYGREEN, [2018]) 29
Obrázek 12 Hutnění podloží (CITYGREEN, 2017) 30
Obrázek 13 Úprava svrchní vrstvy (CITYGREEN, 2017) 30
Obrázek 14 Instalace je instalace kořenových bariér (CITYGREEN, 2017) 31

Obrázek 15 Úprava límce (CITYGREEN, 2017) 31
Obrázek 16 Ventilační otvory (CITYGREEN, [2017]) 32
Obrázek 17 Umístění stromových taxonů – Karlovo náměstí 50
Obrázek 18 Specifikace kořenového prostoru stromových taxonů – Karlovo náměstí 51
Obrázek 19 Klad komponent a objem kořenového prostoru..... 52
Obrázek 20 Klad komponent a objem kořenového prostoru..... 53
Obrázek 21 Klad komponent a objem kořenového prostoru..... 54
Obrázek 22 Umístění stromových taxonů – ulice Bachmačská..... 56
Obrázek 23 Bližší specifikace umístění kořenového prostoru 56
Obrázek 24 Klad komponent a objem kořenového prostoru..... 57
Obrázek 25 Klad komponent a objem kořenového prostoru – alternativa..... 57
Obrázek 26 Celkový přehled inženýrských sítí – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020)..... 66
Obrázek 27 Přehled sítí elektro – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020)..... 67
Obrázek 28 Přehled sítí kanalizace – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020) 68
Obrázek 29 Přehled sítí – voda – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020) 69
Obrázek 30 Přehled sítí – plyn – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020)..... 70
Obrázek 31 Přehled sítí sdělovacího vedení– Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020) 71
Obrázek 32 Bachmačská ulice (povrchová situace) (GEPRO s.r.o., 2020) 72
Obrázek 33 Přehled sítí elektro – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)..... 73
Obrázek 34 Přehled sítí kanalizace – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)..... 74
Obrázek 35 Přehled sítí – voda – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)..... 75
Obrázek 36 Přehled sítí – plyn – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)..... 76
Obrázek 37 Přehled sítí sdělovacího vedení – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)..... 77

Obsah

1. Úvod ... 9
2. Obecná východiska ... 9
   2.1. Vlhkost ... 9
   2.2. Teplota ... 10
   2.3. Prachové částice a chemické látky ... 11
   2.4. Rizika a možné negativní faktory stromových taxonů v urbanizované zástavbě ... 11
   2.5. Výběr stromových taxonů ... 12
   2.6. Technická východiska zvoleného řešení ... 13
   2.7. Kořenový prostor a jeho souvislosti ... 14
   2.8. Hlavní stresové faktory městského prostředí ... 15
3. Místopisný přehled stavu ... 17
   3.1. Geografická poloha ... 17
   3.2. Porostní poměry ve zvolené oblasti ... 17
   3.3. Půdní typy ... 17
   3.4. Teplotní a vodní srážkové poměry dlouhodobé průměry ... 18
4. Stávající stav ... 21
   4.1. Karlovo náměstí ... 21
   4.2. Vybraná ulice Bachmačská ... 24
5. Přehled možných dodavatelů a základních parametrů řešení ... 25
   5.1. Srovnání možných dostupných systémů ... 26
   5.2. Výběr vhodného systému a jeho konfigurace ... 26
   5.3. Schematické zobrazení ... 27
   5.4. Strukturální komponenty, které budou použity v obou lokalitách ... 28
   5.5. Rozměry skladby strukturálních komponent ... 29
6. Výběr vhodných taxonů ... 33
   6.1. Karlovo náměstí ... 33
      6.1.1. Stromořadí ... 33
      6.1.2. Střed náměstí ... 39
      6.1.3. Rámovací taxony a dominanta letního období ... 40
   6.2. Ulice Bachmačská ... 45
7. Návrh konkrétního řešení ... 50
   7.1. Karlovo náměstí ... 50
      7.1.1. Předpokládaný klad strukturálních komponent ... 52
      7.1.2. Orientační kalkulace nákladů (ČR, 2020) ... 55

7.2. Umístění ulice Bachmačská 56
7.2.1. Předpokládaný klad strukturálních komponent 57
7.2.2. Orientační kalkulace nákladů (ČR, 2020) 59
8. Diskuse 60
9. Závěr 61
10. Bibliografie 63
11. Seznam příloh 65
Příloha 1: umístění sítí Karlovo náměstí 66
Příloha 2: umístění sítí ulice Bachmačská 72

1. Úvod

Cílem této práce je návrh výsadby městské zeleně (stromové taxony) pro budoucí využití města Kolína v omezených prostorách typické ulice a Karlova náměstí systémem prokořenitelných zemních buněk.

Zásadním omezujícím faktorem pro výsadbu stromových taxonů je však omezený prostor urbanizované zóny. Omezený jak v oblasti viditelné části (nadzemní), tak zejména v oblasti kořenového systému (podzemní).

Zároveň je třeba přihlédnout k fyziologickému vývoji a potřebám daného taxonu a možnostem řešení. Zároveň je vhodné zohlednit rizika poškození komunikací a veřejného prostoru kořenovým systémem.

2. Obecná východiska

Obecným specifikem městského mezoklimatu je vyšší teplota vzduchu (řádově o jednotky stupňů Celsia) a zvýšený výpar a ztráty vody a s tím spojená nižší roční relativní vlhkost ve srovnání s přirozenou krajinou. Dalším faktorem, který jsou vyšší koncentrace prachu i chemických látek, z nichž některé jsou pro člověka nekomfortní (CO_2) nebo dokonce škodlivé (SO_2, NO_x, O_3, uhlovodíky) (NOWAK, 2018).
Stromové taxony tak hrají významnou roli v klimatických podmínkách daného města.

2.1. Vlhkost

Vlhkost a teplota vzduchu je jeden z faktorů, který prostřednictvím transpirace a intercepce (výpar vody z rostliny a jejího povrchu) zásadním způsobem přítomnost nebo nepřítomnost stromových taxonů v městském prostředí ovlivňuje.

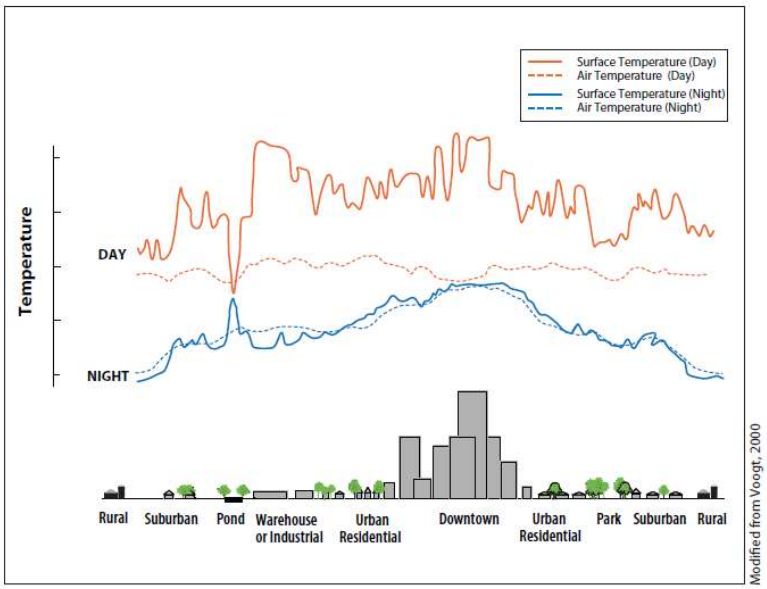
Tabulka 1 Vodní bilance a její cesty dle EPA (EPA, 2008)

% využití dostupné vody	**Městská oblast**	**Přirozená oblast**
Mělké vsakování	10 %	25 %
Hluboké vsakování	5 %	25 %
Odtok z oblasti	55 %	25 %
Evapotranspirace	30 %	40 %

Ze srovnání v Tabulce 1 je zřejmé, že funkce zadržování a postupného uvolňování vody prostřednictvím vyšších rostlin je významná.

2.2. Teplota

Povrch, který je prostý městské zeleně udržuje víceméně konstantní vysokou teplotu, bez ohledu na to, zdali je den, nebo noc (bez sluneční radiace). A to díky vysoké tepelné kapacitě prostředí. Tuto teplotu je možné zásadním způsobem moderovat právě městskou zelení (EPA,2008).



Graf 1 Tepelná radiace různého prostředí ve dne a v noci (EPA, 2008)

2.3. Prachové částice a chemické látky

Dalším faktorem, který je možno vhodně zvolenou výsadbou upravit je množství prachových částic rozptýlených ve vzduchu. Mechanismus funkce počítá jak se snížením proudění vzduchu, tak pohlcováním do metabolismu rostliny a/nebo fixací na listech s následným spláchnutím do půdy, nebo odpadních vod.

Jako související pozitivní efekty se uvádí např. snížení dopadu UV záření na zdraví obyvatel, snížení energetické bilance sluneční radiace na povrch komunikací i budov a fixace vzdušného CO_2 a dalších vzdušných polutantů (NOWAK, 2010).

2.4. Rizika a možné negativní faktory stromových taxonů v urbanizované zástavbě

Pro úplnost je třeba zmínit nedávné zjištění možných negativních důsledků stromové zeleně ve spojení s teplotním stresem rostlin. Konkrétně (CHURKINA, 2017) konstatuje výsledky srovnávacích modelů vzešlých z měření při vzniku přízemního ozónu. Konkrétně se zaměřuje na měření důsledků uvolňování těkavých organických sloučenin (VOC). Tyto látky jsou schopny reagovat s oxidy dusíku (NO_x) s výsledným vznikem vysokých koncentrací přízemního ozónu. Závěrem tento zdroj uvádí vzrůst podílu stromové zeleně na vznik přízemního ozónu, který stoupá z cca 12 % na 60 % v teplotním stresu (vlna veder – konkrétně odkazuje na rok 2006 v Braniborsku). Závěrem jako doporučení uvádí redukci hlavních zdrojů NO_x (automobilová doprava), zejména v případě teplotního stresu městského lesa.

(KOLAŘÍK, 2003) k možným negativním faktorům stromových taxonů v urbanizovaných oblastech dále uvádí:

1. rizika poruch staveb,
2. produkce alergenního pylu,
3. ohrožení provozní bezpečnosti,
4. znečišťování okolí.

2.5. Výběr stromových taxonů

Zásadní faktory pro výběr vhodných stromových taxonů (KOLAŘÍK, 2018):

- průměrná roční teplota,
- průměrný roční úhrn srážek,
- půdní typ, půdní druh,

s dalším upřesněním výběru:

- bilance a průběh srážek,
- režim teplot (roční minima a maxima, mrazové zóny),
- nadmořská výška,
- výška hladiny podzemní vody,
- expozice ke světovým stranám,
- sklon terénu,
- míra změny původního genetického půdního horizontu do předpokládané hloubky kořenění,
- proudění vzduchu,
- mrazová kotlina, inverzní poloha,
- povrchová voda, zavodňování, zaplavování.

Dále se uvádí, že v urbanizovaném prostoru je nutné zohlednit schopnost daného taxonu na daném stanovišti přežít při optimálním plnění požadovaných funkcí (KOLAŘÍK, 2018). A zejména je vyzdviženo specifikum výsadby v okolí škol, mateřských škol a dětských hřišť v souvislosti s toxicitou některých taxonů.

V této souvislosti bude zásadní upřesnění požadované funkce navrhovaného řešení. Zejména předpokládané doba životnosti, konkrétní umístění a požadavky na průběžnou obsluhu a péči.

2.6. Technická východiska zvoleného řešení

Půdní buňky mají nejvyšší efektivitu mezi poměrem zajištění prokořenitelného a využitelného objemu půdy a objemem vlastního rozsahu stavby (AOPK, 2018).

Dále se uvádí specifika pro kořenové separátory, které jsou integrální součástí zvoleného řešení takto (AOPK, 2018):
4.4.5.1 Kořenové separátory jsou plastové či železobetonové konstrukce, které jednoznačně oddělují prokořenitelný prostor od okolního terénu. Vymezení může být úplné nebo částečně.

4.4.5.2 V případě úplného oddělení okolního terénu musí velikost objemu prokořenitelné půdy vymezené kořenovým separátorem zajišťovat celý objem prokořenitelného prostoru.

4.4.5.3 Prostor kořenového separátoru musí být ochráněn proti nadměrnému zamokření, zároveň musí být umožněna přirozená výměna půdních plynů a vsakování srážkové vody do prostoru vymezeného separátorem

Stromy pěstované v kořenových separátorech jsou obvykle závislé na doplňkové zálivce.

Zároveň tento standard definuje požadavky na prokořenitelný prostor u stromových taxonů:

Tabulka 2 Minimální nároky dřevin na prostor (AOPK, 2018)

Kategorie	**Minimální objem prokořenitelného prostoru**	**Rozměr minimální hrany otevřené kořenové mísy**
Stromy velkokorunné	25 m^3	1 m
Stromy střední	16 m^3	0,5 m
Stromy malokorunné	8 m^3	0,3 m
Keře vzrůstné	1 m^3	0,2 m
Keře menšího vzrůstu	0,25 m^3	0,1 m
Liány	0,5 m^3	0,3 m

2.7. Kořenový prostor a jeho souvislosti

Existují různé metody odhadů kořenové plochy různých autorů, od absolutního prostoru 25-65 m^3 až po poměrové určení vzhledem ke korunové projekci, od ½ do 3/4 m^3 na každý m^2 korunové projekce s minimem 0,3 m^3 (KOPINGA, 1991).

Jako hlavní faktory nutné k zohlednění při odhadu se uvádí (KOPINGA, 1991):

Vodní režim

a) vodní bilanci (srážky po odečtení intercepce, odtoku a evaporace)
b) spotřebu vody daným taxonem na m^2 listové plochy
c) spotřebu vody listové plochy dle umístění listů v koruně

Režim dusíku

(KOPINGA, 1991) cituje různé výzkumy poukazující na potřebu N, konkrétně 25 g na kg listové sušiny, kdy nedostatek vedoucí ke snížení na 15 g na kg je již viditelný. Syntézou tématu autor dospěl k závěru, že bez dodatečného přísunu N lze očekávat životnost středních a větších taxonů v prokořenitelném prostoru okolo 10 m^3 okolo 10-20 let.

Výpočty kořenového prostoru

Zajímavým konceptem výpočtu minimálního kořenového prostoru se zabýval tým, který vyvinul analytický vzorec výpočtu kořenového prostoru při zohlednění (LINDSEY, 1991):

- projekce koruny na půdu (se zjednodušením výpočtu na prostý na **„průměr koruny x 0,7854“**)
- LAI – index listové plochy
- „pan evaporation“ – výparu z volné hladiny reprezentovaný denním průměr měsíce s nejvyšším výparem v cílové oblasti
- Úprava odparu z půdy na 1/5 odparu z volné hladiny

Vlastní vzorec je potom sestaven „**korunová projekce x index listové plochy x výpar z volné hladiny x 0,20“**

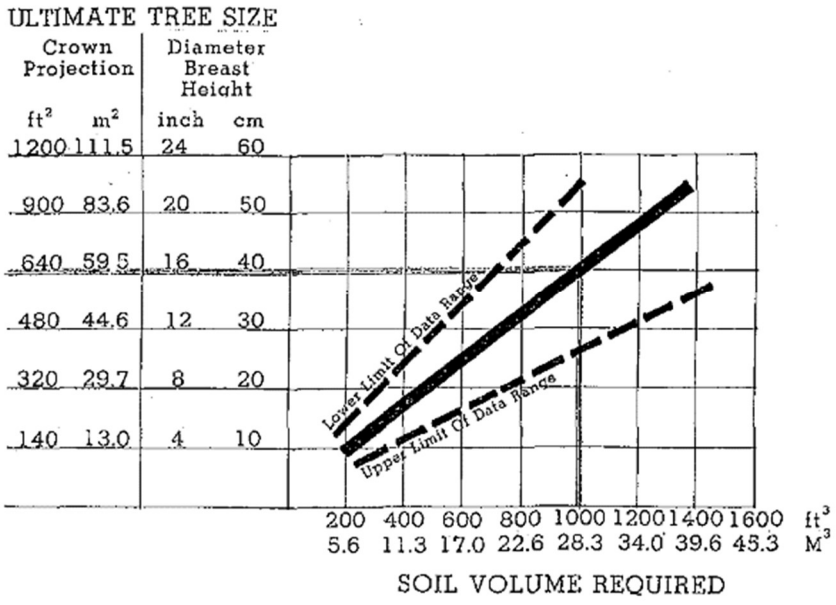
Ze vzorce vyjde výpočet průměrné denní ztráty vody v nejexponovanějším období. Následně autor tento výsledek využívá ke kombinaci typu půdy s ohledem na její vodní zadržovací schopnost s přihlédnutím k průměrnému počtu dní bez deště. Alternativně lze využít pro stanovení kritické doby bez zálivky.

Vzorec pro výpočet výparu z volné hladiny pro ČR je odvozen následovně (BERAN, a další, 1994) a (ŠUHÁJKOVÁ, 2019):

$$\boldsymbol{VVH = 0,0824 \times Tvzd^{1,289}}$$

VVH - výpar z volné hladiny (mm/den) **Tvzd –** průměrná měsíční teplota vzduchu [°C]

V další publikaci, syntézou různých autorů, je odvozena závislost korunové projekce a výčetní tloušťky na velikosti nezbytné prokořenitelné plochy takto (URBAN, 1992):



Graf 2 Závislost korunové projekce a výčetní tloušťky na velikosti nezbytné prokořenitelné plochy (URBAN, 1992)

2.8. Hlavní stresové faktory městského prostředí

Základní stresové faktory městského prostředí jsou (KOLAŘÍK, 2003) :

- dostupnost vody v půdní prostoru (jak v prostoru, tak i v čase),

    - zde je kladen akcent na zhutnění půdy zejména vibracemi auto a chodců a snižování objemu půdních pórů, jakož i překrývání povrchů nepropustnými materiály,
- dostatek půdního vzduchu (provzdušnění půdy).
    - zde je akcentováno překrývání povrchů nepropustnými materiály, která spolu se zamezením přijímání vody brání respiraci kořenového systému a mimo jiné tak i v přímém důsledky vede k deficitu mykorrhizních symbiontů,
- skladba půd a jejich pH,
    - u tohoto faktoru je zvýrazněn vliv antropogenních faktorů, které vedou k nedostatku živin v půdě (absence rozpadající se humusové vrstvy) a zvýšená alkalická reakce pH způsobená vyšším obsahem Ca ve stavebních materiálech, spolu se využitím NaCl v rámci zimní údržby komunikací,
- kontaminace půdy,
    - kromě lokálních excesů (Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn + polutanty souvisejících s provozem motorových vozidel a vliv psí výkaly) autor zmiňuje zejména zimní údržbu komunikací a související chemické látky NaCl , $CaCl_2$, $MgCl_2$,
- klimatické poměry,
    - v tomto bodě je třeba zohlednit prudké kolísání teplot vzduchu, nízkou relativní vlhkost vzduchu, vysoká prašnost,
- znečištění vzduchu.
    - zde se jedná převážně emise (zejména SO_2, NO_x, O_3, HF a uhlovodíky),
- ostatní vlivy,
    - zemní práce (mechanická poškození a manipulace s půdním horizontem), vandalismus, neodborná péče o zeleň, motorismus.

O konkrétních stanovištních poměrech rozhoduje především intenzita jednotlivých faktorů a jejich působení ve vzájemné kombinaci.

(ČSN 939021, 2006) uvádí v bodu 5.4.1 jako minimální nezakrytou anebo trvale pro vzduch a vodu propustným krytem opatřenou plochu při výsadbách stromů na stanovištích s omezeným prostorem pro zakořeňování (např. na náměstích a v ulicích)

plochu minimálně 6 m^2. Dále kořenový prostor by měl mít základní plochu nejméně 16 m^2 a hloubku nejméně 80 cm.

Za možné optimální řešení, které kombinuje maximální využití dostupného prostoru, vysokou únosnost (i pro těžkou dopravu), vysokou schopnost absorbce vody a modulární instalaci je zvolen systém prokořenitelných zemních buněk.

3. Místopisný přehled stavu

3.1. Geografická poloha

Zeměpisné souřadnice jsou 50°1′41″ s. š., 15°12′2″ v. d. s nadmořskou výškou 220 m n. m. Oblast je charakteristická svou polohou v Polabské nížině a patří ke Středolabské tabuli, část Kolínská tabule. Jedná se o erozně nejnižší část České tabule, kde převládaly erozní a akumulační půdotvorné procesy. Hlavním a určujícím tokem této oblasti je řeka Labe, jejíž působení zásadně ovlivnilo strukturu porostů v dané oblasti.

3.2. Porostní poměry ve zvolené oblasti

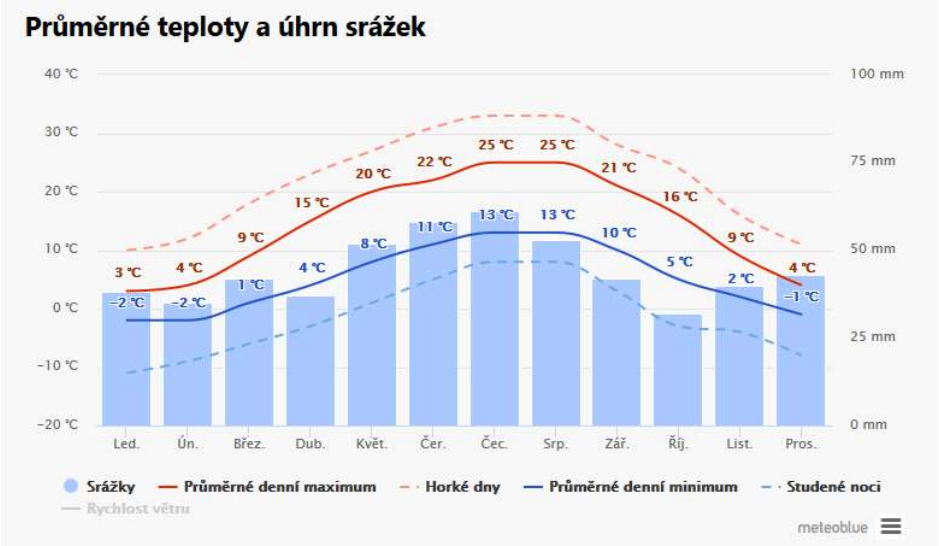
Město Kolín se nachází v 1 lesním vegetačním stupni (dubový). V oblasti se nachází převážně cílové hospodářské soubory 13 – Přirozená borová stanoviště, 19 – Lužní stanoviště (nižších poloh), 25 – Živná stanoviště nižších poloh.

3.3. Půdní typy

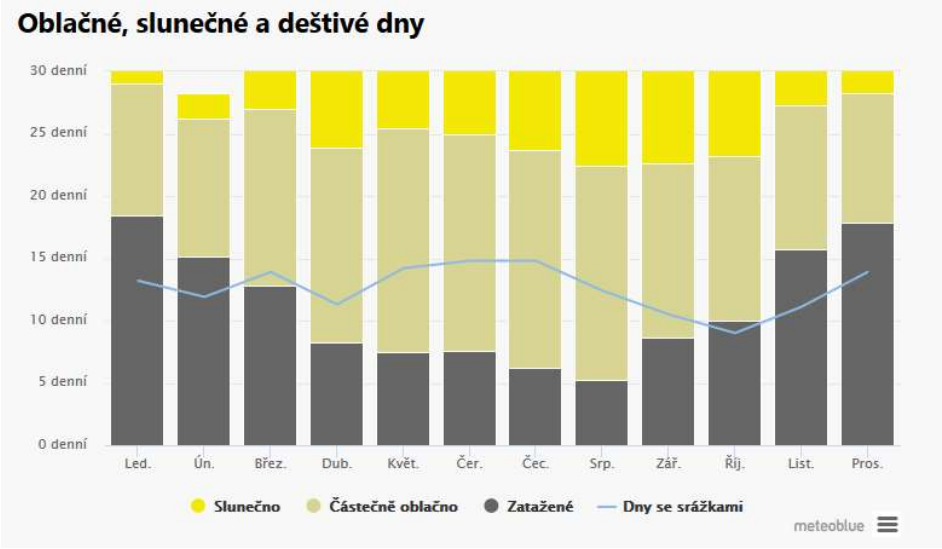
V oblasti se vyskytují zejména následující půdní typy:

- kambizem modální
- regozem modální
- černozem modální
- fluvizem modální

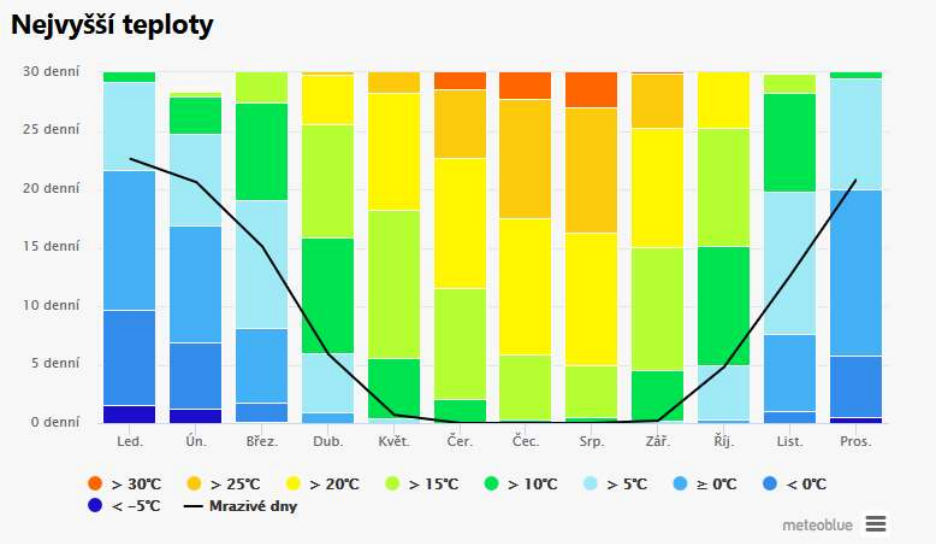
3.4. Teplotní a vodní srážkové poměry dlouhodobé průměry



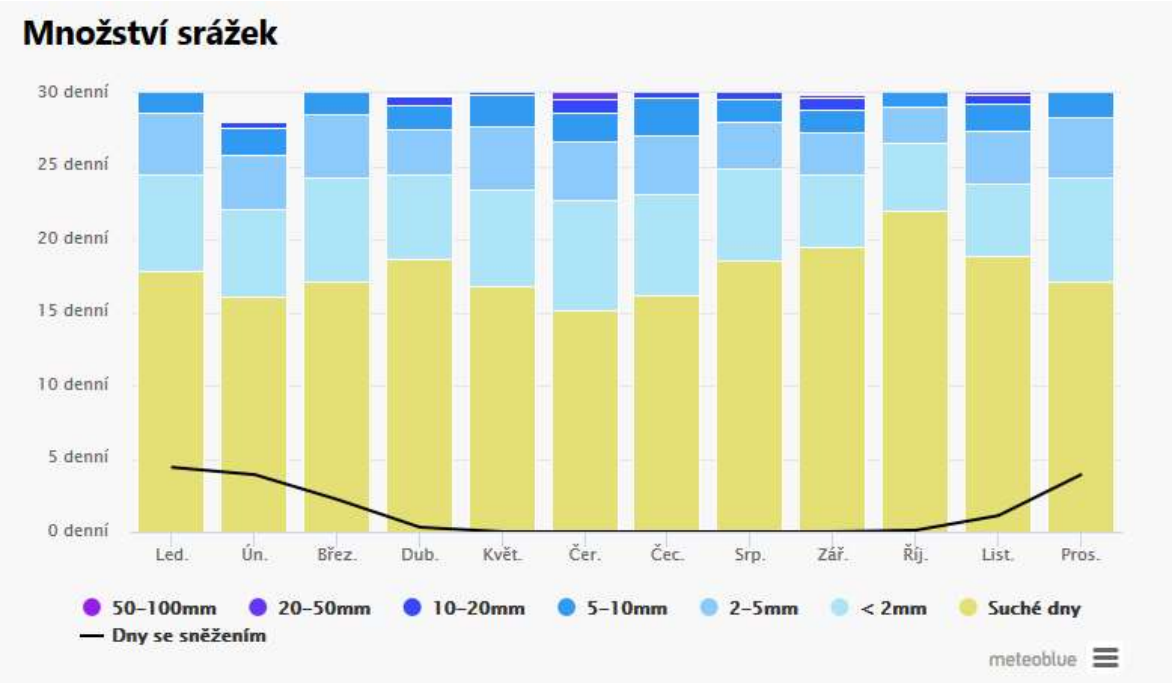
Graf 3 Graf průměrných teplot a srážkových úhrnů *(METEOBLUE, 2019)*



Graf 4 Graf oblačných, slunečných a deštivých dnů *(METEOBLUE, 2019)*



Graf 5 Graf nejvyšších teplot (METEOBLUE, 2019)



Graf 6 Graf srážek (METEOBLUE, 2019)

Jako měsíc s nejteplejším teplotním průměrem a v kombinaci s nejnižším objemem srážek vychází měsíc srpen

Tabulka 3 Tabulka průměrných teplot a srážek (METEOBLUE, 2019)

Tabulka 4 Tabulka srážek v srpnu – průměry (METEOBLUE, 2019)

Pro měsíc srpen zároveň dohledáme celkovou průměrnou teplotu a to 18 stupňů C.

Tabulka 5 Tabulka průměrných teplot (Kurzy.cz, 2019)

	teplota průměr	teplota min.	teplota max.	srážky
leden	-1.7 °C	-4.6 °C	1.0 °C	8
únor	-0.1 °C	-3.3 °C	3.4 °C	6
březen	3.7 °C	-0.3 °C	8.2 °C	8
duben	8.7 °C	3.5 °C	14.2 °C	7
květen	13.8 °C	7.9 °C	19.5 °C	9
červen	16.9 °C	11.1 °C	22.5 °C	9
červenec	18.4 °C	12.5 °C	24.2 °C	10
srpen	18.0 °C	12.3 °C	24.1 °C	8
září	14.0 °C	9.1 °C	19.6 °C	8
říjen	9.0 °C	5.1 °C	13.8 °C	7
listopad	3.6 °C	0.9 °C	6.4 °C	8
prosinec	-0.3 °C	-2.7 °C	2.2 °C	10

4. Stávající stav

4.1. Karlovo náměstí

Obrázek 1 Karlovo náměstí (povrchová situace) (GEPRO s.r.o., 2020)

Náměstí má tvar obdélníku o hranách přibližně 85 m x 105 m. Okolí náměstí je plně zastavěno budovou radnice a 22 domy. Uprostřed náměstí je vodní prvek – kašna. Na západním a východním okraji náměstí jsou umístěna příčná parkovací místa a na severovýchodní části zahrádka přilehlé restaurace. V jihozápadní části náměstí je prostor pro pořádání sezónních trhů. Severní a východní část náměstí je osázena stávající zelení, západní část bývá sezónně osazována květináči.

Stávající využití prostoru Karlova náměstí zelení:

Obrázek 2 Karlovo náměstí – boční orámování

Část Karlova náměstí je osazena stromovými taxony (*Robinia pseudoacacia*)

Obrázek 3 Karlovo náměstí – čelní orámování

Část Karlova náměstí je osazena litinovými nádobami s květinami

Obrázek 4 Stávající usazení stromových taxonů – Karlovo náměstí

Obrázek 5 Karlovo náměstí – pohled od radnice města

Prostranství náměstí je sporadicky osazeno zelení. U některých stanovišť jsou zřejmé změny (poškození) povrchových částí zemního tělesa kořeny. Jiné jsou ve formě květináčových mís, vyžadujících extrémní nároky na údržbu a vodní režim, přičemž plní pouze funkci dekorativní a neovlivňují tak příznivěji mikroklima otevřeného náměstí.

4.2. Vybraná ulice Bachmačská

Při výběru typické ulice byla jednou z možných alternativ ulice Bachmačská. Tato ulice je z hlediska projektu zajímavá svým heterogenním členěním, kde v části ulice je dle názoru autora stávající stav zeleně odpovídající a zásadní změny by v tuto chvíli nebyly efektivní alokací zdrojů. Na druhou stranu určité úseky ulice by mohly být rozšířeny o prvky stromových taxonů. Problematika je zajímavá i z pohledu velmi stísněného prostoru v dotčených úsecích.

Obrázek 6 Ulice Bachmačská – část osazená stromovými taxony

Úsek, kde stávající stav městské zeleně nenabízí efektivní alokaci zdrojů do obnovy (stávající stav je vyhovující)

Obrázek 7 Ulice Bachmačská – úsek s možným doplněním stromových taxonů

Bližší charakteristika ulice Bachmačská pro zvolený úsek - jedná se cca 50 m ulice, šířka chodníku včetně obrubníků cca 2 m, šířka vozovky cca 4 m.

5. Přehled možných dodavatelů a základních parametrů řešení

Jako potenciální řešení systému prokořenitelných zemních buněk jsem za použití internetové rešerše vyhledal následující systémy:

a) systém Stratavault™ od Citygreen® Systems
b) systém TreeParker od TreeBuilders
c) Silva Cell od DeepRoot

V průběhu rešerše se podařilo navázat komunikaci se společností Citygreen® Systems a společností TreeParker prostřednictvím jejího distributora v České republice (Arboristická obchodní s.r.o., [2019]). Dodavatele řešení od společnosti DeepRoot (Deeproot) na pokus o kontakt nereagoval. Nicméně na webových stránkách poskytují dostatek podkladů pro základní srovnání řešení.

Pro úplnost je třeba dodat, že byly identifikovány další možný systém, který se nicméně ukázal při následném zkoumání jako nekontaktní, a/nebo systém ukončující produkci. Konkrétně se jednalo o systém Urban Root.

5.1. Srovnání možných dostupných systémů

Základní srovnání systémů:

Tabulka 6 Základní srovnání prokořenitelných systémů

Srovnání poskytovatelů řešení	Maximální zatížení kg/cm2 laboratoř	Výška mm	Objem buňky m3	Cena Kč za m3 půdy
StrataVault	3,06 - 4,58*	404*	0,13	2907-4472
TreeParker	4,30	400-1500	0,14-0,51	5885-20088
Silva Cell	1,38-1,62**	424-1092	0,43 - 1,11	N/A
* dle typu materiálu (ABS/polypropylen)		* stohovatelné		EUR=25,445 Kč
** dle výšky				USD=22,363 Kč

5.2. Výběr vhodného systému a jeho konfigurace

Dle srovnávací tabulku mají dva systémy (StrataVault a TreeParker) srovnatelnou nosnost (zásadně vyšší než třetí systém (Silva Cell). V kategorii výška/objem zeminy jsou první dva systémy srovnatelné s rozdílnou filozofií (systém StrataVault nabízí jedno řešení, které lze modulárně stohovat na sebe, systém TreeParker nabízí dvě velikosti). Systém Silva Cell nabízí dvě velikosti s rozdílným vnitřním uspořádáním a vyšším množstvím zeminy.

V kategorii cena na m3 zeminy vychází výrazně lépe systém StrataVault oproti systému TreeParker. Pro systém Silva Cell nebyla informace o cenových relacích poskytnuta.

Při srovnání výše uvedených charakteristik jsem se rozhodl zvolit ekonomicky výhodnější řešení, které technologicky poskytuje srovnatelnou úroveň jako jeho konkurent (StrataVault oproti TreeParker).

Zvoleným řešením je systém StrataVault.

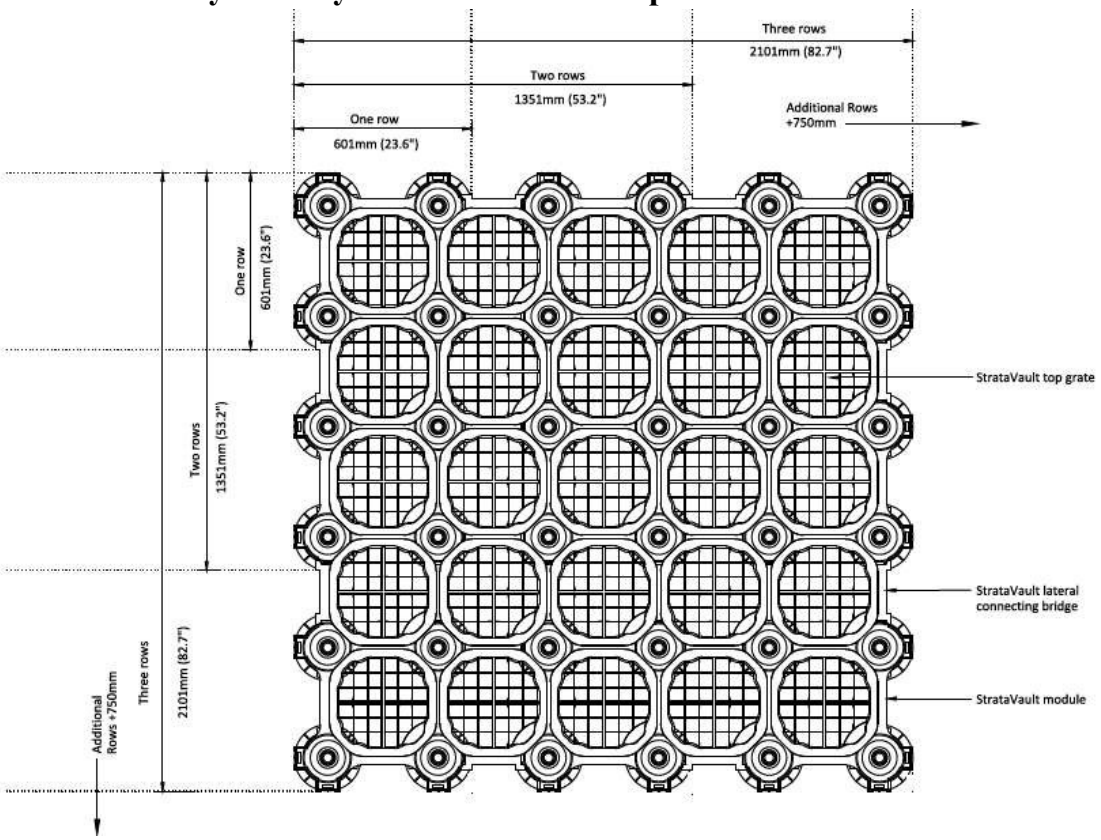
5.3. Schematické zobrazení

Obrázek 8 Schematické zobrazení aplikace StrataVault (CITYGREEN, [2018])

5.4. Strukturální komponenty, které budou použity v obou lokalitách

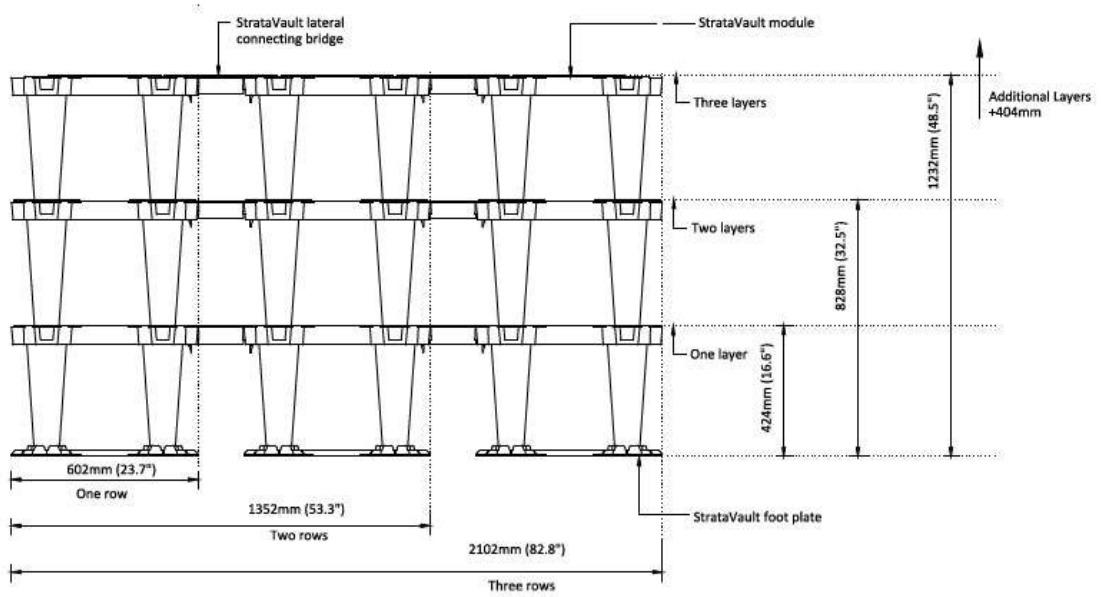
Obrázek 9 Strukturální komponenty (CITYGREEN, [2018])

5.5. Rozměry skladby strukturálních komponent



Obrázek 10 Základní modul (CITYGREEN, [2018])

Samostatná buňka má délku a šířku 0,601m, při aplikaci ve dvou a více řadách je třeba připočíst 0,75m



Obrázek 11 Příčný řez modulem (CITYGREEN, [2018])

Výška jedné vrstvy strukturálních buněk (základní včetně podkladových plátů) je 0,424m, každá další následná vrstva je vysoká 0,404m.

K výšce je třeba připočítat výšku doporučené zhutněné skladby dna min 0,1m a 0,05m zhutněnou povrchovou vrstvu, na kterou je možné položit buď prvky silničního tělesa, nebo chodníku.

Obrázek 12 Hutnění podloží (CITYGREEN, 2017)

Obrázek 13 Úprava svrchní vrstvy (CITYGREEN, 2017)

K šířce a délce je třeba připočítat minimálně 0,15m na každé straně pro zhutněný límec celkové struktury.

Obrázek 14 Instalace je instalace kořenových bariér (CITYGREEN, 2017)

Obrázek 15 Úprava límce (CITYGREEN, 2017)

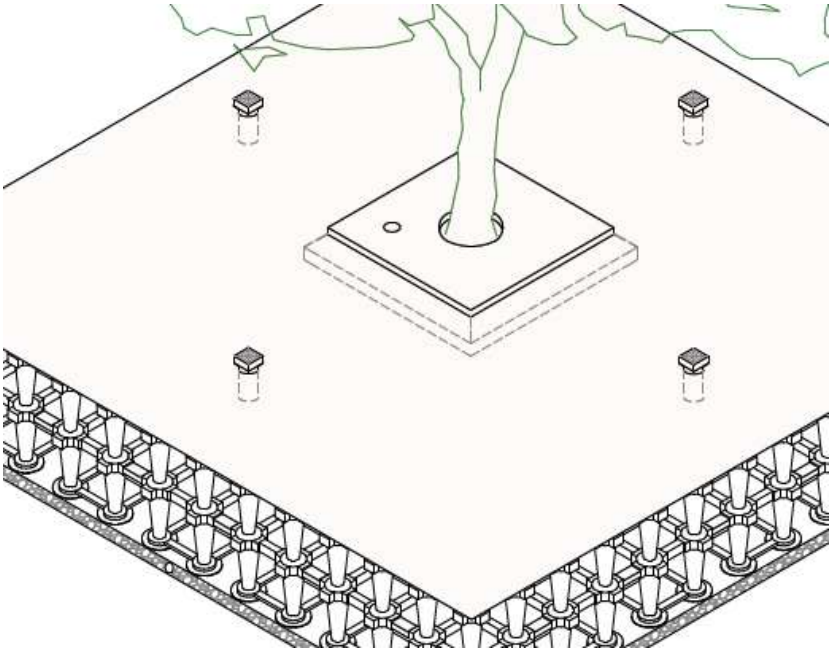
Složení základové materiálu i materiálu límce by nemělo obsahovat částice větší než 0,0375m (37,5mm).

Konkrétní doporučení výrobce je následující (CITYGREEN, 2017):

Tabulka 7 Doporučená zrnitost límce a základového materiálu

síto (mm)	procento průchodu
37,5	100
25	75-95
9,5	40-75
4,75	30-60
2	20-45
0,425	15-30
0,075	5-15

Neopomenutelným prvkem je i dostatečný počet ventilačních a zalévacích šachet pro výměnu plynů a hlubokou zálivku.



Obrázek 16 Ventilační otvory (CITYGREEN, [2017])

6. Výběr vhodných taxonů

Při výběru vhodných taxonů jsou zohledněna dvě základní kritéria, a to potenciálně dostupný kořenový i nadzemní prostor a lokalita jako celek, včetně klimatických předpokladů.

V rámci prvního kritéria (potenciálně dostupný prokořenitelný prostor) je nutné pohlížet odděleně na lokalitu Karlova náměstí a ulici Bachmačská.

Předvýběr (kořenový a nadzemní prostor)

6.1. Karlovo náměstí

Vzhledem k rozměru a možné dispozici není nezbytné omezit taxony velikostí koruny. Na druhou stranu se v této lokalitě jedná o dvě problematiky. Problematiku stromořadí ohraničujícího okraj náměstí pro pěší a solitérních, případně skupinově stojících taxonů, které mohou být i dominantními jedinci.

Náměstí je ze všech stran chráněno zástavbou, zároveň údržba zeleně a zálivka je spolehlivá, na rozdíl od okrajových ulic města.

6.1.1. Stromořadí

Vzhledem ke skutečnosti, že práce počítá se zachováním stávajícího porostu, který může být v průběhu 10-15 let vývoje postupně transformován do modulárního řešení zemních buněk, je výběr zúžen na párování a/nebo diverzifikaci s taxonem, který v lokalitě dlouhodobě prosperuje. Alternativou je buď taxon obdobný, s vyšší tolerancí k suchu anebo taxon kontrastní, naplňující dekorativní funkci.

Prvním východiskem výběru je lokální výskyt a původní druhy dřevin.

Tabulka 8 Karlovo náměstí výběr taxonů – stromořadí původní druhy

Druh	původní	lokální výskyt	městské prostředí	nenáročné na vodu	tolerance k zastínění	vzhled
Pinus sylvestris	x	x		x		
Quercus robur	x	x		x (vysýchavý ekotyp)		x
Betula pendula	x	x		x		x
Tilia cordata	x	x	x		x	x
Abies alba	x	x			x	x
Sorbus aucuparia	x	x		x	x	
Carpinus betulus	x	x	x	x	x	
Fraxinus excelsior	x	x				
Alnus glutinosa	x	x				
Ulmus minor	x	x		x (vysýchavý ekotyp)	x	x
Populus nigra	x	x				
Populus alba	x	x				
Salix alba	x	x				
Craetegus monogyna	x	x	x	x	x	x
Prunus padus	x	x			x	x
Cerasus avium	x	x	x			x
Picea abies	x	x			x	x
Acer platanoides	x	x	x		x	

Druhým východiskem výběru jsou dřeviny nepůvodní, které se v oblasti vyskytují ve volné krajině

Tabulka 9 Karlovo náměstí výběr taxonů – stromořadí nepůvodní druhy

Druh	původní	lokální výskyt	městské prostředí	nenáročné na vodu	tolerance k zastínění	vzhled
Quercus rubra		x	x	x	x	x
Robinia pseudoacacia		x	x	x	x	x

Třetím východiskem výběru je doplnění dle dekorační, nebo ideové funkce taxonu při udržení jeho funkčních charakteristik

Tabulka 10 Karlovo náměstí výběr taxonů – párování stávajícího taxonu

Druh	původní	lokální výskyt	městské prostředí	nenáročné na vodu	tolerance k zastínění	vzhled
Gleditsia triacanthos			x	x		x

Vyhodnocení zohledňuje v první řadě minimální náklady na obnovu již stávajícího porostu, konzistenci s již existujícím porostem a celkovou udržitelnost zvoleného řešení, zejména v rámci suchého letního období. V druhé řadě je volena ideová a dekorativní funkce v synergii s udržitelností zvoleného řešení.

Pro stromořadí (v současné době částečně *Robinia pseudoacacia*) jsou tak vybrány tyto taxony:

- *Robinia pseudoacacia* (Trnovník akát)

Odůvodnění: vysoce funkční, odolný druh, který zároveň v části náměstí již dlouhodobě roste jako prvek stromořadí. Fakticky se jedná o doplnění stejného druhu metodou prokořenitelných zemních buněk.

- *Gleditsia triacanthos* (Dřezovec trojtrnný)

Odůvodnění: zavádí oživující prvek, který je blízký již přítomnému taxonu, nicméně nabízí plynulou formu kontrastu a vyšší dekorativní hodnotu. Limitující faktor (nižší tolerance k zastínění) nebude v navrhovaném místě omezením(vysoká expozice sluneční radiaci).

Řešením se tedy jeví kombinace obou taxonů tj. ***Gleditsia triacanthos*** a ***Robinia pseudoacacia***. Při zohlednění hospodárnosti tak na nová stanoviště střídavě osazovat tyto taxony z čeledi *Fabaceae*, při zachování stávajícího osazení a následné obměny v rámci konce životnosti.

U taxonu *Gleditsia triacanthos*, vzhledem k vyšší frekvenci pohybu obyvatel na navrhovaném místě, a to včetně dětí, je doporučena beztrnná varieta pro zamezení rizika úrazu.

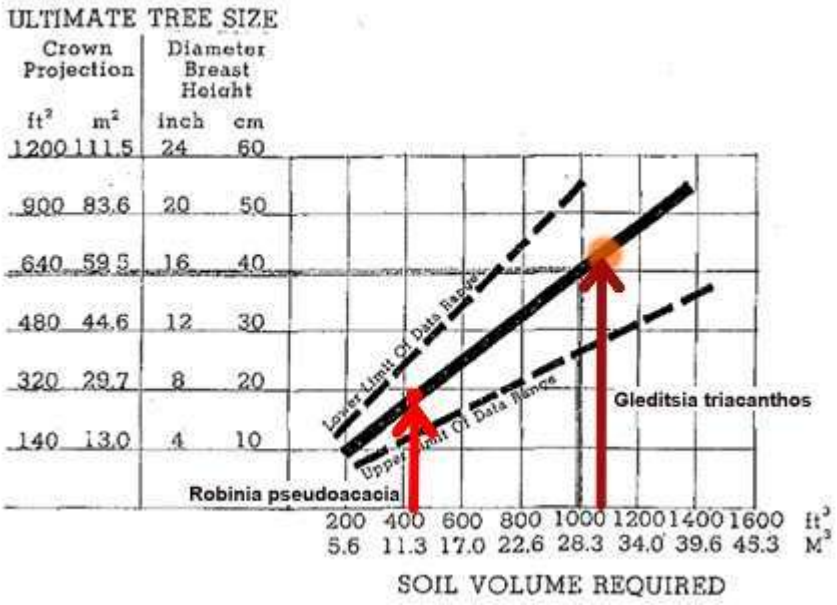
Výpočet kořenového prostoru

a) Výpočet dle (URBAN, 1992)**:**

Vodorovný průmět koruny získáme **S=** $\boldsymbol{\pi}$. $(\frac{1}{2}.\boldsymbol{d})^2$

i) ***Gleditsia triacanthos*** **(**d=9 m) S**=3,14 x 4, 5^2=63,59 m^2**

ii) ***Robinia pseudoacacia*** **(**d=6 m) **S=3,14 x 3^2=28,26 m^2**



Graf 7 Aproximace kořenového prostoru dle (URBAN, 1992)

<u>Střední potřebu prokořenitelného prostoru odečteme jako cca 11,5 m^3 a 30 m^3</u>

b) Výpočet dle (LINDSEY, 1991)

Denní ztráty vody = korunová projekce x index listové plochy x výpar z volné hladiny x 0,20

Pro výpar z volné hladiny za den použijeme vzorec **VVH = 0,0824 x Tvzd^{1,289}** (průměrná měsíční teplota vzduchu) dle (BERAN, a další, 1994).

Za hodnotu **LAI** dosadíme **4** dle odhadu (LINDSEY, 1991)**.**

Průměty koruny z předchozího výpočtu

i) ***Gleditsia triacanthos*** **(**d=9 m) **S=3,14 x 4, 5^2=63,59 m^2**

ii) ***Robinia pseudoacacia*** **(**d=6 m) **S=3,14 x 3^2=28,26 m^2**

Průměrná teplota v měsíci srpnu je **18 stupňů C**.

Z toho **VVH = 0,0824 x $18^{1,289}$=3,419586 (mm/den) = 3,419586 (l/den/m^2)**

Odhadovaný faktor výparu z půdy **0,2 x VVH dle odhadu** (LINDSEY, 1991)**.**

Koeficient pro úpravu vzorce 0,304804 (vzorec odvozen v US jednotkové soustavě korekce na metrickou desítkovou)

Výpočet dle (LINDSEY, 1991)

i) **Denní ztráty vody =63,59 x 4 x 3,419586 x 0,2 x 0,304804 = 53 litrů/den**

ii) **Denní ztráty vody =28,26 x 4 x 3,419586 x 0,2 x 0,304804 = 24 litrů/den**

Dle srážkové historie je třeba počítat s nedostatkem srážek až 18,6 dní v průměru tj. 19 dní po zaokrouhlení. Za tuto dobu dojde ke ztrátě 53 x 19 = **1 007 litrů vody,** respektive 24 x 19 = **456 litrů vody.**

Vzhledem k existenci dat z VÚV (http://rscn.vuv.cz/shiny/kz_rscen/get_data/) vzorec upravíme o položku územního výparu, který by měl s vyšší mírou přesnosti reprezentovat výpar z povrchu půdy.

Průměrný denní územní výpar pro Nymbursko (nejbližší odpovídající celek) mezi lety 1961–2010 pro měsíc srpen je **2,42 mm**.

Do vzorce tak dosadíme

i) **Denní ztráty vody =63,59 x 4 x 2,42 x 0,304804 = 188 litrů/den**

ii) **Denní ztráty vody =28,26 x 4 x 2,42 x 0,304804 = 83 litrů/den**

Analogicky s výpočtem dle (LINDSEY, 1991) počítáme dle srážkové historie s nedostatkem srážek až 18,6 dní v průměru tj. 19 dní po zaokrouhlení. Za tuto dobu dojde ke ztrátě 188 x 19 = **3 572 litrů vody,** respektive 83 x 19 = **1 577 litrů vody.**

Typy půd, které připadají v úvahu v dané lokalitě, tj**.** kambizem modální, regozem modální, černozem modální, fluvizem modální, mají kromě regozemě dostatečnou

volnou vodní kapacitu pro zadržení potřebného množství vody.

Pro zjednodušení uvažujeme hydrolimity dostupných půd s výjimkou regozemě ve výši okolo 30% - 40% obj., přičemž bod vadnutí se pohybuje okolo 10% obj. Tedy dále počítáme s volnou retenční kapacitou 20% obj. pro výpočet potřebného objemu půdy. Pro další zlepšení vodní kapacity je možné použít vodní absorbenty např. hydrogel, případně přírodní jílové materiály např. ALGINIT.

Za výše uvedených předpokladů tak pro zadržení dle (LINDSEY, 1991) **1 m^3** (1 000 l) respektive **0,5 m^3** (500 l) a po úpravě hodnot odparu **3,6 m^3** (3 600 l) respektive **1,6 m^3** (1 600 l) dostupné vody potřebujeme:

i) ***Gleditsia triacanthos***

a) dle (LINDSEY, 1991) **1/0,2 = 5 m^3** půdy
b) dle dat VÚV 3,6/0,2= **18 m^3** půdy

ii) ***Robinia pseudoacacia***

a) dle (LINDSEY, 1991) **0,5/0,2 = 2,5 m3** půdy
b) dle dat VÚV **3,6/0,2= 8 m3** půdy

Pro další srovnání budeme pracovat s vyšší hodnotou, která má oporu v měření VÚV tj. **18 m^3** respektive 8 **m^3** půdy, zatímco (LINDSEY, 1991) tuto položku blíže nespecifikuje.

c) Dle standardu (AOPK, 2018)

Plánované taxony předpokládáme v průměru koruny do 10 m, tedy lze jej zařadit do kategorie středních stromů. Pro tuto kategorii doporučuje standard jako minimální **objem prokořenitelného prostoru 16 m^3** a **rozměr otevřené kořenové mísy 0,5 m**.

Syntézou výše uvedeného lze dovodit potřebu prokořenitelného prostoru pro *Gleditsia triacanthos* **16 - 18 m^3** a *Robinia pseudoacacia* **8 – 16 m^3**. Pro oba taxony lze aplikovat plochu okolo **16 m^3** pro první taxon se toto bude nacházet na spodní hranici a u druhého na horní hranici předpokládaných optimálních hodnot.

6.1.2. Střed náměstí

V současné době střed náměstí není osazen stromovými taxony. Jedná se o plochu obdélníku o hranách přibližně 85 m x 105 m.

Na náměstí probíhají různé kulturní akce i sezónní trhy, tedy charakter veřejného prostoru vhodného pro shromáždění obyvatel by měl být zachován.

Vzhledem ke skutečnosti, že na náměstí bývá pravidelně vztyčován tzv „vánoční strom“, v návrhu bude obsažena tato dominanta, jako položka trvalého porostu.

Vánoční strom

Prvním východiskem výběru je lokální výskyt a původní druhy dřevin.

Tabulka 11 Karlovo náměstí výběr taxonů – Vánoční strom původní druhy

Druh	původní	lokální výskyt	městské prostředí	nenáročné na vodu	tolerance k zastínění	vzhled
Abies alba	x	x			x	x
Pinus sylvestris	x	x		X		
Picea abies	x	x			x	x

Druhým východiskem výběru je doplnění dle dekorační, nebo ideové funkce taxonu při udržení jeho funkčních charakteristik

Tabulka 12 Karlovo náměstí výběr taxonů – Vánoční strom nepůvodní druhy

Druh	původní	lokální výskyt	městské prostředí	nenáročné na vodu	tolerance k zastínění	vzhled
Picea omorika			x	x	x	x
Picea pungens			x	x	x	x
Pinus nigra			x	x		x

Vzhledem k celoroční dekorativní funkci, nižšímu vzrůstu i nižším nárokům na vlhkost je za dominantní strom „Vánoční strom“ zvolen taxon ***Picea omorika***.

Odůvodnění: Vzhledem k vysoké funkční odolnosti při zachování ideového obsahu (vánoční strom) se jako nejvhodnější taxony jeví *Picea pungens a Picea omorika,* které

lze v tomto ohledu považovat za ekvivalentní řešení. *Picea omorika* je zvolena pro subjektivně vyšší dekorativní hodnotu.

Související taxon, který by měl reprezentovat tři krále okolo vánočního stromu je zvolen pro vhodnost aplikace v městském prostředí, vysoce dekorativní tvar dlouhých jehlic a majestátní habitus. Kritériem zde byla především ideově estetická hodnota při zachování funkčnosti v městském prostředí.

Tabulka 13 Karlovo náměstí výběr taxonů – Tři králové

Druh	původní	lokální výskyt	městské prostředí	nenáročné na vodu	tolerance k zastínění	vzhled
Pinus ponderosa			x	x		x

Taxon ***Pinus ponderosa*** byl tak zvolen vzhledem k relativně vyšší dekorativní hodnotě oproti možným jehličnatým alternativám běžným v městském prostředí jako např. *Pinus nigra*. Vzhledem k tomu, že v lokalitě je v přirozeném porostu z jehličnanů taxon *Pinus sylvestris* bude tento taxon přiblížením místních poměrů (*Pinus sp)* .s podtextem „Tři králové“.

6.1.3. Rámovací taxony a dominanta letního období

Převažujícím východiskem výběru (poloha u vstupu do městské radnice) je lokální původ dřeviny a její symbolická a dekorativní funkce při zachování udržitelnosti taxonu v městském prostředí.

Tabulka 14 Karlovo náměstí výběr taxonů – letní dominanta

Druh	původní	lokální výskyt	městské prostředí	nenáročné na vodu	tolerance k zastínění	vzhled
Quercus robur	x	x		x (vysýchavý ekotyp)		x
Betula pendula	x	x		x		x
Tilia cordata	x	x	x		x	x
Sorbus aucuparia	x	x		x	x	
Carpinus betulus	x	x	x	x	x	
Fraxinus excelsior	x	x				
Alnus glutinosa	x	x				
Ulmus minor	x	x		x (vysýchavý ekotyp)	x	x
Populus nigra	x	x				
Populus alba	x	x				
Salix alba	x	x				
Craetegus monogyna	x	x	x	x	x	x
Prunus padus	x	x			x	x
Cerasus avium	x	x	x			x
Acer platanoides	x	x	x		x	

Zvolené taxony ***Craetegus monogyna*** *a* ***Tilia cordata***

Jako protiváhu „Vánoční“ charakteristice se jeví jako optimální varianta pro rámování plochy ***Craetegus monogyna***, u kterého je charakteristická vysoká odolnost proti suchu, dekorativní květy i plody. Zároveň je v lokalitě přirozeně rozšířen.

Dominantou v protiváze je navržen taxon ***Tilia cordata*** vzhledem k přirozenému rozšíření v okolní krajině, vysoce dekorativnímu habitu a tradici tohoto taxonu na veřejném prostranství (náměstí, náves). Zvažována byla i druhá domácí lípa a to *Tilia platyphyllos,* nicméně vyšší produkce medovice, než zvolený taxon, která je významným faktorem kolonizace mšicemi i rizika znečištění prostranství, vedla k zavržení této alternativy.

Výpočet kořenového prostoru

a) **Výpočet dle** (URBAN, 1992)**:**

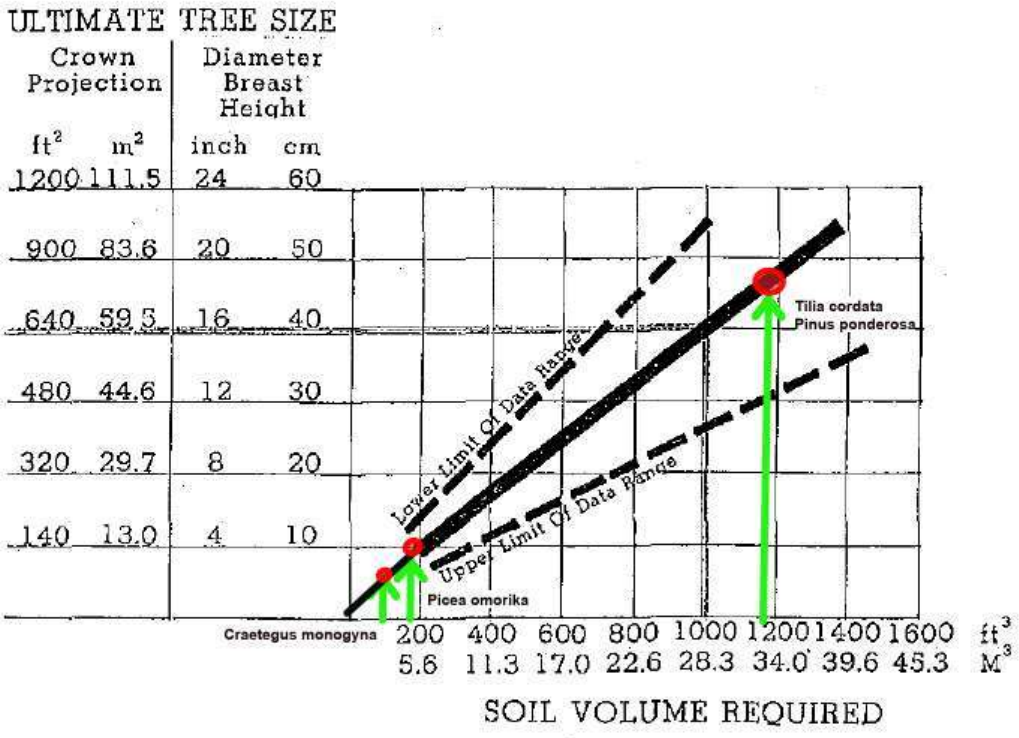
Vodorovný průmět koruny získáme **S=** $\boldsymbol{\pi}$. $(\frac{1}{2}.\boldsymbol{d})^2$

iii) ***Picea omorika*** **(**d=4 m) **S=3,14 x 2^2=12,56 m^2**

iv) ***Pinus ponderosa*** **(**d=10 m) **S=3,14 x 5^2=78,5 m^2**

v) ***Craetegus monogyna*** **(**d=3 m) **S=3,14 x 1, 5^2=7,1 m^2**

vi) ***Tilia cordata*** **(**d=10 m) **S=3,14 x 5^2=78,5 m^2**



Graf 8 Aproximace kořenového prostoru dle (URBAN, 1992)

<u>Střední potřebu prokořenitelného prostoru odečteme jako cca 3 m^3, 5 m^3 a 30 m^3</u>

b) **Výpočet dle** (LINDSEY, 1991)

Denní ztráty vody = korunová projekce x index listové plochy x výpar z volné hladiny x 0,20

Pro výpar z volné hladiny za den použijeme vzorec **VVH = 0,0824 x Tvzd^{1,289}** **(**průměrná měsíční teplota vzduchu) dle (BERAN, a další, 1994).

Za hodnotu **LAI** dosadíme **4** dle odhadu (LINDSEY, 1991)**.**

Průměty koruny z předchozího výpočtu

i) ***Picea omorika*** **(**d=4 m) **S=3,14 x 2^2=12,56 m^2**
ii) ***Pinus ponderosa*** **(**d=10 m) **S=3,14 x 5^2=78,5 m^2**
iii) ***Craetegus monogyna*** **(**d=3 m) **S=3,14 x 1, 5^2=7,1 m^2**
iv) ***Tilia cordata*** **(**d=10 m) **S=3,14 x 5^2=78,5 m^2**

Průměrná teplota v měsíci srpnu je **18 stupňů C**.

Z toho **VVH = 0,0824 x 18^{1,289}=3,419586 (mm/den) = 3,419586 (l/den/m^2)**

Odhadovaný faktor výparu z půdy **0,2 x VVH dle odhadu** (LINDSEY, 1991)**.**

Koeficient pro úpravu vzorce 0,304804 (vzorec odvozen v US jednotkové soustavě korekce na metrickou desítkovou)

Výpočet dle (LINDSEY, 1991)

i) **Denní ztráty vody =12,56 x 4 x 3,419586 x 0,2 x 0,304804 = 10,47 litrů/den**
ii) **Denní ztráty vody =78,5 x 4 x 3,419586 x 0,2 x 0,304804 = 65,45 litrů/den**
iii) **Denní ztráty vody =7,1 x 4 x 3,419586 x 0,2 x 0,304804 = 5,92 litrů/den**
iv) **Denní ztráty vody =78,5 x 4 x 3,419586 x 0,2 x 0,304804 = 65,45 litrů/den**

Dle srážkové historie je třeba počítat s nedostatkem srážek až 18,6 dní v průměru tj. 19 dní po zaokrouhlení. Za tuto dobu dojde ke ztrátě 11 x 19 = **209 litrů vody,** 6 x 19 = **114 litrů vody,** respektive 66 x 19 = **1254 litrů vody**

Vzhledem k existenci dat z VÚV (http://rscn.vuv.cz/shiny/kz_rscen/get_data/) vzorec upravíme o položku územního výparu, který by měl s vyšší mírou přesnosti reprezentovat výpar z povrchu půdy.

Průměrný denní územní výpar pro Nymbursko (nejbližší odpovídající celek) mezi lety 1961–2010 pro měsíc srpen je **2,42 mm**.

Do vzorce tak dosadíme

i) **Denní ztráty vody =12,56 x 4 x 2,42 x 0,304804 = 37,06 litrů/den**
ii) **Denní ztráty vody =78,5 x 4 x 2,42 x 0,304804 = 231,62 litrů/den**
iii) **Denní ztráty vody =7,1 x 4 x 2,42 x 0,304804 = 20,95 litrů/den**
iv) **Denní ztráty vody =78,5 x 4 x 2,42 x 0,304804 = 231,62 litrů/den**

Analogicky s výpočtem dle (LINDSEY, 1991) počítáme dle srážkové historie s nedostatkem srážek až 18,6 dní v průměru tj. 19 dní po zaokrouhlení. Za tuto dobu dojde ke ztrátě 37 x 19 = **703 litrů vody,** 21 x 19 = **399 litrů vody**, respektive 232 x 19 = **4 408 litrů vody.**

Za výše uvedených předpokladů tak pro zadržení dle (LINDSEY, 1991) **1 m^3** (1 000 l) respektive **0,5 m^3** (500 l) a po úpravě hodnot odparu **3,6 m^3** (3 600 l) respektive **1,6 m^3** (1 600 l) dostupné vody potřebujeme:

i) ***Picea omorika***
   a) dle (LINDSEY, 1991) 0,2/0,2 = **1 m3** půdy
   b) dle dat VÚV 0,7/0,2= **3,5 m^3** půdy

ii) ***Pinus ponderosa***
   a) dle (LINDSEY, 1991) 1,3/0,2 = **6,5 m3** půdy
   b) dle dat VÚV **4,4/0,2= 22 m3** půdy

iii) ***Craetegus monogyna***
   a) dle (LINDSEY, 1991) 0,1/0,2 = **0,5 m3** půdy
   b) dle dat VÚV **0,4/0,2= 2 m3** půdy

iv) ***Tilia cordata***
   a) dle (LINDSEY, 1991) 1,3/0,2 = **6,5 m3** půdy
   b) dle dat VÚV 4,4/0,2= **22 m3** půdy

Pro další srovnání budeme pracovat s vyšší hodnotou, která má oporu v měření VÚV tj. **3,5 m^3, 22 m^3** respektive **2 m^3** půdy, zatímco (LINDSEY, 1991) tuto položku blíže nespecifikuje.

c) **Dle standard**u (AOPK, 2018)

Plánované taxony předpokládáme v průměru koruny do 10m (s úpravou, případně obnovou po významném překročení tohoto limitu), nicméně v tomto případě, s ohledem na dominantní roli taxonů, přihlédneme k doporučení pro stromy velkokorunné v případě *Pinus ponderosa* a *Tilia cordata*, tedy doporučení je **25 m^3 prokořenitelného prostoru** a **rozměr otevřené kořenové mísy 1 m**. *Craetegus monogyna*, a *Picea omorika* zařadíme mezi stromy malokorunné dle standardu, tedy **8 m^3 prokořenitelného prostoru** a **rozměr otevřené kořenové mísy 0,3 m**.

Syntézou různých přístupů k výpočtu (vyloučením extrémního minima a využití modifikovaného přístupu dle (LINDSEY, 1991)) následně prokořenitelné plochy vychází pro taxony *Pinus ponderosa* a *Tilia cordata* **22 m^3 -30 m^3** a taxony *Picea omorika* a *Craetegus monogyna* **3,5 m^3 -8 m^3**.

6.2. Ulice Bachmačská

Dle průměru koruny (max. 10 m s flexibilitou úpravy šířky) a výšky (max. 20 m) v maximální konfiguraci.

Zúžení dle klimatických a místních podmínek:

Zásadním kritériem byla odolnost proti podzimním a jarním mrazíkům a suchu. Zároveň by taxon měl snášet městské prostředí a proměnlivé zastínění a sušší půdní poměry.

Zvažované taxony (nepůvodní dva byly doplněny pro vysokou funkční a dekorativní úroveň)

Tabulka 15 Ulice Bachmačská výběr taxonů

Druh	původní	lokální výskyt	městské prostředí	nenáročné na vodu	tolerance k zastínění	vzhled
Tilia cordata	x	x	x		x	x
Betula pendula	x	x		x		x
Carpinus betulus	x	x	x	x	x	
Craetegus monogyna	x	x	x	x	x	x
Acer platanoides	x	x	x		x	
Tilia tomentosa			x	x	x	x
Picea omorika			x	x	x	x

Jako optimální řešení se jeví *Picea Omorika*, *Tilia tomentosa a Craetegus monogyna*. Vzhledem ke skutečnosti, že lze předpokládat následné tvarování stromu, díky omezenému prostoru se jeví ideální taxon *Tilia tomentosa*. Tento taxon je zároveň symbolickým naplněním „lipového stromořadí“.

Charakteristika:

Habitus s vysoce kuželovitou korunou. Taxon teplomilný, odolný k suchu. Vzrůst obvykle 2025m maximum 40m. Dobře snáší sucho i znečištěné ovzduší. Je charakteristický pro rychlý růst, krátkověkost, tedy faktory ideální pro městské prostředí.

Zároveň taxon velmi dobře snáší řez a tvarování. Esteticky působí pozitivně velké žlutavé květy a charakteristická vůně zaznamenatelná řádově na desítky metrů.

Preferovaným taxonem pro ulici Bachmačská je tak Tilia tomentosa.

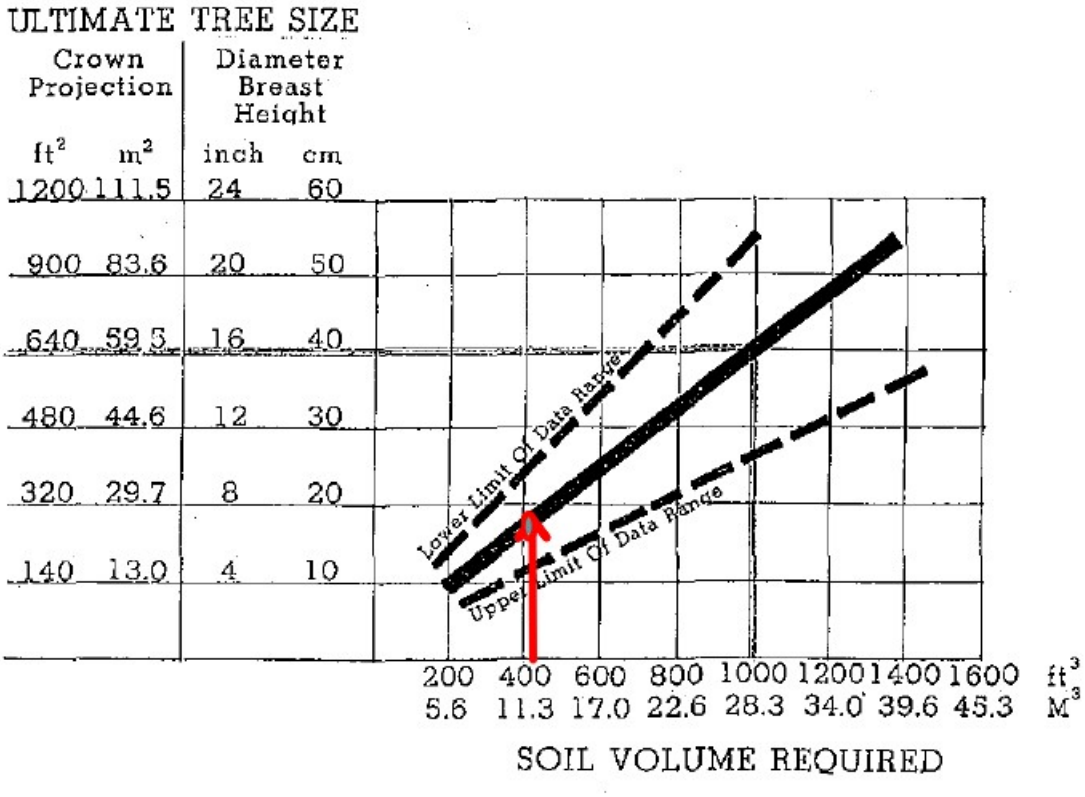
Výpočet kořenového prostoru

Předpokládaný spon stromořadí 7-8 m, koruna bude tvarována do maximální šířky 6 m (počítáme s úpravou šířky koruny).

a) **Výpočet dle** (URBAN, 1992)**:**

Vodorovný průmět koruny tak získáme $\mathbf{S} = \boldsymbol{\pi} \cdot (\frac{1}{2} \cdot \boldsymbol{d})^{\mathbf{2}}$

$S=3{,}14 \times 3^2=28{,}26\ m^2$



Graf 9 Aproximace kořenového prostoru dle (URBAN, 1992)

<u>Střední potřebu prokořenitelného prostoru odečteme jako cca 12 m^3</u>

b) **Výpočet dle** (LINDSEY, 1991)

Denní ztráty vody = korunová projekce x index listové plochy x výpar z volné hladiny x 0,20

Pro výpar z volné hladiny za den použijeme vzorec **VVH = 0,0824 x Tvzd^{1,289}** **(**průměrná měsíční teplota vzduchu) dle (BERAN, a další, 1994).

Za hodnotu **LAI** dosadíme **4** dle odhadu (LINDSEY, 1991)**.**

Průmět koruny z předchozího výpočtu **S=3,14 x 3^2=28,26 m$^{2.}$**

Průměrná teplota v měsíci srpnu je **18 stupňů C**.

Z toho **VVH = 0,0824 x 18^{1,289}=3,419586 (mm/den) = 3,419586 (l/den/m^2)**

Odhadovaný faktor výparu z půdy **0,2 x VVH dle odhadu** (LINDSEY, 1991)**.**

Koeficient pro úpravu vzorce 0,304804 (vzorec odvozen v US jednotkové soustavě korekce na metrickou desítkovou)

Výpočet dle (LINDSEY, 1991)**Denní ztráty vody =28,26 x 4 x 3,419586 x 0,2 x 0,304804 = 23,56 litrů/den**

Dle srážkové historie je třeba počítat s nedostatkem srážek až 18,6 dní v průměru tj. 19 dní po zaokrouhlení. Za tuto dobu dojde ke ztrátě 24 x 19 = **456 litrů vody.**

Vzhledem k existenci dat z VÚV (http://rscn.vuv.cz/shiny/kz_rscen/get_data/) vzorec upravíme o položku územního výparu, který by měl s vyšší mírou přesnosti reprezentovat výpar z povrchu půdy.

Průměrný denní územní výpar pro Nymbursko (nejbližší odpovídající celek) mezi lety 1961–2010 pro měsíc srpen je **2,42 mm**.

Do vzorce tak dosadíme

Denní ztráty vody =28,26 x 4 x 2,42 x 0,304804 = 83,38 litrů/den

Analogicky s výpočtem dle (LINDSEY, 1991) počítáme dle srážkové historie s nedostatkem srážek až 18,6 dní v průměru tj. 19 dní po zaokrouhlení. Za tuto dobu dojde ke ztrátě 83 x 19 = **1 577 litrů vody (1,6 m$^{3)}$.**

Typy půd, které připadají v úvahu v dané lokalitě, tj**.** kambizem modální, regozem modální, černozem modální, fluvizem modální, mají kromě regozemě dostatečnou volnou vodní kapacitu pro zadržení potřebného množství vody.

Pro zjednodušení uvažujeme hydrolimity dostupných půd s výjimkou regozemě ve výši okolo 30% - 40% obj., přičemž bod vadnutí se pohybuje okolo 10% obj. Tedy dále počítáme s volnou retenční kapacitou 20% obj. pro výpočet potřebného objemu půdy. Pro další zlepšení vodní kapacity je možné použít vodní absorbenty např. hydrogel, případně přírodní jílové materiály např. ALGINIT.

Za výše uvedených předpokladů tak pro zadržení **0,456 m^3** (456 l) dostupné vody potřebujeme:

c) dle (LINDSEY, 1991) **0,456/0,2 = 2,28 m^3** půdy
d) dle dat VÚV 1,6/0,2= **8 m^3** půdy

Pro další srovnání budeme pracovat s vyšší hodnotou, která má oporu v měření VÚV tj. **8 m^3** půdy, zatímco (LINDSEY, 1991) tuto položku blíže nespecifikuje.

e) **Dle standardu** (AOPK, 2018)

Plánovaný taxon bude udržován v průměru koruny do 10m, tedy lze jej zařadit do kategorie středních stromů. Pro tuto kategorii doporučuje standard jako minimální **objem prokořenitelného prostoru 16 m^3** a **rozměr otevřené kořenové mísy 0,5 m**.

Z výše uvedeného ověření potřebného množství prokořenitelného prostoru vyplývá, že s ohledem na vodní retenci i Standard A 02 007 bude možné definovat odpovídající

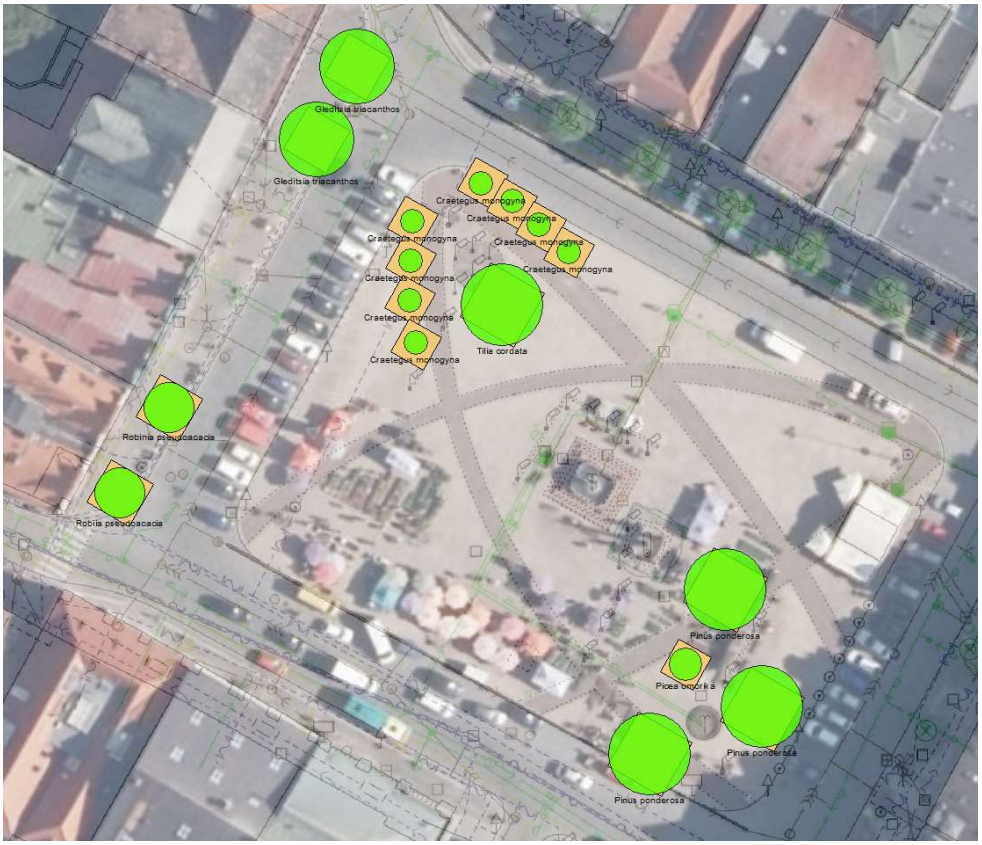
umístění stromových taxonů, nicméně bude zřejmě v pokročilejší fázi růstu blízko hranice životních možností daného taxonu. Tedy je třeba počítat se skutečností, že v horizontu 40-50 let bude zapotřebí obměna výsadby. Tuto skutečnost indikuje výpočet (URBAN, 1992) , který odvodil jako optimální růstovou plochu pro definované parametry taxonu prokořenitelný prostor cca 30 m^3. Pro naše účely, při zohlednění prostorového omezení a možné obnovy po cca 40–50 letech budeme pro tento taxon pracovat s objemem **16 m^3** prokořenitelného prostoru. Návrh konkrétního řešení pro typickou ulici a Karlovo náměstí v Kolíně včetně cenové kalkulace

7. Návrh konkrétního řešení

7.1. Karlovo náměstí

Obrázek 17 Umístění stromových taxonů – Karlovo náměstí

Bližší specifikace umístění kořenového prostoru



Obrázek 18 Specifikace kořenového prostoru stromových taxonů – Karlovo náměstí

7.1.1. Předpokládaný klad strukturálních komponent

Pinus ponderosa a *Tilia cordata*

					26,3 m3						**7,351**
	m3/m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**m**
	1	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,60 m
	2	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	3	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	4	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	5	0,262	0,262	0,262	0,262	0,291	0,291	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	6	0,262	0,262	0,262	0,262	0,291	0,291	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	7	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	8	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	9	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	10	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
7,351 m		0,60 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	

Obrázek 19 Klad komponent a objem kořenového prostoru

Základní parametry jednoho místa (základní tvar – čtverec):

Počet strukturálních komponent: 192

Délka strukturních komponent: 7,351 m

Délka límce: 0,15m+0,15m = 0,30m

Délka celková: 7,351m + 0,30m = 7,651m

Šířka strukturních komponent: 7,351 m

Šířka límce: 0,15m+0,15m = 0,30m

Šířka celková: 5,851m + 0,30m = 7,651m

Výška strukturních komponent: 0,828 m

Výška podložní vrstvy a zakrytí: 0,1m + 0,05m = 0,15 m

Výška celková bez konečného povrchu: 0,828m + 0,15m = 0,978 m

Objem prokořenitelného prostoru:26,3 m^3

Picea omorika a *Craetegus monogyna*

			9,54 m3				**4,351**
m3/m	1	2	3	4	5	6	**m**
1	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,60 m
2	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
3	0,262	0,262	0,291	0,291	0,262	0,262	0,75 m
4	0,262	0,262	0,291	0,291	0,262	0,262	0,75 m
5	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
6	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
4,351 m	0,60 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	

Obrázek 20 Klad komponent a objem kořenového prostoru

Základní parametry jednoho místa (základní tvar – čtverec):

Počet strukturálních komponent: 64

Délka strukturních komponent: 4,351 m

Délka límce: 0,15m+0,15m = 0,30m

Délka celková: 7,351m + 0,30m = 4,651m

Šířka strukturních komponent: 4,351 m

Šířka límce: 0,15m+0,15m = 0,30m

Šířka celková: 5,851m + 0,30m = 4,651m

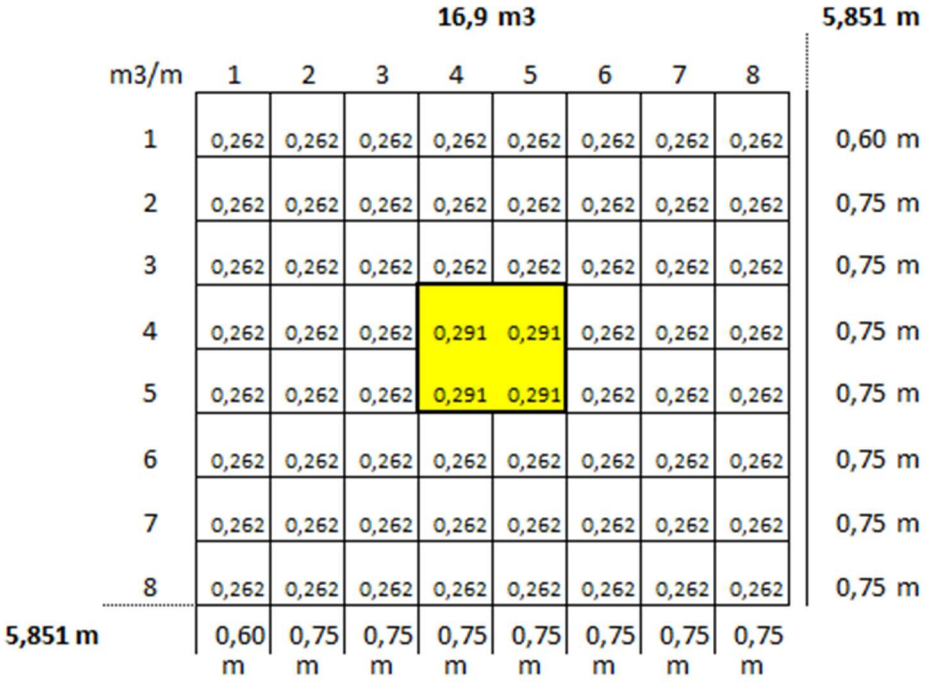
Výška strukturních komponent: 0,828 m

Výška podložní vrstvy a zakrytí: 0,1m + 0,05m = 0,15 m

Výška celková bez konečného povrchu: 0,828m + 0,15m = 0,978 m

Objem prokořenitelného prostoru: 9,54 m^3

Robinia pseudoacacia a *Gleditsia triacanthos*



Obrázek 21 Klad komponent a objem kořenového prostoru

Základní parametry jednoho místa (základní tvar – čtverec):

Počet strukturálních komponent: 120

Délka strukturních komponent: 5,851m

Délka límce: 0,15m+0,15m = 0,30m

Délka celková: 5,851m + 0,30m = 6,151m

Šířka strukturních komponent: 5,851m

Šířka límce: 0,15m+0,15m = 0,30m

Šířka celková: 5,851m + 0,30m = 6,151m

Výška strukturních komponent: 0,828 m

Výška podložní vrstvy a zakrytí: 0,1m + 0,05m = 0,15 m

Výška celková bez konečného povrchu: 0,828m + 0,15m = 0,978 m

Objem prokořenitelného prostoru:16,9 m^3

7.1.2. Orientační kalkulace nákladů (ČR, 2020)

Tabulka 16 Orientační kalkulace nákladů – Karlovo náměstí

Popis	Kč/m3	Kč/m2	ks	Počet jednotek	Cena za jednotku	Cena celkem
Výkop jam nezapažená jáma, těžitelnost 3, do 1000 m3 ****	241			624,66	241	150 543,71
Terénní modelace (přemístění zeminy, tvarování, urovnání, rozprostření ornice) ****		145		618,01	145	89 611,66
Příprava půdy pro výsadbu ****		72		618,01	72	44 496,82
Instalace buněk **	250			297,46	250	74 364,75
Výsadba stromu s balem 200 cm výšky se zapěstovanou korunou			1 880	17,00	1 880	31 960,00
Lípa srdčitá (*Tilia cordata*) - obvod kmene 16-18			4 067	1,00	4 067	4 067,00
Hloh (*Craetegus sp.*) - obvod kmene 12-14 *			3 567	8,00	3 567	28 536,00
Smrk Pančičův (*Picea omorica*) - výška 125–150 cm			1 234	1,00	1 234	1 234,00
Borovice (*Pinus sp.*) * výška 150–175cm			7 387	3,00	7 387	22 161,00
Gleditsia triacanthos výška 180–200cm ***			3 825	2,00	3 825	7 650,00
Robinia pseudoacacia obvod kmene 10-12 cm ***			4 200	2,00	4 200	8 400,00
Strukturální komponenty (ABS Stratavault) včetně izolačních prvků			582	600,00	582	348 920,68
					Celkem	**811 945,61**

* zvolen příbuzný taxon od taxonu zvoleného (vzhledem k nedostupnosti průměrné ceny)

** odhadovaná cena + 15% rezerva pro výměnu při případném poškození buněk, nebo operativní úpravy plánu

*** cena zdroj www.havlis.cz

**** včetně 25% rezervy pro případnou rozsáhlejší vyvolanou potřebu úpravy terénu

V kalkulaci není obsaženo případné odebrání a rekonstrukce vozovky, chodníku, a případný překlad telekomunikační sítě.

7.2. Umístění ulice Bachmačská

Obrázek 22 Umístění stromových taxonů – ulice Bachmačská

Obrázek 23 Bližší specifikace umístění kořenového prostoru

7.2.1. Předpokládaný klad strukturálních komponent

		16,9 m3								5,851 m
	m3/m	1	2	3	4	5	6	7	8	
	1	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,60 m
	2	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	3	0,262	0,262	0,262	0,291	0,291	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	4	0,262	0,262	0,262	0,291	0,291	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	5	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	6	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	7	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
	8	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,75 m
5,851 m		0,60 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	

Obrázek 24 Klad komponent a objem kořenového prostoru

Vzhledem k flexibilitě kladu komponent (fakticky omezené pouze délkou a šíří 0,75 m) je navržen základní čtvercový klad ve dvou vrstvách (výška 0,404 m). Klad je možné individualizovat dle případných omezení zjištěných v průběhu realizace.

Příklad alternace:

				16,9 m3										4,351 m
	m3/m			1	2	3	4	5	6	7	8			
	1	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,26	0,26	0,60 m
	2	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,26	0,26	0,75 m
	3	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,291	0,291	0,262	0,262	0,262	0,26	0,26	0,75 m
	4	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,291	0,291	0,262	0,262	0,262	0,26	0,26	0,75 m
	5	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,26	0,26	0,75 m
	6					0,262	0,262	0,262	0,262					0,75 m
8,851 m		0,6 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	0,75 m	

Obrázek 25 Klad komponent a objem kořenového prostoru – alternativa

Základní parametry jednoho místa (základní tvar – čtverec):

Počet strukturálních komponent: 120

Délka strukturních komponent: 5,851m

Délka límce: 0,15m+0,15m = 0,30m

Délka celková: 5,851m + 0,30m = 6,151m

Šířka strukturních komponent: 5,851m

Šířka límce: 0,15m+0,15m = 0,30m

Šířka celková: 5,851m + 0,30m = 6,151m

Výška strukturních komponent: 0,828 m

Výška podložní vrstvy a zakrytí: 0,1m + 0,05m = 0,15 m

Výška celková bez konečného povrchu: 0,828m + 0,15m = 0,978 m

Objem prokořenitelného prostoru:16,9 m^3

7.2.2. Orientační kalkulace nákladů (ČR, 2020)

Tabulka 17 Orientační kalkulace nákladů – ulice Bachmačská

	Kč/m3	Kč/m2	ks	Počet jednotek	Cena za jednotku	Cena celkem
Výkop jam nezapažená jáma, těžitelnost 3, do 1000 m3 ***	241			231,27	241	55 734,92
Terénní modelace (přemístění zeminy, tvarování, urovnání, rozprostření ornice) ***		145		236,47	145	34 287,79
Příprava půdy pro výsadbu ***		72		236,47	72	17 025,66
Instalace buněk **	250			97,18	250	24 293,75
Výsadba stromu s balem 200 cm výšky se zapěstovanou korunou			1 880	5	1 880	9 400,00
Lípa (*Tilia sp.*) - obvod kmene 1618cm *			4 067	5	4 067	20 335,00
Strukturální komponenty (ABS Stratavault) včetně izolačních prvků			582	600	582	348 920,68
					Celkem	**509 997,79**

* zvolen příbuzný taxon od taxonu zvoleného (vzhledem k nedostupnosti průměrné ceny)

** odhadovaná cena + 15% rezerva pro výměnu při případném poškození buněk, nebo operativní úpravy plánu

*** včetně 25% rezervy pro případnou rozsáhlejší vyvolanou potřebu úpravy terénu

V kalkulaci není obsaženo případné odebrání a rekonstrukce vozovky, chodníku, a případný překlad telekomunikační sítě.

8. Diskuse

Zvolené řešení vychází z technologie, která umožní část prokořenitelného prostoru alokovat pod komunikace (silnice, chodník), při zachování jejich potřebné únosnosti pro osobní i nákladní dopravu. Fakticky tak bude získán bezpečný, prokořenitelný prostor navíc.
Cenové kalkulace vycházejí z veřejně dostupných zdrojů a informace od výrobce zvoleného řešení, nicméně jedná se o indikativní ocenění, které v případě realizace bude třeba upřesnit dle aktuálního stavu nabídky zemních prací, směnných kurzů a případné závazné nabídky dodavatele. Pro účely této práce byla výrobcem poskytnuta pouze indikace komplexní ceny za m^3 prokořenitelného prostoru. V tomto ohledu by bylo možné práci dále rozšířit o detailní kalkulace indikativního poptávkového řízení.

Práci by bylo možno dále rozšířit o konkretizaci variet zvolených taxonů (dle aktuální dostupnosti na trhu v okamžiku realizace), konkrétní nákladovost případných zemních prací v případě přesného zaměření telekomunikačního vedení a případných udržovacích nákladů zvoleného řešení. Zároveň by mohla být provedena detailnější analýza vhodných domácích a introdukovaných dřevin s detailním srovnáním klíčových parametrů pro dané klimatické pásmo.
Další možné rozšíření práce by obnášelo chemickou analýzu konkrétní půdy a návrh její případné dodatečné úpravy z hlediska vodní kapacity i pedologických charakteristik.

Práce nabízí možný směr a strukturu pro modulární plánování městských stromových taxonů. V rámci dalšího rozvoje řešení je možné katalogizovat, a tedy konkrétní aplikaci zobecnit – a standardizovat nákladovost inkrementálního počtu zvolených dodatečných prvků zeleně. Toto by předpokládalo vytvoření zjednodušeného katalogu základních růstových podmínek (např. tři skupiny dle požadavků na vláhu, tři skupiny dle velikosti koruny, tři skupiny dle potřeby oslunění) potenciálních taxonů. Zároveň by se dala katalogizovat náročnost zemních úprav v různých částech urbanizovaného území (města Kolína). Následná aplikace při urbanistických studiích by přiřadila taxonu náročnost terénu na úpravy a orientační představa finančních nároků a nároků na vodní režim by vyplynula pouhým pronásobením.

9. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout možné řešení stromových taxonů do stísněných a omezených podmínek města Kolín.

V průběhu zpracování této práce bylo provedeno posouzení vhodných taxonů do zvolených lokalit a jejich návrh pro konkrétní umístění v prostorách typické ulice a Karlova náměstí v Kolíně. Hlavními kritérii při posuzování vhodných taxonů byla zvolena klimatická vhodnost do dané oblasti i městského prostředí, nižší nároky na závlahu a estetický vzhled. U taxonu *Tilia cordata* má umístění proti výstupu městské radnice význam symbolický. Pokud to bylo možné a vhodné byly voleny původní druhy dané oblasti. Pro realizaci byly zvoleny taxony v níže uvedené tabulce.

Tabulka 18 Přehled zvolených taxonů k realizaci

Dřevina	Vědecký název	ks	V ČR původní	Výhody	Nevýhody
Borovice těžká	*Pinus ponderosa*	3	NE	dekorativní vzhled (dlouhé jehlice), rychlý růst, snáší sušší stanoviště	vyšší nároky na světlo, riziko houbových onemocnění
Smrk omorika	*Picea omorika*	1	NE	dekorativní vzhled, vysoká odolnost proti suchu	nepůvodní druh
Dřezovec trojtrnný	*Gleditsia triacanthos*	2	NE	vysoce atraktivní vzhled, vysoká odolnost proti suchu a zasolení, nízké nároky na živiny	nepůvodní druh, vyšší nároky na světlo
Trnovník akát	*Robinia pseudoacacia*	2	NE	vysoká odolnost proti suchu, stávající porost, nízké nároky na živiny	potenciálně invazivní, nepůvodní druh
Hloh jednosemenný	*Craetegus monogyna*	8	ANO	původní taxon, vzhled, vysoká ekologická plasticita	
Lípa plstnatá	*Tilia tomentosa*	5	NE	dekorativní vzhled, vysoká odolnost proti suchu a znečištěnému ovzduší	nepůvodní druh
Lípa srdčitá	*Tilia cordata*	1	ANO	původní taxon, vzhled, symbolika	potřeba mírně vlhčí půdy, medovice

Souběžně byla identifikována technologie prokořenitelných zemních buněk, naplňující minimální požadavky zvolených taxonů v městském prostředí včetně základních technických a ekonomických parametrů zvoleného řešení. Konkrétně byl posuzován nezbytný minimální prokořenitelný prostor a náklady na zvolené řešení.

Z práce je zřejmé, že přestože půdní vodní kapacita by měla být teoreticky dostatečná pro překonání suchých period v exponovaných měsících, je pravděpodobné, že bude docházet ke srážkovým deficitům, a tak nebude vždy naplněna. Konkrétně lze předpokládat, že ve velmi suchých epizodách bude třeba doplnit vodu do půdy v rámci údržby městské zeleně. Na druhou stranu projekt je dimenzován tak, aby tyto zásahy byly minimalizovány.

Zvolené řešení maximalizuje dostupný prokořenitelný prostor a zároveň limituje poškození komunikací (silnic i chodníků) kořenovým systémem městské zeleně (použitím kořenových bariér). Systém zároveň činí předvídatelnou vodní kapacitu městské zeleně, a tak i její vodní management v rámci její údržby.

Práce samotná naplnila cíl stanovený při jejím zadání a její rozsah lze dále rozšířit o další oblasti praktického uplatnění při správě městské zeleně.

10. Bibliografie

AOPK. 2018. STANDARD A 02 007. *Úprava stanovištních poměrů dřevin.* Praha : Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2018.

Arboristická obchodní s.r.o. [2019]. Modulární půdní buňky TREE PARKER. *Arboristická obchodní s.r.o.* [Online] [2019]. [Citace: 12. 9 2019.] https://www.arborobchod.cz/treeparker/strukturalni-pudni-bunky-tree-parker/.

BERAN, Adam, a další. 1994. Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace.* 4 1994, stránky 12-18.

CITYGREEN. 2017. *Citygreen Stratavault™ Specification.* Sydney, Austrálie : autor neznámý, 2017.

CITYGREEN. [2018]. *Leading the way in advanced structural soil cells.* Sydney, Austrálie : autor neznámý, [2018].

CITYGREEN. [2017). *Square Treepit With Tree Grille 19.3m3 Detail.* Sydney, Austrálie : autor neznámý, [2017).

ČR, Ministerstvo pro místní rozvoj. 2020. *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí - aktualizace 2019.* Praha : autor neznámý, 2020.

ČSN 939021. 2006. *Technologie vegetačních úprav v krajině - Rostliny a jejich výsadba.* Praha, Český republika : Český normalizační institut, 2006. str. 17.

Deeproot. SILVA CELL. *Deeproot.* [Online] [Citace: 5. 9 2019.]. https://www.deeproot.com/products/silva-cell.html.

DENDROLOGIE ONLINE [online],[cit.13.11.2019]. http://databaze.dendrologie.cz

ENVIRONMENTAL HORTICULTURE [Online]. Gainesville,USA: UNIVERSITY OF FLORIDA,[Citace 16.12.2019].http://hort.ufl.edu/database/

EPA. 2008. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies.* 2008.

GEPRO s.r.o. 2020. GEOPORTÁL KOLÍN. *Geoportál Kolín.* [Online] 2020. https://kolin.obce.gepro.cz/#/.

CHURKINA, Galina. 2017. Effect of VOC Emissions from Vegetation on Air Quality in Berlin during a Heatwave. *Environmental Science & Technology.* 17. 5 2017, str. 51 (11).

KOLAŘÍK, J. 2003. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les 1.díl.* Vlašim : Český svaz ochránců přírody, 2003. ISBN 80-86327-36-1.

KOLAŘÍK, Jaroslav. 2018. *Výsadba stromů - metodická příručka ke Standardu péče o přírodu a krajinu A02 001.* Kolín : Základní organizace Českého svazu ochránců přírody Arboristická akademie, 2018.

KOPINGA, J. 1991. The Effects of Restricted Volumes of Soil on the Growth and development of Street Trees. *Journal Of Arboriculture.* 1991, Sv. 17, 3, stránky 57-63.

Kurzy.cz, spol. s r.o. [Online].Praha:Kurzy.cz, [Citace 16.12.2019]. www.kurzy.cz/pocasi-v-ceske-republice/kolin/statistiky/.

LINDSEY, P., BASSUK,N. 1991. Specifying soil volumes to meet the water needs of mature urban street trees and trees in containers. *Journal Of Arboriculture.* 1991, Sv. 17, 6, stránky 141 - 149.

METEOBLUE AG. *Meteoblue.* [Online] [Citace: 5. 5 2019.] https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/kol%c3%adn_%c4%8cesko_3073371.

NOWAK, D.J., HEISLER, G. 2010. Air Quality Effects of Urban Trees and Parks. *Research Series.* místo neznámé, USA : National Recreation and Park Association, 2010. str. 4 s.

NOWAK, D.J.,. 2018. The Effects Of Urban Trees on Air Quality. Syracuse,NY, USA : USDA Forest Service, 2018.

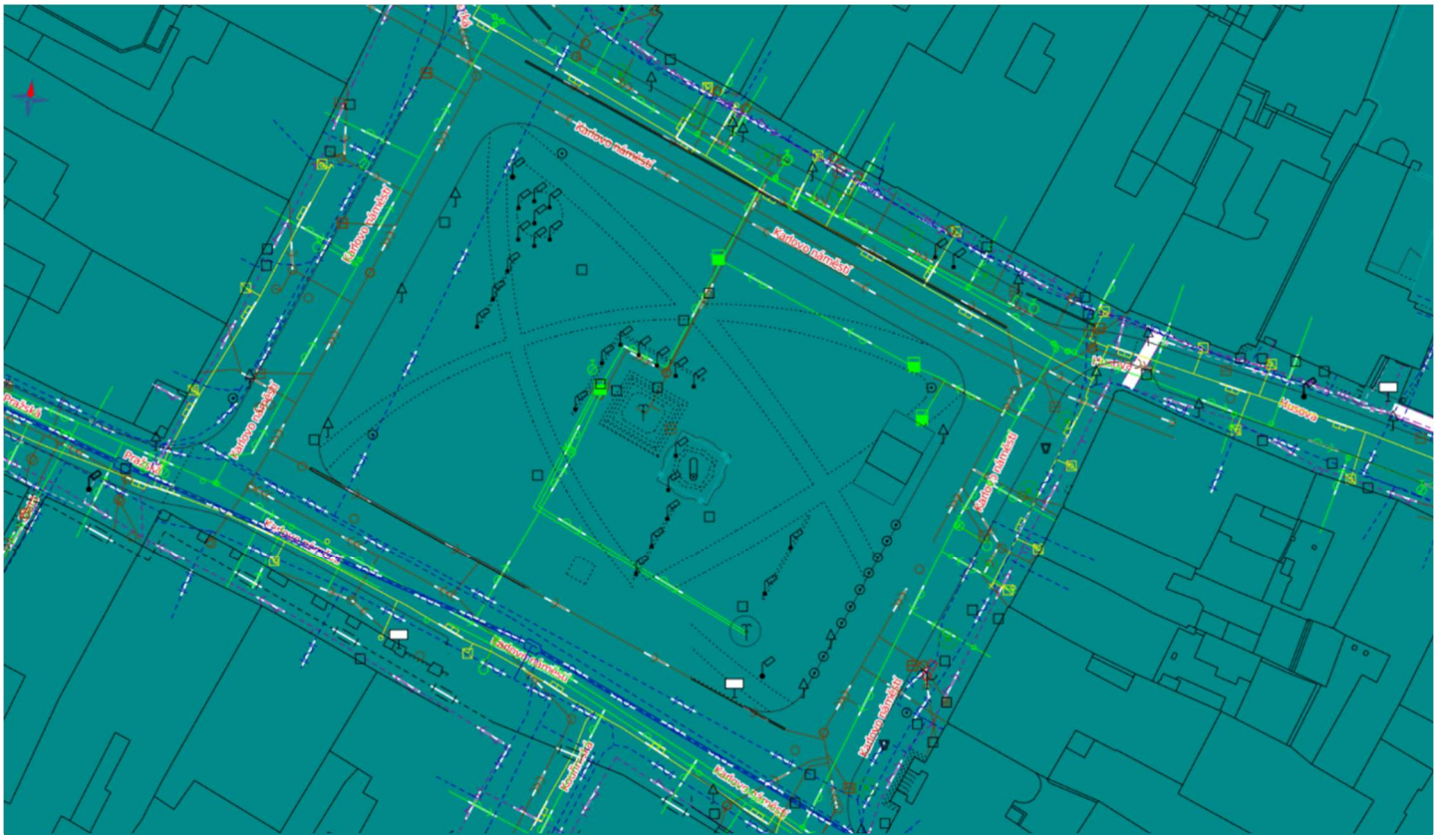
ŠUHÁJKOVÁ, Petra, KOŽÍN, Roman,BERAN, Adam, MELIŠOVÁ, Eva, VIZINA, Adam,HANEL, Martin. 2019. Aktualizace empirických vztahů pro výpočet výparu z vodní hladiny na základě pozorování výparu ve stanici Hlasivo. *VTEI.* [Online] 9. 8 2019. https://www.vtei.cz/2019/08/aktualizace-empirickych-vztahu-pro-vypocet-vyparu-z-vodni-hladiny-na-zaklade-pozorovani-vyparu-ve-stanici-hlasivo/.

URBAN, J. 1992. Bringing Order to the Technical Dysfunction Within the Urban Forest. *Journal Of Arboriculture.* 1992, Sv. 18, 2, stránky 85-90.

11. Seznam příloh

Příloha 1: umístění sítí Karlovo náměstí……66
Příloha 2: umístění sítí ulice Bachmačská…….…….72

Příloha 1: umístění sítí Karlovo náměstí



Obrázek 26 Celkový přehled inženýrských sítí – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020)

Obrázek 27 Přehled sítí elektro – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020)

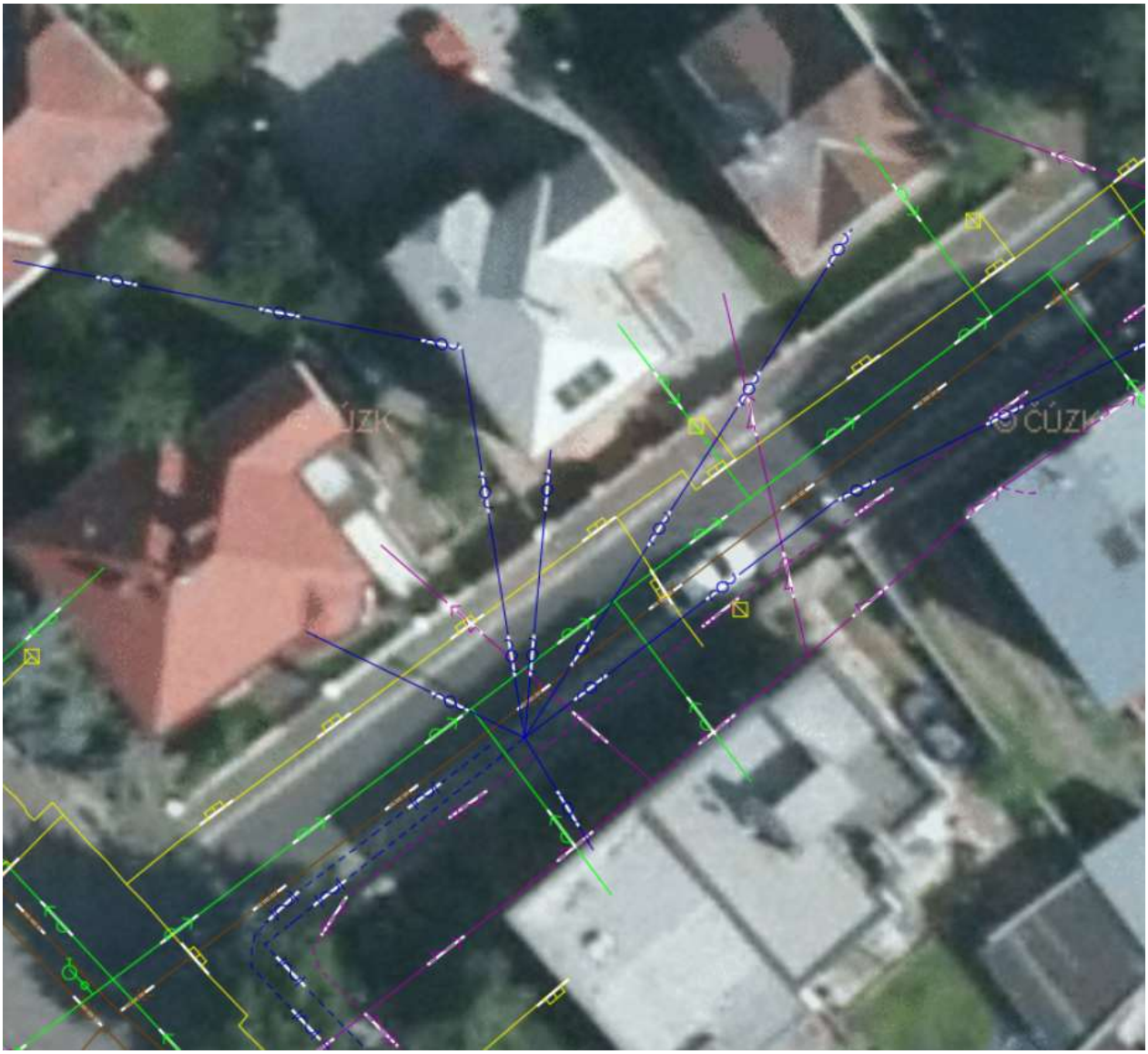
Karlovo náměstí
Husova
Husova
Karlovo náměstí
Karlovo náměstí
Karlovo náměstí

Obrázek 29 Přehled sítí – voda – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020)

Obrázek 30 Přehled sítí – plyn – Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020)

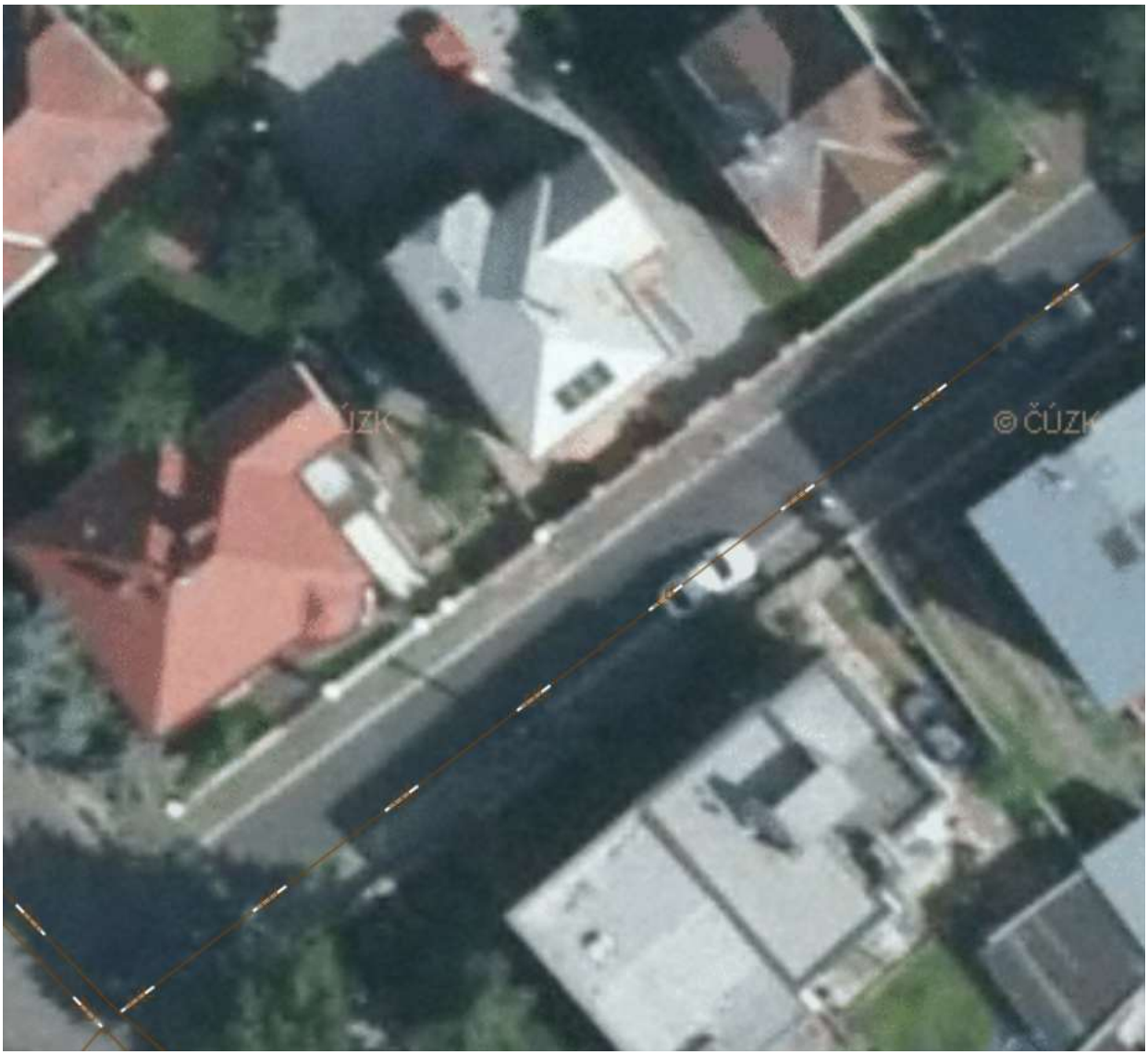
Obrázek 31 Přehled sítí sdělovacího vedení– Karlovo náměstí (GEPRO s.r.o., 2020)

Příloha 2: umístění sítí ulice Bachmačská



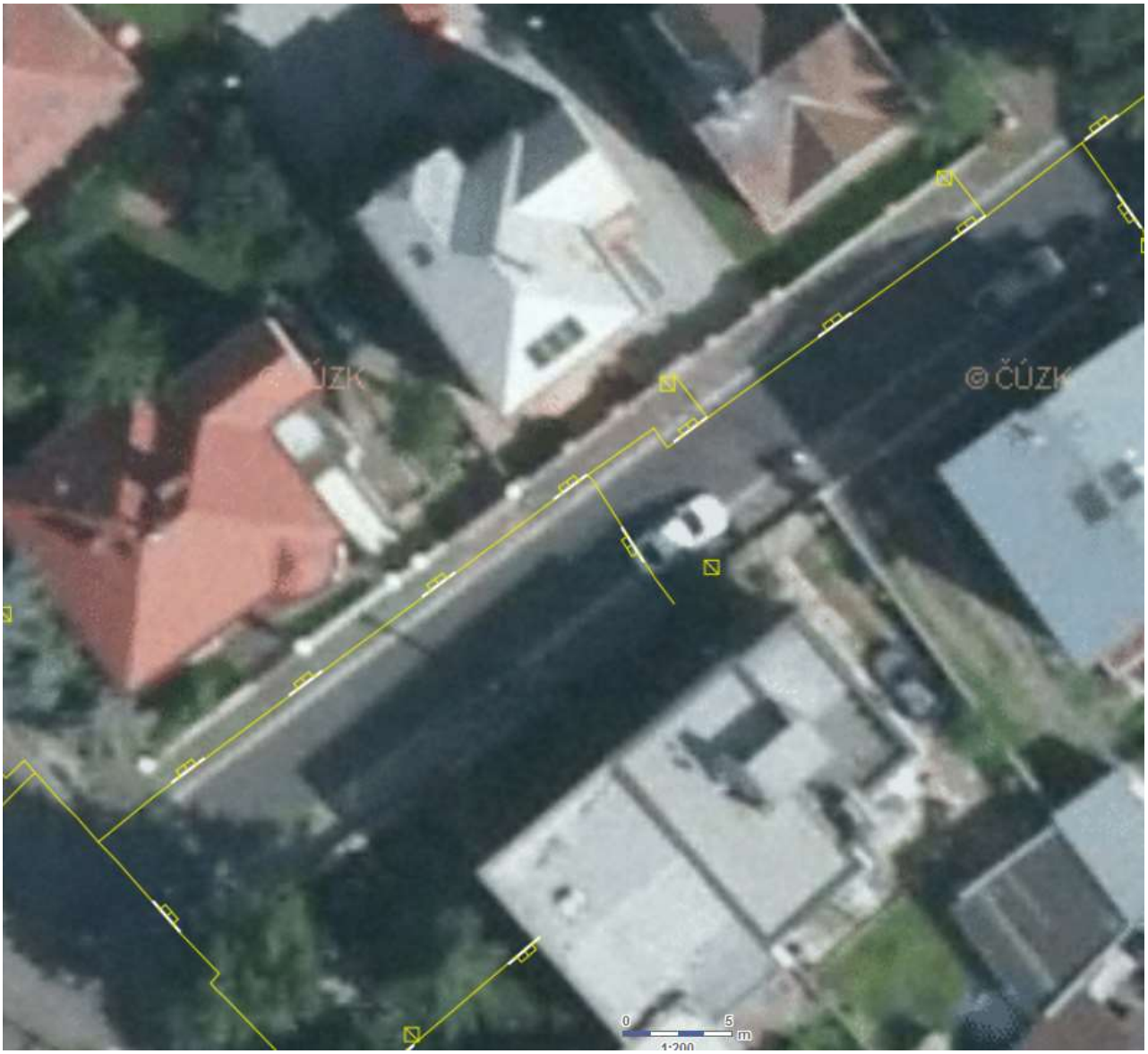
Obrázek 32 Bachmačská ulice (povrchová situace) (GEPRO s.r.o., 2020)

Obrázek 33 Přehled sítí elektro – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)



Obrázek 34 Přehled sítí kanalizace – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)

Obrázek 35 Přehled sítí – voda – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)



Obrázek 36 Přehled sítí – plyn – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)

Obrázek 37 Přehled sítí sdělovacího vedení – ulice Bachmačská (GEPRO s.r.o., 2020)