



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

AUTOMATIZOVANÉ ZÁVLAHOVÉ SYSTÉMY

AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Vrbka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Kárník

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Tomáš Vrbka**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Jan Kárník**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Automatizované závlahové systémy

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V dnešní době patří fotbalové trávníky k jednomu z nejzatěžovanějších travnatých ploch. Na kvalitu trávníku má výrazný vliv systém závlahy. Tato oblast prodělala v posledních letech výrazný posuv a moderní závlahové systémy jsou nyní dostupné i menším fotbalovým oddílům. Je proto vhodné seznámit se s návrhem těchto systémů.

Cíle bakalářské práce:

Cílem této bakalářské práce bude bližší seznámení se s možnostmi automatických závlahových systémů, s jejich komponenty a s celkovou koncepcí a možnostmi řešení automatických závlahových systému zejména pro účely fotbalových hřišť.

Součástí práce by měl být rovněž jednoduchý návrh závlahového systému pro fotbalové hřiště dle daných parametrů.

Seznam literatury:

HUNTER INDUSTRIES, <http://www.hunterindustries.com/>, přístup 22. říjen 2015

PANGA trade, s.r.o., <http://www.pangeatrade.cz/automaticke-zavlazovani/zavlazovaci-system/>, přístup 26. říjen 2015

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi využití automatizovaných závlahových systémů. Cílem této práce je vytvořit návrhové řešení pro zadané parametry fotbalového hřiště. Mezi tyto parametry patří rozměry hřiště a parametry již umístěného čerpadla. Kromě návrhového řešení obsahuje práce také teoretickou část, která se zabývá popisem, návrhem a instalací automatizovaného závlahového systému a jeho prvků. Dále práce obsahuje výpočet tlakových ztrát závlahového systému a cenový odhad navržených součástí závlahového systému.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatizovaný závlahový systém, fotbalové hřiště, automatizace, zavlažování.

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the possibilities of using automatic irrigation systems. The goal of this thesis is to create a design solution for specified parameters of the football pitch. The parameters include dimensions of the pitch and the parameters of already placed pump. In addition to the design solution the thesis includes theoretical part which deals with the description, design and installation of an automatic irrigation system and its components in addition to design solution. The thesis also includes the calculation of pressure losses of the irrigation system and a price estimate for the designed components of the irrigation system.

KEYWORDS

Automatic irrigation system, football pitch, automation, irrigation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VRBKA, T. *Automatizované závlahové systémy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 57 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Kárník.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jan Kárníka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2016

.....

Tomáš Vrbka

PODĚKOVÁNÍ

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Janu Kárníkovi za odborné vedení a dále panu Ing. Michalu Bokovi za cenné rady a připomínky, které mi v průběhu zpracování bakalářské práce poskytl.

OBSAH

Úvod.....	15
1 Automatizovaný závlahový systém	17
1.1 Výhody automatizovaného závlahového systému	17
1.2 Návrh automatizovaného závlahového systému	17
1.3 Pravidla a postup instalace automatizovaného závlahového systému	20
1.4 Údržba automatizovaného závlahového systému	21
1.4.1 Zazimování automatizovaného závlahového systému.....	21
1.4.2 První jarní spuštění automatizovaného závlahového systému.....	22
2 Komponenty automatizovaného závlahového systému	23
2.1 Hlavní sestava	23
2.1.1 Redukční ventil	23
2.1.2 Filtr mechanických částic	23
2.1.3 Potrubní oddělovač	23
2.1.4 Zpětná klapka.....	24
2.1.5 Vypouštěcí ventil	24
2.2 Řídící jednotka	24
2.3 Senzory a čidla závlahového systému	25
2.3.1 Typy senzorů a čidel	25
2.4 Elektromagnetické ventily.....	26
2.5 Potrubí a spojky.....	27
2.6 Postřikovače	27
2.6.1 Rozprašovací postřikovače	28
2.6.2 Rotační postřikovače.....	28
2.6.3 Úderové postřikovače	29
2.7 Mikrozávlaha.....	30
2.7.1 Kapková závlaha.....	30
2.7.2 Bodová mikrozávlaha	30
2.7.3 Mikropostřikovače	30
3 Zavlažování fotbalových hřišť	31
3.1 Správná závlaha fotbalového hřiště.....	31
3.2 Koncepční řešení závlahy fotbalové hrací plochy.....	31
3.2.1 Koncepční řešení 10+3	31
3.2.2 Koncepční řešení 16+8	32
3.2.3 Koncepční řešení 20+15	33
3.3 Alternativní řešení	34

3.3.1	Pohyblivý zavlažovací vozík	34
4	Návrh zavlažování dle zadaných parametrů	35
4.1	Zadané parametry hřiště	35
4.2	Zadané parametry a umístění čerpadla	35
4.3	Měrná energie čerpadla	36
4.4	Dopravní výška čerpadla	36
4.5	Tlak ve výtlačném hrdle čerpadla	37
4.6	Výběr postřikovače	37
4.7	Výběr potrubí	37
4.8	Výběr elektromagnetického ventilu	37
4.9	Návrh potrubního systému a umístění postřikovačů	38
4.10	Výpočet minimálního potřebného tlaku čerpadla	39
4.10.1	Určení ztráty v kloubové přípojce	39
4.10.2	Výpočet rychlosti v potrubí 50x3	39
4.10.3	Výpočet rychlosti v potrubí 63x3,8	40
4.10.4	Výpočet ztráty kolena PE 50/90°	40
4.10.5	Výpočet ztráty kolena PE 63/90°	40
4.10.6	Výpočet ztrát t-tvarovek	41
4.10.7	Výpočet ztrát vlivem délky potrubí	41
4.10.8	Výpočet ztráty redukce	42
4.10.9	Ztráty hlavní sestavy	42
4.10.10	Celkové ztráty v systému	44
4.10.11	Výpočet potřebného tlaku čerpadla ve výtlačném hrdle	44
4.10.12	Minimální dopravní výška	45
4.11	Přepočet tlakových ztrát a výběr náhradního čerpadla	45
4.11.1	Celkové ztráty po úpravě systému	45
4.11.2	Výpočet potřebného tlaku ve výtlačném hrdle náhradního čerpadla	46
4.11.3	Minimální dopravní výška náhradního čerpadla	46
4.12	Volba řídicí jednotky a výpočet průřezu kabelů	47
4.13	Cenový odhad materiálu a příslušenství	48
	Závěr	49
	Seznam použitých zkratk a symbolů	53
	Seznam použitých obrázků	55
	Seznam příloh	57

ÚVOD

V dnešní době jsou zavlažovací systémy neodmyslitelnou součástí našich životů. Velké travnaté plochy nebo i malé zahrady potřebují pravidelný a rovnoměrný přísun vody, který může zajistit pouze automatizovaný systém. Zavlažovací systémy také zvyšují výnosy zemědělských plodin.

Dříve byly automatizované systémy používané pouze na velkých stadionech bohatých klubů. Díky využití modernějších způsobů výroby a technologických postupů se stal automatizovaný závlahový systém dostupný i pro menší sportovní kluby. Kvalitní, svěže zelený, anglický trávník fotbalového hřiště by nikdy neexistoval bez pravidelného a dostatečného zavlažování.

1 AUTOMATIZOVANÝ ZÁVLAHOVÝ SYSTÉM

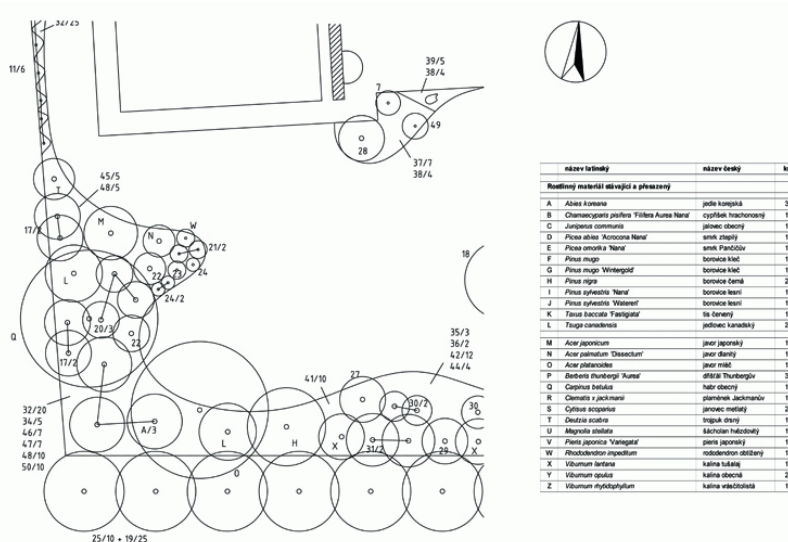
Automatizovaný závlahový systém je charakterizován naprogramovatelnou řídicí jednotkou, která se stará o celý závlahový systém. Skládá se z pod zemí ukrytého potrubí v hloubce 25 až 30 cm a výsuvných postřikovačů ukrytých pod úrovní terénu. Po otevření přívodu vody elektromagnetickými ventily se postřikovače vysunou nad terén a po skončení závlahy se opět zasunou do podzemních pouzder. Nic nebrání sekání trávy ani užívání si zahrady.

1.1 VÝHODY AUTOMATIZOVANÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

- úspora vody díky cílenému rovnoměrnému zavlažování a minimalizování odpařování zavlažováním v ranních nebo nočních hodinách
- lepší využití vody a šetrnější způsob zavlažování
- pracuje v závislosti na srážkovém úhrnu, takže se zbytečně nespíná při dešti
- návratnost vynaložené investice díky úspoře vody
- úspora času jelikož nepotřebuje lidskou obsluhu a pracuje zcela automatizovaně
- oproti ostatním způsobům zavlažování je trvale chráněna proti odcizení
- snadná obsluha pomocí řídicí jednotky nebo dálkového ovládání
- rozdělení systému podle potřeby zavlažování do sekcí, čímž se zvyšuje efektivita zavlažování

1.2 NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Ani sebelepší komponenty závlahového systému nezajistí správnou a rovnoměrnou závlahu, když je systém špatně navržený. K návrhu závlahového systému je nejprve potřeba zjistit co nejvíce informací o pozemku. Tyto podklady jsou získávány z tzv. osazovacího plánu, viz obr. 1. Osazovací plán je výkres v měřítku, ve kterém jsou zaneseny všechny detaily výsadby a stavební prvky. Pokud není osazovací plán vytvořen, tak lze vytvořit pláněk ručně na milimetrový papír a v odpovídajícím měřítku.

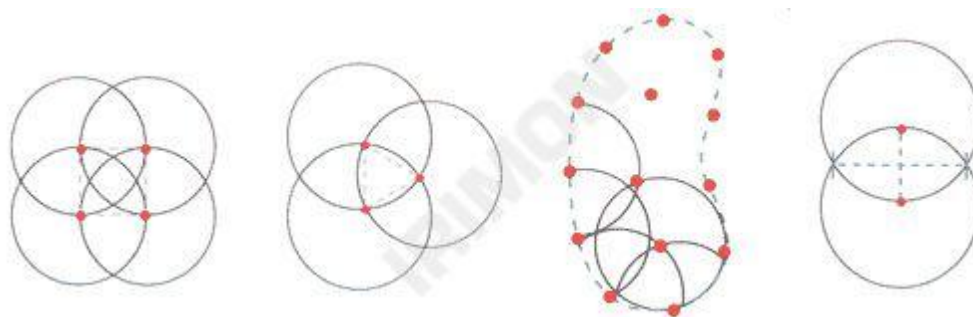


Obr. 1 Příklad osazovacího plánu [10]

Další důležitou informací je zdroj vody pro závlahový systém. Pokud se jedná o studnu, je potřeba znát její hloubku, průměr, výšku hladiny, vydatnost. Je-li již instalováno čerpadlo, tak je potřeba z dodaných materiálů vyčíst o jaký typ se jedná a jakou má čerpací křivku. V případě zapojení k vodovodu si musíme zjistit dimenzi zapojení, tlak a maximální průtok.

Dále si musíme zjistit půdní typ pod travnatou plochou, kvůli propustnosti podloží. Podle propustnosti se určuje délka zavlažování. Pokud máme nepropustnou půdu, tak zavlažování probíhá častěji v menších dávkách, aby nevznikaly kaluže vody na trávníku a nedocházelo k uhnívání kořenů trav. Při dobré propustnosti se zvyšuje délka zavlažování a zmenšuje se četnost.

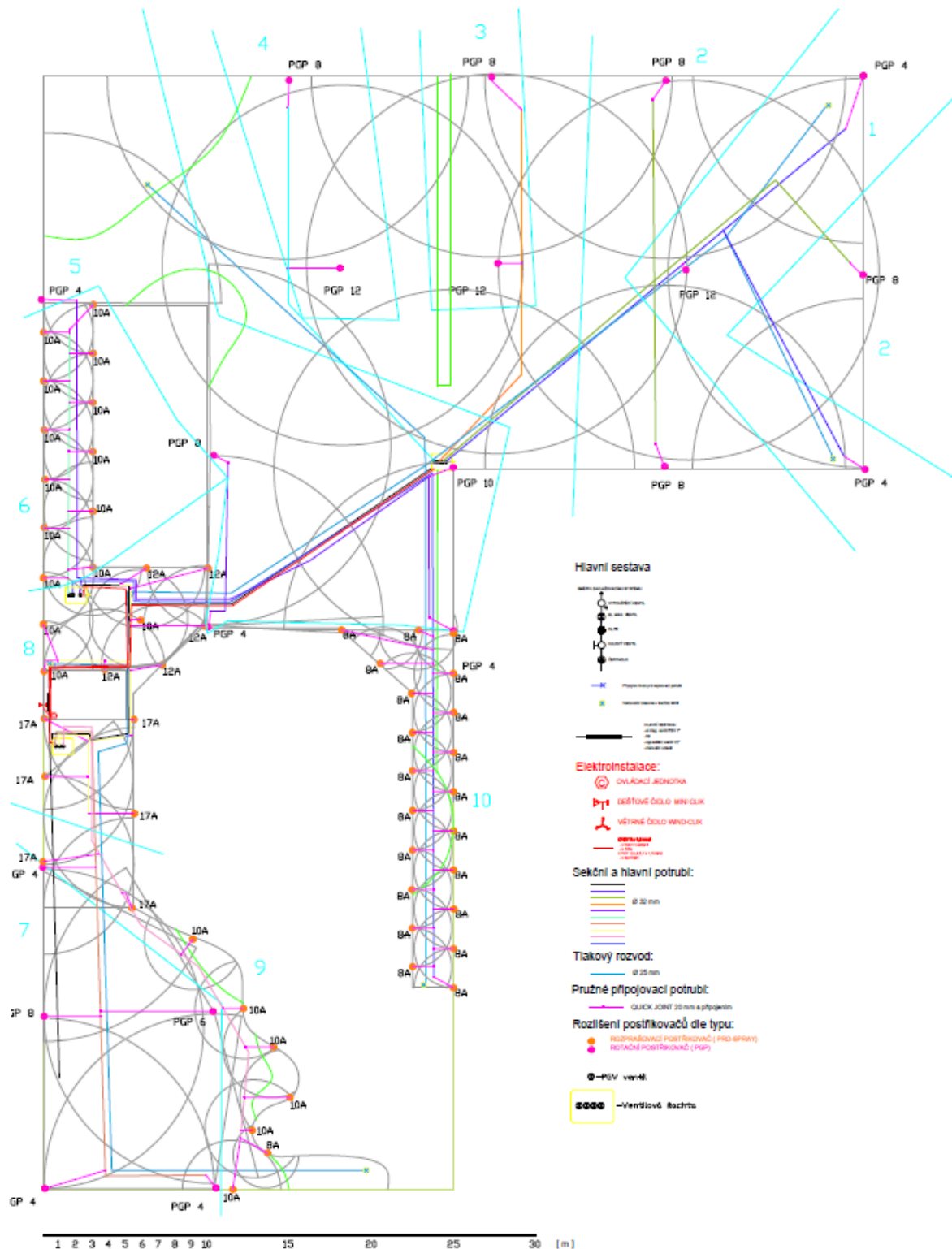
Při vlastním návrhu rozmístění postřikovačů je potřeba dodržovat pravidlo o dostatečném překrývání ploch sousedními postřikovači. Toto pravidlo říká, že vzájemná vzdálenost postřikovačů se má rovnat jejich maximálnímu dostřiku, tím se docílí nejlepší rovnoměrnosti závlahy. Postřikovače se nejprve umísťují do rohů pozemku, poté se zaplní jeho strany. V dalším kroku se obklopí všechny překážky na pozemku. Nakonec se zaplní i zbytek. Pro zaplnění pozemku se využívají tři základní spony - trojúhelníkový, čtvercový a liniový.



Obr. 2 Základní spony postřikovačů [13]

Návrh typu trysek závisí na velikosti travnaté plochy. Pro malé plochy stačí rozprašovací postřikovače s dostřikem 5,5 m. U větších zahrad se však používají postřikovače rotační. Nakonec se postřikovače musí seskupit do jednotlivých sekcí. Rozdělují se podle stejných nebo srovnatelných typů. Každá sekce by měla mít stejnou spotřebu vody. Ta se spočítá jednoduchým součtem průtoků jednotlivých trysek postřikovačů. Sekce jsou od sebe odděleny elektromagnetickými ventily. Poté se spočítá celková délka navrhovaného potrubí a zkontroluje se, jestli vše vyhovuje v závislosti na ztrátách a kapacitě zdroje. Jako poslední se najde ideální umístění pro ovládací jednotku a jednotlivé senzory. Jednotka se nejčastěji umísťuje v garáži či zahradním domku.

Po propočítání a určení všech parametrů se vytvoří návrhový výkres automatizovaného závlahového systému, viz obr. 3.



Obr. 3 Výkres návrhu automatizovaného závlahového systému [13]

1.3 PRAVIDLA A POSTUP INSTALACE AUTOMATIZOVANÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Jelikož je automatizovaný závlahový systém umístěn v zemi, tak první operací, která se provádí při instalaci systému, jsou zemní výkopové práce. Při provedení zemních výkopových prací se musí dbát především na stav trávníku. Záleží na tom, jestli je již trávník plně vzrostlý se silnými kořeny nebo jestli se jedná o novou zahradu bez trávníku. U starších trávníků se zabráňuje jeho poškození sejmutím (vyříznutím) části trávníku s kořeny v místech budoucí instalace automatizovaného závlahového systému. Výkopové práce se provádí ručně nebo strojově, záleží na dostupnosti terénu. Hloubka výkopových prací se podle typu plochy pohybuje od 30 do 50 cm.

Po provedení potřebných výkopových prací se jako první ukládá na své místo potrubí. Instalace rozvodného potrubí se poté provádí ve hloubce 25 - 30 cm pod povrchem u rodinných domů nebo ve hloubce 40 cm u sportovních či jinak namáhaných ploch. Nejprve se instaluje hlavní páteřní rozvod, ke kterému jsou posléze nainstalovány všechny přípojky a odbočky k postřikovačům.

Společně s rozvodným potrubím se instaluje také elektroinstalace. Ke spojení řídicí jednotky s ostatními funkčními prvky automatizovaného závlahového systému se používají kabely pro zemní instalaci, tzv. CYKY. Průměr průřezu kabelu je individuální podle počtu připojených elektromagnetických ventilů. Pro zvýšení odolnosti kabelů jsou kabely navléknuty do polyetylénových chrániček tzv. husích krků. Vlastní připojení kabelů s ventily se provádí vodotěsnými nebo vlhkotěsnými konektory. Jejich typy se od sebe opět liší v závislosti na průměru vodiče a jejich počtu.

Jako další se instalují postřikovače. K potrubí se připojují nejčastěji zespodu pomocí závitového kolena. Jsou usazeny tak, aby horní plocha (u rozprašovacích postřikovačů) nebo ochranný kryt (u rotačních postřikovačů) nepřesahovaly úroveň trávníku o více než 2-3 mm. U postřikovačů je nejdůležitější, aby byly umístěny svisle, nezávisle na sklonu trávníku. Pokud jsou postřikovače umístěny v různých výškových úrovních, tak se mezi závitové koleno a vlastní tělo postřikovače vkládá zpětný ADV ventil. Ten zabráňuje vytékání zbytkové vody z výše položeného postřikovače.

Po instalaci všech venkovních částí systému proběhne první zkouška těsnosti. Těsnost se zkouší pomocí tlakové zkoušky. Ta odhalí případné netěsnosti, které je třeba dotěsnit, aby byla zaručena správná funkčnost systému a zabránilo se zbytečným únikům vody. Princip tlakové zkoušky spočívá v natlakování systému na určitou hodnotu a poté se sleduje postupný pokles tlaku na manometru. Také se propláchne celý potrubní systém a vyplaví se nečistoty, které zůstaly v systému během instalace potrubí a ostatních komponentů.

Nyní se zapojí poslední součást závlahového systému, řídicí jednotka. Tu umístíme ve vnitřních a hlavně suchých prostorách z důvodu bezpečnosti. Pokud ji nelze umístit vevnitř, tak se musí použít řídicí jednotka s interním transformátorem. Tyto jednotky jsou dražší a musí být schované pod stříškou. Také se musí dávat pozor, aby na displej nesvítilo přímé sluneční světlo. Instalaci a zapojení ovládací jednotky musí provádět kvalifikovaná osoba. Po kontrole řídicí jednotky se zapojují senzory.

Po provedení další tlakové zkoušky, kontrole všech spojů na těsnost, kontrole funkčnosti všech elektromagnetických ventilů, se potrubí a kabeláže zasypou. Po zhutnění půdy

v zasypaných místech se vrátí vyříznuté části trávníku (pokud nějaké jsou) zpět na místo. Při vracení trávníku zpět na místo je potřeba vysypat spáry jemnou zeminou a důkladně ji zalít, čímž se zajistí správně spojení vyříznutého a původního trávníku. Při správném provedení je zásah do trávníku neznatelný již po několika dnech. Pokud se jedná o nově založenou travnatou plochu, musí se počítat s vyplavováním půdy a travních semen kolem postřikovače v prvních dnech používání systému a je potřeba občas půdu kolem postřikovače dosypat.

Ještě před prvním vyzkoušením systému proběhne poslední kontrola postřikovačů, trysek, správně nastavených výsečí. Po zkontrolování a případném seřízení postřikovačů se zkušebně naprogramuje řídicí jednotka a spustí se zavlažovací cyklus. Pokud je vše v pořádku, přeprogramuje se řídicí jednotka na běžný cyklus. Poté je potřeba několik týdnů kontrolovat a upravovat nastavení řídicí jednotky, aby bylo dosaženo optimálního nastavení v závislosti na potřebě vody, propustnosti půdy, atd.

1.4 ÚDRŽBA AUTOMATIZOVANÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Automatizovaný závlahový systém je prakticky bezúdržbový. Není se potřeba o něj speciálně starat. Údržba systému zahrnuje pouze pravidelnou kontrolu postřikovačů, čidel a ovládací jednotky, případného vyčištění filtru. Údržba a životnost systému spočívá především na zazimování a prvním jarním spuštěním.

1.4.1 ZAZIMOVÁNÍ AUTOMATIZOVANÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Podzimní zazimování se velkou měrou podílí na prodloužení životnosti systému. Proto je velmi důležité provést důkladné zazimování systému. Valná většina všech systémů má během celé sezóny zavodněny všechny prvky rozvodné sítě. Před zimou je potřeba tuto vodu vypustit, protože by mohlo dojít k jejímu zamrznutí. Hloubka uložení potrubí totiž není větší než nezámrzná hloubka půdy.

Vypuštění vody pouze za pomoci gravitačního působení není vzhledem k rovným povrchům většiny trávníků možné. Nejjednodušší způsob vypuštění vody ze systému je profouknutí celého systému stlačeným vzduchem z kompresoru. Lze takto dostat vodu ve všech částí včetně elektromagnetických ventilů. Pro zahrady rodinných domů se používají vzduchem chlazené kompresory (menší zahrady) nebo jednopístové a dvoupístové kompresory (větší zahrady, parky) s okamžitým objemovým průtokem vzduchu 16 - 45 m³/hod a s maximálním pracovním tlakem 6 - 10 barů. Přičemž k profouknutí stačí provozní tlak 2,5 - 3 bar. Pro sportovní plochy je potřeba výkonnější kompresor s okamžitým objemovým průtokem vzduchu 120 - 240 m³/hod a maximálním tlakem 8 - 12 bar. Provozní tlak je také o něco větší 3,5 - 4 bary. Při překročení provozních tlaků hrozí poškození systému. U sportovních ploch lze vypustit vodu pomocí vodní zásuvky umístěné v nejnižše položených místech.

Zazimovat se musí i čerpadlo, tlaková nádoba a případně další části. Pokud je použito ponorné čerpadlo, je ho potřeba jednou nebo dvakrát za měsíc protočit, aby se na lopatkách čerpadla nevytvořily vápenaté usazeniny. Při protáčení čerpadla se voda nesmí dostat do zazimovaného systému. Kontroluje se také čistota filtrů. Ty jsou potřeba vyčistit, aby na nich nezaschly nečistoty, které by na jaře šly jen stěží odstranit.

1.4.2 PRVNÍ JARNÍ SPUŠTĚNÍ AUTOMATIZOVANÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Správná funkčnost a dlouhá životnost také závisí na prvním jarním spuštění. Ještě než celý systém poprvé spustíme, musíme zkontrolovat tlak vzduchu v tlakové nádobě. Předchází se tím problémům při spouštění čerpadla. Před prvním spuštěním je také potřeba propláchnout potrubí a postřikovače. I když je systém profouknutý, tak na stěnách potrubí a v postřikovačích zůstává jemný šlem (tenká vrstva biologických usazenin). Tato vrstva přes zimu vyschne a popraská a může způsobit špatnou funkčnost některých komponentů. Potrubí se nejčastěji proplachuje pomocí zásuvkového obvodu přes rychlospojné ventily.

2 KOMPONENTY AUTOMATIZOVANÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Automatizovaný závlahový systém se skládá z několika základních komponentů. Na začátku každého závlahového systému je umístěna hlavní sestava. Dalšími prvky jsou řídicí jednotka, postřikovače, elektromagnetické ventily, různé senzory a čidla a prvky mikrozávlahy. Systém lze rozšířit o další části. Například o rychlospojné ventily umístěné na konci rozvodu vody, na které se dá připojit hadice pro ruční postřik nebo různé tlakové regulátory, zpětné klapky, měřicí přístroje.

2.1 HLAVNÍ SESTAVA

Hlavní sestava se nachází přímo za čerpadlem a má za úkol zajistit potřebné parametry vody, tedy tlak a především čistotu. Základními komponenty hlavní sestavy jsou hlavní uzavěr vody, který je tvořen kulovým ventilem. Dále zahrnuje redukční ventil, filtr mechanických nečistot, potrubní oddělovač, zpětnou klapku a vypouštěcí ventil.

2.1.1 REDUKČNÍ VENTIL

Jeho instalace je nutná, pokud máme systém napojený na vodovodní řád a nemáme vlastní zdroj vody a čerpadlo. Například o víkendech ve večerních hodinách, můžeme pozorovat v potrubí kolísavý tlak. Úkolem redukčního ventilu je udržet tlak v rámci možností stabilní a zajistit tak stále stejný dostřik postřikovačů.

2.1.2 FILTR MECHANICKÝCH ČÁSTIC

Filtr čistí vodu vstupující do systému od drobných mechanických nečistot a je nezbytný pro správnou funkčnost a životnost systému. Jednotkou jemnosti filtru je mesh. Jednotka pochází z americké praxe a udává počet ok síta na délku jednoho palce. Pro výsuvné postřikovače se používají filtry s jemností 75 až 100 mesh. Kapková závlaha vyžaduje ještě jemnější filtry od 120 do 150 mesh. Filtry používané pro závlahové systémy jsou převážně mosazné, kvůli velkým působícím tlakům. Plastové filtry lze použít, pokud používáme vodu z domácí vodárny. Dle množství filtrované vody je třeba vybírat odpovídající plochu filtru, aby se nezanášel nečistotami. Pro velké závlahové systémy, například u fotbalových hřišť, se montují filtry s velkou filtrační plochou nebo s poloautomatickým proplachem.

2.1.3 POTRUBNÍ ODDĚLOVAČ

Celoevropsky schválená norma ČSN-EN 1717 definuje potrubní oddělovač společně s vyrovnávací nádrží jako prvky použitelné pro bezpečné oddělení pitné vody od kontaminace ze závlahového systému. Používá se pouze tehdy, je-li zavlažovací systém připojen k vodovodnímu řádu. Kontaminace vody ze závlahy je způsobena zpětným tlakem, zpětným průtokem nebo zpětným nasátím. Při použití oddělovače je nutné jeho odkanalizování. Nejpoužívanější potrubní oddělovače jsou jednokomorové nebo tříkomorové. Jednokomorový oddělovač funguje na principu poklesu tlaku. Při provozu zůstává otevřen a uzavře se při poklesu vstupního tlaku pod specifikovaný otevírací tlak, který je určen výrobcem. Tříkomorový oddělovač má vnitřní prostor rozdělen na tři komory a při průtoku vody vzniká tlaková ztráta v každé komoře. Rozdíl tlaku se měří mezi první a druhou komorou. Pokud výsledný tlak klesne pod hodnotu 14kPa, přívod pitné vody se uzavře a otevře se vypouštěcí ventil ve střední komoře, kterým zbylá voda vyteče.

2.1.4 ZPĚTNÁ KLAPKA

Zabraňuje zpětnému nasátí vody do vodovodního řádu. Může nahradit potrubní oddělovač, ale nedoporučuje se, protože nefunguje se stejnou spolehlivostí. V případě použití čerpadla zabraňuje přetlačování vody zpět do čerpadla. Při zapojení zpětné klapky za filtr ve směru proudění vody umožňuje čištění filtrační vložky, aniž by se vracela voda ze systému zpět.

2.1.5 VYPOUŠTĚCÍ VENTIL

Slouží k vypuštění vody z celého systému a jako přípojka pro kompresor. Díky němu lze po skočení sezony systém profouknout a zazimovat. Na začátku sezony lze přes něj systém propláchnout a vyčistit od usazenin.

2.2 ŘÍDICÍ JEDNOTKA

Řídicí jednotka je jedním z nejdůležitějších komponentů. Je mozkiem celého automatizovaného závlahového systému a řídí správný režim zavlažování. Ten se definuje tzv. závlahovým kalendářem, ve kterém jsou určeny dny, kdy chceme zavlažovat a kdy ne. Podle potřeby také můžeme spouštět závlahový systém manuálně, mimo závlahový kalendář. Lze si také vybrat, jestli spouštět celý cyklus nebo jenom jeho část. Jednou z dalších funkcí je možnost procentuálního přenastavení naprogramované délky zavlažování. Díky této funkci lze snadno přeprogramovat řídicí jednotku např. při prudkých výkyvech počasí.

Řídicí jednotku lze podle typu naprogramovat pro ovládání různého počtu sekcí. Nejjednodušší dokážou ovládat dvě až šest sekcí, nejsložitější jsou rozšiřitelné až na 36 nebo 48 sekcí. Řídicí jednotka je spojena přímo s jednotlivými elektromagnetickými ventily, čímž řídí přísun vody do jednotlivých sekcí. Během jednoho zavlažovacího cyklu, kterých může být i několik za jeden den, dochází postupně k zavlažování ve všech sekcích.

V dnešní době jsou nejvíce používané jednotky v nástěnném provedení. Mohou být instalovány jak uvnitř interiéru, tak i vně. Tyto jednotky se připojují na transformátor 230V/24V. V případě výpadku elektrického proudu mají ve výbavě také záložní zdroj, nejčastěji 9V baterie. Lze je tedy využívat od menších zahrad až po rozlehlé parky.



Obr. 4 Řídicí jednotka X-Core [2]

Pokud z nějakého důvodu nelze napájet řídicí jednotku přímo, nebo je problém s uložení ovládacích kabelů, tak se používají bezdrátové spouštěcí moduly, které se umísťují přímo k elektromagnetickým ventilům do speciálních komor. Ovládají se pomocí dálkového ovládání, na které jsou všechny moduly napojeny, čímž je zajištěno jejich snadné ovládání.

2.3 SENZORY A ČIDLA ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Senzory a čidla závlahového systému zajišťují jeho chod v závislosti na proměnlivosti počasí. Mají univerzální použití a spolupracují s každým automatizovaným závlahovým systémem. Čidla musí být umístěna ve volném prostoru, aby byla zajištěna jejich správná funkčnost a dokázala reagovat na změny počasí. Pokud se čidla aktivují, tak dojde k zablokování závlahového programu a po vyblokování čidel se program opět spustí.

2.3.1 TYPY SENZORŮ A ČIDEL

- **Dešťový senzor**

Běžná součást každého automatizovaného závlahového systému. Senzor zablokuje systém po dosažení nastaveného srážkového úhrnu (obvykle 3 mm) na dobu, dokud opět nevyschne. Čímž se zabraňuje zbytečnému plýtvání vodou. Pokud je déšť natolik slabý, že nedosáhne nastaveného srážkového úhrnu, tak závlahový cyklus proběhne. Tyto senzory se montují na osluněné prostory, na rovné vertikální plochy, jako jsou například zdi nebo ploty. Lze také přimontovat čidlo, které reaguje na první kapky deště a automaticky zablokuje závlahový cyklus.



Obr. 5 Dešťový senzor Rain-Click [2]

- **Větrné čidlo**

Toto čidlo slouží k měření rychlosti větru, protože i při relativně malých rychlostech dochází k ovlivnění rozstříkované vody. Při velké síle větru se totiž může voda dostat i na místa, která chceme, aby zůstala suchá, jako například na chodníky nebo cesty. Na větrném čidle se nastavují dvě hodnoty. První je vždy vyšší a určuje, při jaké síle větru se má systém vypnout. Druhá hodnota je naopak nižší a udává rychlost, kdy se systém znovu zapojí. Instalace senzoru se provádí především na střeších.



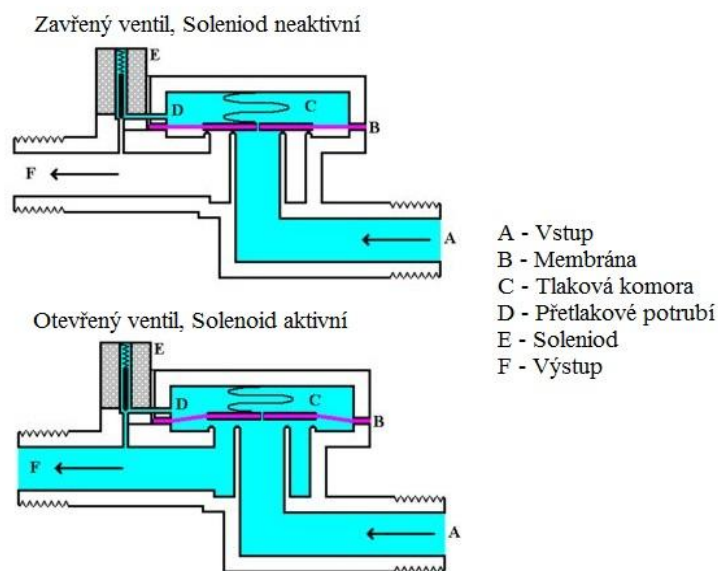
Obr. 6 Větrný senzor Wind-clip [2]

- **Teplotní čidlo**

Teplotní čidla se používají jen ve výjimečných případech. Slouží k zastavení zavlažování, pokud teplota klesne pod 3°C. Zabraňuje se tak zmrznutí vody na listech rostlin.

2.4 ELEKTROMAGNETICKÉ VENTILY

Elektromagnetické ventily jsou přímo napojeny na řídicí jednotku a společně s ní řídí otevírání a zavírání jednotlivých sekcí automatizovaného závlahového systému. Často se také používá jeden hlavní ventil, který se otevírá jako první a zavírá se až jako poslední, když proběhne celý zavlažovací cyklus. Tím se zajišťuje zavodnění celého systému za nulového přetlaku. To má příznivý vliv na zatěžování spojů a prodloužení životnosti systému. Ventily se ukládají do speciálních šachtic.



Obr. 7 Schéma elektromagnetického ventilu [14]

2.5 POTRUBÍ A SPOJKY

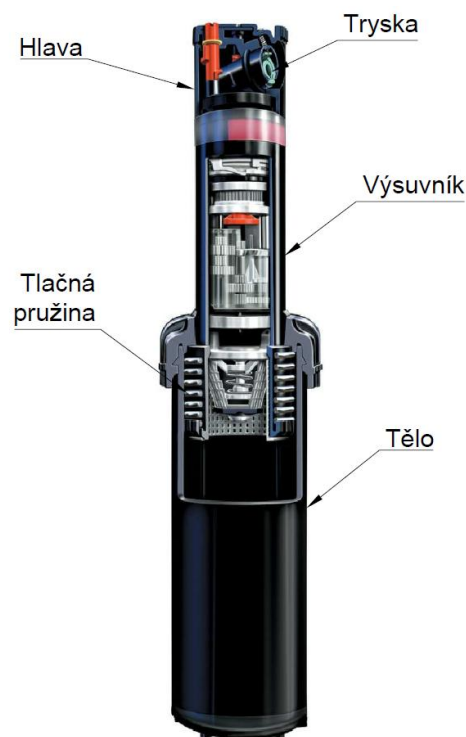
Pro zavlažovací síť se nejčastěji používá potrubí vyrobené z polyetylenu (PE). Používá se ve dvou variantách s označením PE-HD a PE-LD. HD varianta se používá především pro vysokotlaké systémy nebo pro průměr potrubí větší než 63 mm. Spoje tvrdšího potrubí se svařují polyfúzí pomocí elektrotvarovek. LD varianta se používá častěji kvůli vhodnějším vlastnostem pro automatizované závlahové systémy. Vyrábí se v průměrech od 25 do 63 mm ve třech tlakových řadách PN7,5 a PN10. Ke spojování těchto trubek se používají mechanické šroubové tvarovky.

2.6 POSTŘIKOVAČE

Postřikovače jsou v podstatě jedinou viditelnou pracovní částí závlahového systému. Skládají se ze dvou hlavních částí, z těla postřikovače a z hlavy postřikovače, ve které je umístěna tryska.

Tělo postřikovače je hlavním „dříčem“ automatizovaného závlahového systému. Bývá z velké části umístěno pod úroveň trávníku. Pod zemí je k němu přivedena potrubím voda. Potrubí je spojeno s tělem závitovým kolenem. Pokud je vnitřní část těla výsuvná, tak se nazývá výsuvník. Postřikovač se vysouvá za pomoci zvýšení tlaku. Zasunování výsuvníku i za špatného počasí zajišťuje silná vratná pružina. V případě svažitého terénu se používá zpětný ADV ventil. Ten omezuje tlakové rázy a zabraňuje vytékání vody z postřikovačů, čímž zabraňuje nežádoucímu zavzdušnění systému.

Hlava postřikovače je umístěna až na vršku těla. Bývá v ní umístěn vestavěný uzavíratelný ventil. Ten umožňuje manuální otevírání a zavírání průtoku vody. Takže lze snadno vyměnit trysku nebo provést údržbu postřikovače, a to i za chodu. Také může být vybavena šroubem, kterým se reguluje dostřik.



Obr. 8 Řez rotačním postřikovačem [3]

2.6.1 ROZPRAŠOVACÍ POSTŘIKOVAČE

Rozprašovací postřikovače se používají především pro menší a členité plochy. Jejich efektivní poloměr dostřiku se pohybuje v rozmezí od 0,6 m do 5,5 m podle zvolené trysky. Vyrábí se jich celá škála typů. Liší se různými přidanými funkcemi, výškou výsuvu a také různou pevností a odolností na tlak proti pojezdu zahradní techniky. Nejjednodušší typy mají integrovanou trysku. Trysky mají nastavitelnou různou výšeč postřiku od 45° do 360°.



Obr. 9 Rozprašovací postřikovač 17A [2]

2.6.2 ROTAČNÍ POSTŘIKOVAČE

Rotační postřikovače nacházejí nejširší uplatnění. Nejmenší modely postřikovačů mají dostřik 5 m, největší postřikovače dokážou vodu dopravit až do vzdáleností 30 m. Používají se i na malých zahradách, největší uplatnění však mají na velkých plochách, jako jsou parky. Jejich výhradní použití je na sportovních plochách. Všechny modely mají výměnnou trysku, často s několika otvory pro lepší distribuci vody. Lze u nich nastavit různou výšeč postřiku a bývají vybaveny výšečovou pamětí, která zajišťuje návrat postřikovače do původní polohy v případě násilného přetočení. Pokud jsou použity v kyselých půdách, bývají vybaveny nerezovým výsuvníkem. Především na sportovních plochách se používají oboustranně směrové trysky, které mají hlavní a vedlejší trysky v opačných směrech. Dochází tak k vyšší rovnoměrnosti zavlažování, a také zkrácení doby potřebné pro zavlažování. Na sportovních plochách bývají postřikovače doplněny speciálními kryty s umělou nebo skutečnou trávou.



Obr. 10 Rotační postřikovač I-40 [2]

Speciálním typem rotačního postřikovače jsou hlavice MP Rotator. Ty se instalují místo standardních trysek na těla rozprašovacích postřikovačů. Vyrábí se pouze v několika variantách. Dostřik MP Rotatoru je od 2,5 m do 10 m. Jeho velkou výhodou je mimořádně vysoká rovnoměrnost postřiku a nízká spotřeba vody.



Obr. 11 Hlavice MP Rotatoru MPCORNER [2]

2.6.3 ÚDEROVÉ POSTŘIKOVAČE

Tento typ postřikovačů není výsuvný a umísťuje se pouze nad zemí. Montují se buď na stabilní stojan, nebo na pohyblivý vozík, ke kterému je připojena pružná hadice. Mechanismus postřikovače je poháněn paprskem vody vystřikujícím z trysky postřikovače. Výhodou těchto postřikovačů je velký dostřik a mobilita. Pro automatizované závlahové systémy se téměř nepoužívají.



Obr. 12 Úderový postřikovač 25-BPJ [12]

2.7 MIKROZÁVLAHA

Prvky mikrozávlahy se používají v zahradách, zahrádkářských pěstírnách nebo v zemědělství. Dají se rozdělit do tří základních kategorií.

2.7.1 KAPKOVÁ ZÁVLAHA

Do kapkové závlahy se řadí nadzemní kapkovací potrubí, nadzemní kapkovací pásy a podpovrchová zavlažovací rohož.

Nadzemním kapkovacím potrubím se zavlažují keřové výsadby v zahradách, sklenících, parcích. Průměr kapkovacího potrubí se pohybuje v rozmezí od 16 mm do 20 mm. Kapkovače jsou rozděleny pravidelně v určitých vzdálenostech, aby byl zajištěn spoon. Každý kapkovač je tvořen labyrintem, který má za úkol snížit tlak vody před jejím výtokem ven. Při instalaci se potrubí pokládá v rovnoběžných liniích, minimálně v takové vzdálenosti jako je rozestup kapkovačů. Výhodou je jednoduchá instalace, rovnoměrná závlaha.



Obr. 13 Zavlažování kapkovacím potrubím [11]

Nadzemní kapkovací pásy se využívají především pro zemědělské účely. Zavlažují se jimi jahody, papriky, rajčata apod. Jejich nevýhodou je krátká životnost, která je zhruba jeden až tři roky. Naopak jejich výhodou je nízká pořizovací cena a bezúdržbovost.

Podpovrchová zavlažovací rohož je vytvořena ze speciální polypropylenové vlny, ve které vede kapkovací potrubí. Využívá se při zavlažování úzkých, dlouhých pruhů trávníku, kde by nebyla jiná forma závlahy možná nebo by byla obtížně instalovatelná.

2.7.2 BODOVÁ MIKROZÁVLAHA

Umožňuje závlahu jednotlivých rostlin nebo jejich skupinek v nádobách, terasách a zimních zahradách. Pracovní tlak je velmi nízký, proto je potřeba nainstalovat na začátek potrubí redukční ventil. K hlavnímu potrubí je připojena pomocí trubičky z PVC 1/4". Ta umožňuje pozdější změnu umístění závlahy.

2.7.3 MIKROPOSTŘIKOVAČE

Tímto způsobem se zavlažují rozsáhlejší keřové výsadby. K potrubí je připojena stejně jako bodová mikrozávlaha. Mikropostřikovače se často umísťují na zemní bodce nebo stojánky výšek 0,3 m nebo 0,45 m.

3 ZAVLAŽOVÁNÍ FOTBALOVÝCH HŘIŠŤ

Fotbal je světovým fenoménem, proto se klade vysoký důraz na kvalitu hrací plochy. Fotbalové hrací plochy patří v současné době k nejvíce zatěžovaným travnatým plochám. Na vysoké kvalitě hracího povrchu se podílí mnoho faktorů. Jedním z nejdůležitějších je předpoklad kvalitní závlahy hřiště, který napomáhá rychlejší regeneraci při vysoké zátěži a dodává trávniku v neposlední řadě i kvalitní vzhled. Proto se používají automatizované závlahové systémy, které zajišťují rovnoměrnost závlahy a tím i kvalitní hrací povrch při nízké spotřebě vody. Ta bývá oproti běžným přenosným a mobilním zařízením nižší až o 60 %.

Další výhodou je také zkrácení doby potřebné k zavlažování travnaté plochy, čímž ji lze intenzivněji využívat. Dále pak jednoduchá obsluha, která nevyžaduje neustálý dohled a přenášení postřikovačů. Díky poměrně jednotným rozměrům hracích ploch vychází návrh závlahového systému z několika základních koncepcí, které musí být schváleny organizací UEFA. Na rozdíl od návrhů zavlažování zahrad nebo parků, které se musí přizpůsobit konkrétním podmínkám.

3.1 SPRÁVNÁ ZÁVLAHA FOTBALOVÉHO HŘIŠTĚ

Sportovní plochy se obecně vyznačují vyšší spotřebou vody oproti zahradám či parkům. Závlaha hřiště má především za úkol udržet dostatečnou vlhkost v kořenovém systému. Nejčastější chyba během zavlažování je častá závlaha v malých dávkách (do 21 mm týdně). Tento způsob je vhodný jen pro nově založenou travnatou plochu, protože podporuje růst semen trav. Pokud se ale tento způsob aplikuje na již vzrostlou travnatou plochu, což většinou fotbalová hřiště jsou, tak většina vody zůstane na listech a vypaří se. Také se tím podporuje růst semen plevelů.

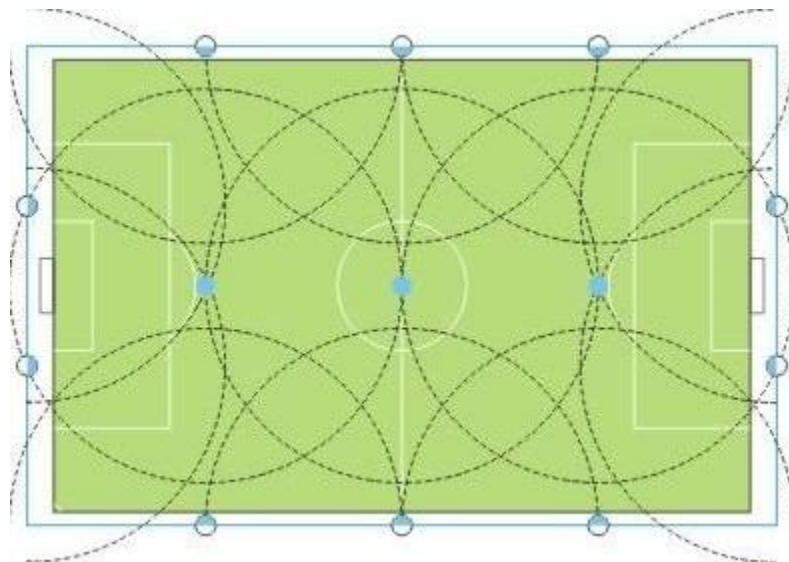
Zavlažování fotbalového hřiště probíhá ve večerních a nočních hodinách, kvůli zamezení vypařování a je rozděleno zpravidla do tří cyklů (28 mm týdně). Také se může fotbalová plocha pokropit těsně před zápasem, popřípadě tréninkem za účelem snížení tvrdosti hrací plochy. Tím se podporuje i regenerace trávniku. Pokud není dostatečná kapacita vodního zdroje, například u studny, tak se závlaha rozdělí do více cyklů, aby se zajistilo plynulé dopouštění nádrže.

3.2 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ ZÁVLAHY FOTBALOVÉ HRACÍ PLOCHY

Při vytváření koncepčního řešení se klade důraz především na rovnoměrnou distribuci vody po celém povrchu plochy. Nejčastěji používané postřikovače pracují s dostřikem kolem 22 metrů. Ty jsou rozděleny do sekcí, kvůli zohlednění stíněných ploch, například tribunami, a plně osluněných ploch. Dále se zohledňuje bezpečnost hráčů. Proto jsou postřikovače vybaveny pryžovým krytem osazeným travnatým drnem. Pro návrhy automatizovaného závlahového systému se využívají tři základní koncepty.

3.2.1 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ 10+3

První a zároveň nejstarší koncepční řešení je 10+3 (deset postřikovačů kolem hřiště a tři uvnitř). Potrubní systém je nejprve naveden po obvodu hřiště. Následně je k němu připojeno potrubí vedoucí v polovině šířky hřiště. Dnes se již toto řešení téměř nepoužívá, protože je nevýhodné z hlediska překrývání výsečí dostřiku postřikovačů a také má velkou plochu postřikovačů (průměr 20 cm).



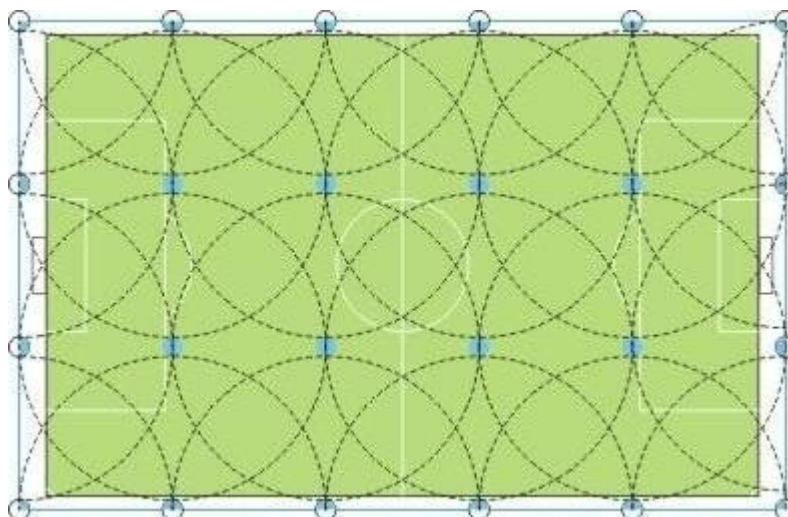
Obr. 14 Konceptní řešení 10+3 [1]

3.2.2 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ 16+8

Dalším koncepčním řešením je 16+8. Jedná se o nejvýhodnější řešení, které splňuje nejnáročnější požadavky. Je navrženo pro fotbalová hřiště s rozměry 90-105 metrů na 55-70 metrů. Využívá postřikovače s dostřikem 20-23 metrů a s průměrem pouze 4,5 cm. Výhodou tohoto řešení je rovnoměrnost závlahy. Ta je zajištěna rozdělením postřikovačů buď po dvou do dvanácti sekcí, nebo po čtyřech do šesti sekcí. V každé sekci jsou postřikovače se stejně nastavenou výšecí. Jediný rozdíl je v době závlahy každé sekce. Postřikovače s půlkruhovou výšecí budou pracovat dvakrát déle než postřikovače s čtvrtkruhovou výšecí. Lze také nastavit, aby sekce ve více zatěžovaných oblastech, například sekce kolem brankoviště, zavlažovaly déle.

Návrh také umožňuje všechny postřikovače stejné, takže není potřeba mít několik různých typů náhradních dílů. S tím souvisí i stejné trysky pro všechny postřikovače. Některé typy postřikovačů jsou mimo hlavní trysky vybaveny ještě rozprašovací vedlejší tryskou. Ta umožňuje ještě rovnoměrnější a přesnější závlahu v zatěžovaných oblastech hřiště.

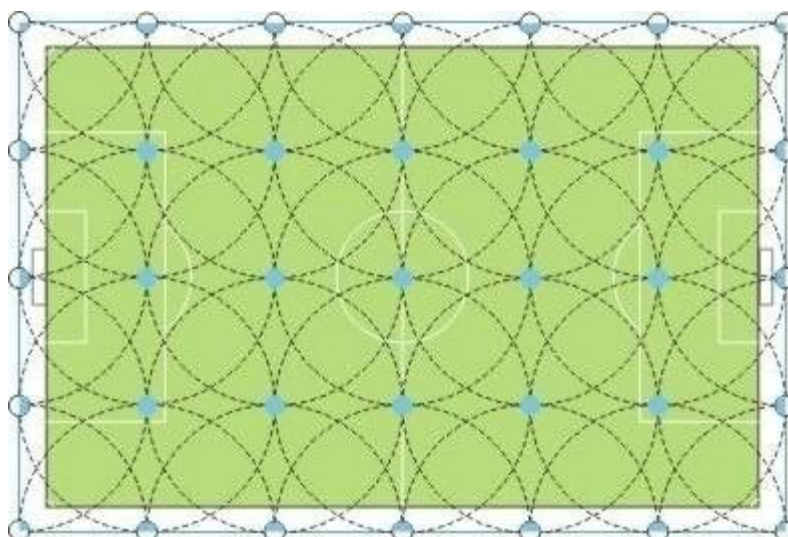
V případě velkých stadionů, které jsou pravidelně a často využívány, lze vnitřní postřikovače rozšířit o druhou hlavní trysku. Ta je pootočená o 180° od první trysky. Výrazně se tak uspoří čas potřebný pro závlahu hřiště. Ale stoupají tak nároky na použítá čerpadla.



Obr. 15 Konceptní řešení 16+8 [1]

3.2.3 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ 20+15

Posledním využívaným konceptním řešením je 20+15. Je určené především pro hrací plochy s velkými mezerami za postranními čarami, kde řešení 16+8 nezaručuje dostatečně kvalitní distribuci vody. Používají se stejné postřikovače jako při řešení 16+8.



Obr. 16 Konceptní řešení 20+15 [1]

3.3 ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ

Alternativní řešení využívají především menší kluby, které nemají dostatečné ekonomické zázemí pro pořízení automatického závlahového systému.

3.3.1 POHYBLIVÝ ZAVLAŽOVACÍ VOZÍK

Tento „poloautomatický“ vozík zaručuje rovnoměrnější distribuci vody než klasické stacionární postřikovače. Díky vyvážené kombinaci ceny, spolehlivosti a způsobu zavlažování se jedná o jedno z nejpoužívanějších alternativních řešení pro menší fotbalové kluby. Může být použit i na atletická hřiště nebo jiné velké travnaté plochy, například průmyslové areály, kde je obtížná instalace automatizovaného závlahového systému. Pohybuje se pomocí tlakem poháněného turbínového motoru fungujícího bez elektrického proudu nebo paliva. Přívod vody zabezpečuje pružná hadice. Na vrcholu vozíku je umístěn úderový postřikovač. Vozík se pohybuje ve směru vodícího lana, které se umístí na protilehlý konec zavlažované plochy. Po dosažení konce vodícího lana se vozík sám vypne. Zavlažování vozíkem se obvykle provádí ve dvou pruzích.



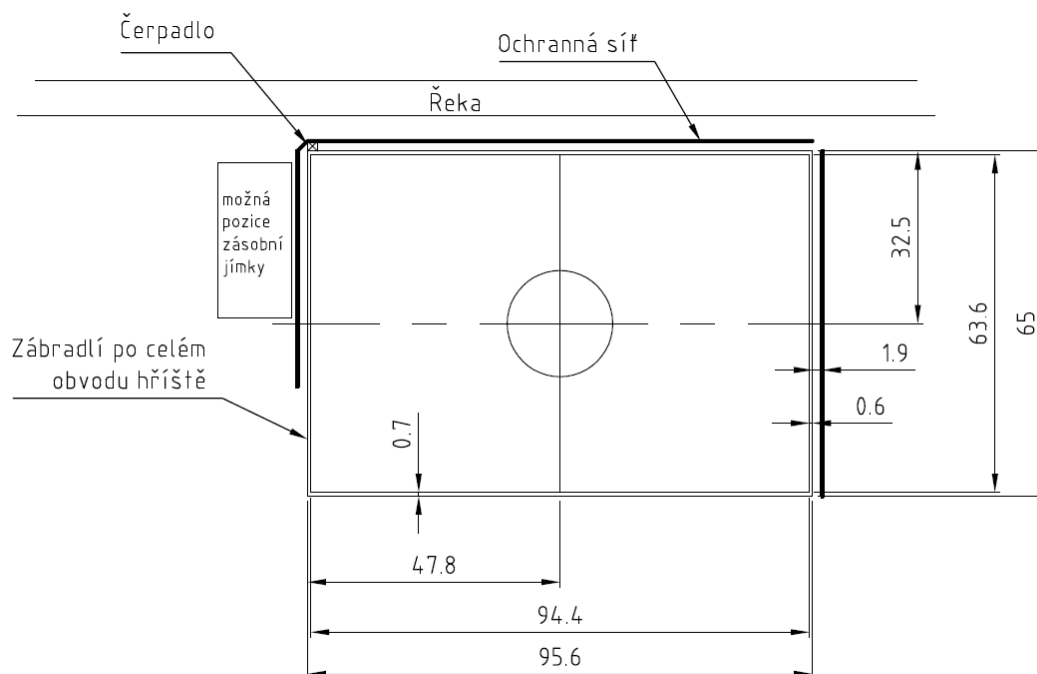
Obr. 17 Zavlažovací vozík REMO 3T [9]

4 NÁVRH ZAVLAŽOVÁNÍ DLE ZADANÝCH PARAMETRŮ

Vzhledem k požadavkům klubu na co nejmenší finanční zatížení rozpočtu klubu vychází návrh automatizovaného systému z koncepčního řešení 16+8.

4.1 ZADANÉ PARAMETRY HŘIŠTĚ

Všechny rozměry jsou uvedeny v metrech.



Obr. 18 Rozměry hřiště

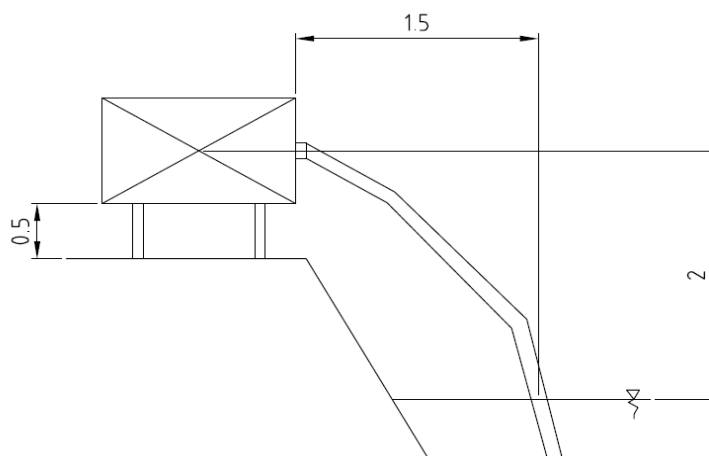
4.2 ZADANÉ PARAMETRY A UMÍSTĚNÍ ČERPADLA

Pro napájení automatizovaného závlahového systému bylo instalováno čerpadlo s těmito parametry.

- výkon $P_{\check{c}} = 5600 \text{ W}$
- objemový průtok $Q_{\check{c}} = 50,76 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$

UMÍSTĚNÍ ČERPADLA

Všechny rozměry jsou uvedeny v metrech.



Obr. 19 Umístění čerpadla

4.3 MĚRNÁ ENERGIE ČERPADLA

$$Y_{\dot{c}} = \frac{P_{\dot{c}}}{\rho \cdot Q_{\dot{c}}}$$

$$Y_{\dot{c}} = \frac{5600 \cdot 3600}{998,2 \cdot 50,76}$$

$$Y_{\dot{c}} = 397,9 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Kde:

- | | | |
|-----------------|--------------------------------------|---|
| – $P_{\dot{c}}$ | [W] | Výkon čerpadla, dle kap. 4.2 |
| – $Q_{\dot{c}}$ | [m ³ ·hod ⁻¹] | Maximální objemový průtok, dle kap 4.2 |
| – ρ | [kg·m ⁻³] | Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ |

4.4 DOPRAVNÍ VÝŠKA ČERPADLA

$$H_D = \frac{Y_{\dot{c}}}{g}$$

$$H_D = \frac{397,9}{9,81}$$

$$H_D = 40,6 \text{ m}$$

Kde:

- | | | |
|-----------------|------------------------------------|---|
| – $Y_{\dot{c}}$ | [J·kg ⁻¹] | Měrná energie čerpadla, dle kap. 4.3 |
| – g | [m ² ·s ⁻¹] | Tíhové zrychlení, dle literatury [6] $g = 9,81 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ |

4.5 TLAK VE VÝTLAČNÉM HRDLE ČERPADLA

$$p_{\check{c}} = H_D \cdot \rho \cdot g$$

$$p_{\check{c}} = 40,6 \cdot 998,2 \cdot 9,81$$

$$p_{\check{c}} = 397569,1 \text{ Pa} \cong 400 \text{ kPa}$$

Kde:

– H_D	[m]	Dopravní výška čerpadla, dle kap. 4.4
– g	[m ² ·s ⁻¹]	Tíhové zrychlení, dle literatury [6] $g = 9,81 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
– ρ	[kg·m ⁻³]	Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

4.6 VÝBĚR POSTŘIKOVAČE

Z katalogu firmy Hunter [4] je zvolen výsuvný postřikovač I-25-04-SS-25. Kde I-25 je model postřikovače, 04 je přednastavená výška výstupu v palcích (10 cm). SS značí nerezový výsuvník, ten je vybrán kvůli ochraně vůči korozi a delší životnosti. Číslo na konci 25 vyjadřuje skupinu dodávaných trysek.

Dále je pro návrh použita tryska s provozním tlakem $p_{pp} = 500 \text{ kPa}$, dostřikem 20,4 metru a objemovým průtokem $Q_p = 5,92 \text{ m}^3/\text{hod}$.

4.7 VÝBĚR POTRUBÍ

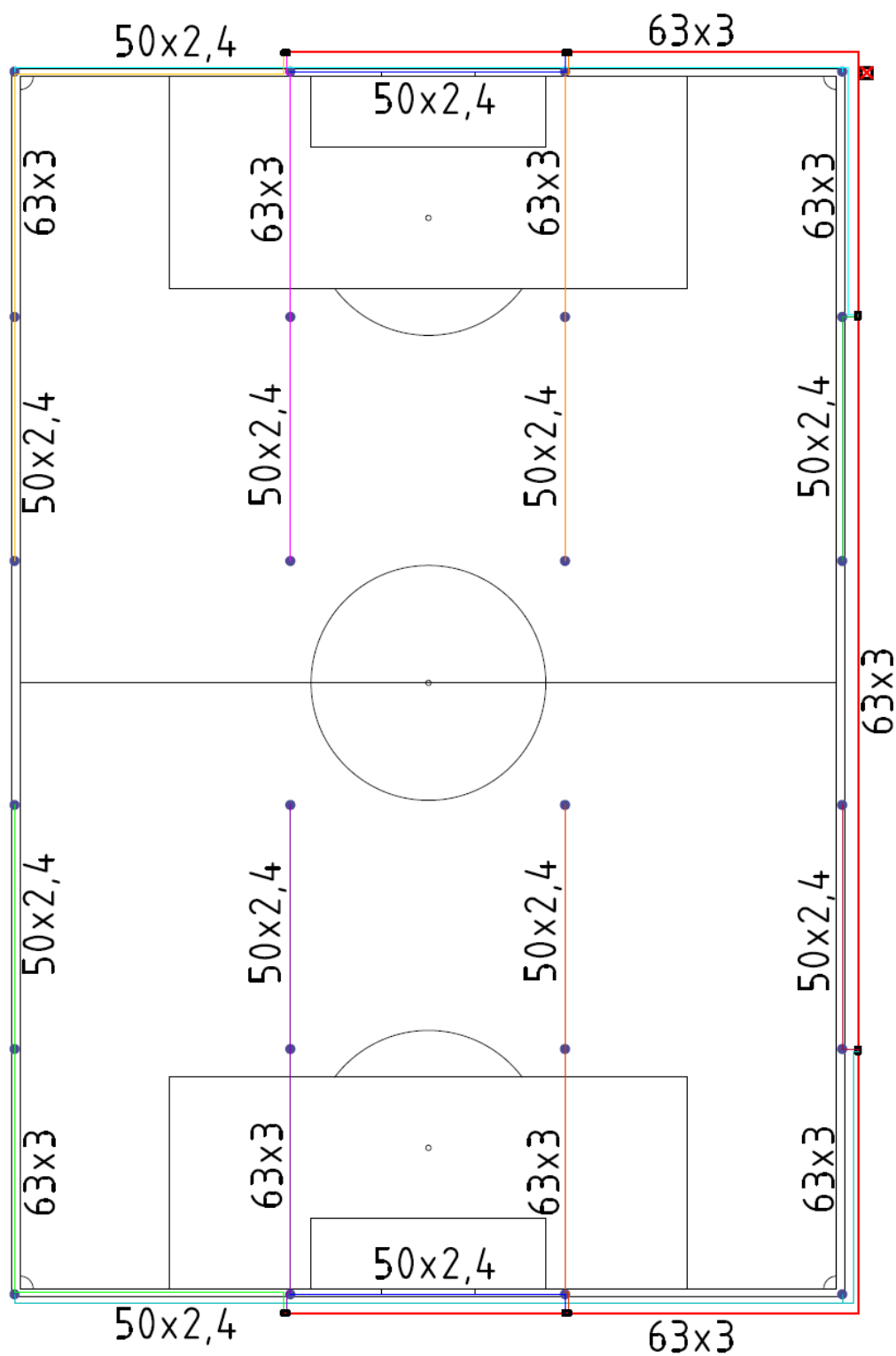
Pro závlahu sportovních ploch se používá potrubí s označením PN10 vyrobené z polyethylenu. Ke spojování potrubí jsou použity mechanické spojky v tlakové řadě PN16

4.8 VÝBĚR ELEKTROMAGNETICKÉHO VENTILU

Elektromagnetické ventily používané pro závlahové systémy sportovních ploch jsou ICV - 151G. Ztráty těchto ventilů jsou podle literatury [4] při průtoku $Q_2 = 11,84 \text{ m}^3/\text{hod}$ rovny $p_v = 38 \text{ kPa}$. Požadovaný proud pro spuštění ventilu je $I_v = 0,475 \text{ A}$ a minimální pracovní napětí cívky ventilu je $U_v = 20 \text{ V AC}$.

4.9 NÁVRH POTRUBNÍHO SYSTÉMU A UMÍSTĚNÍ POSTŘIKOVAČŮ

Uvedené hodnoty značí rozměry potrubí v milimetrech, vnější průměr x tloušťka stěny.



Obr. 20 Návrh uložení potrubního systému

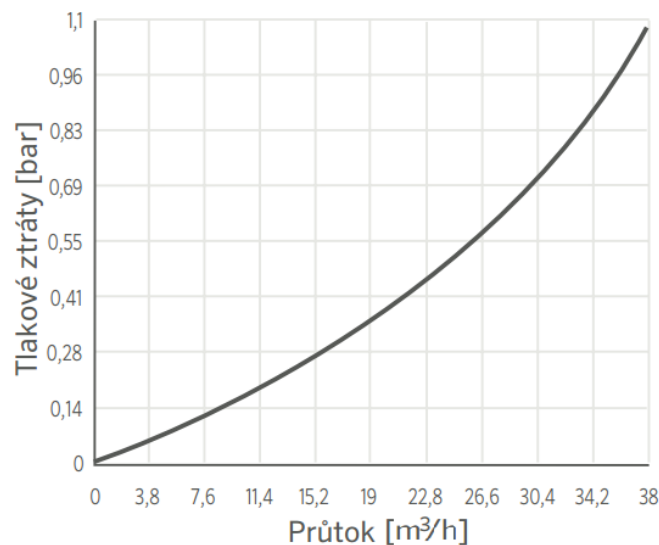
4.10 VÝPOČET MINIMÁLNÍHO POTŘEBNÉHO TLAKU ČERPADLA

Výpočet minimálního potřebného tlaku čerpadla se vztahuje k nejbližší sekci. Na obr. 20 označeného světla zelenou barvou. Voda cestou k nejbližší sekci prochází přes hlavní sestavu, dvě kolena a tři T-tvarovky až k elektromagnetickému ventilu. Dále voda teče skrz další dvě kolena ke tvarovce a přípojce swing joint prvního postřikovače. Přes redukci poté do užšího potrubí a druhému postřikovači.

4.10.1 URČENÍ ZTRÁTY V KLOBOVÉ PŘÍPOJCE

Postřikovač I-25 je k potrubnímu systému připojen pomocí kloubové přípojky Swing Joint. Tlakové ztráty v kloubové přípojce se určují z grafu. Viz obr. 21. Ztráta prvního postřikovače při průtoku $Q_1 = 5,92 \text{ m}^3/\text{hod}$ je $p_{sj1} = 0,11 \text{ bar} = 11 \text{ kPa}$. Ztráta na druhém postřikovači při průtoku $Q_2 = 11,84 \text{ m}^3/\text{hod}$ je $p_{sj2} = 0,23 \text{ bar} = 23 \text{ kPa}$.

SWING JOINT - KLOBOVÁ PŘÍPOJKA TLAKOVÉ ZTRÁTY



Obr. 21 Graf ztrát kloubové přípojky [4]

4.10.2 VÝPOČET RYCHLOSTI V POTRUBÍ 50x3

$$v_1 = \frac{Q_p}{S_1} = \frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot D_1^2}$$

$$v_1 = \frac{4 \cdot 5,92 \cdot 10^6}{\pi \cdot 42,6^2 \cdot 3600}$$

$$v_1 = 1,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde:

- Q_p [m³·hod⁻¹]
- D_1 [mm]

Potřebný objemový průtok postřikovače, dle kap. 4.6
Vnitřní průměr potrubí, dle katalogu Hunter [4]
 $D_1 = 42,6 \text{ mm}$

4.10.3 VÝPOČET RYCHLOSTI V POTRUBÍ 63X3,8

$$v_2 = \frac{2 \cdot Q_p}{S_2} = \frac{8 \cdot Q_p}{\pi \cdot D_2^2}$$

$$v_2 = \frac{8 \cdot 5,92 \cdot 10^6}{\pi \cdot 53,6^2 \cdot 3600}$$

$$v_2 = 1,46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde:

- Q_p [m³·hod⁻¹] Potřebný objemový průtok postřikovače, dle kap. 4.6
- D_1 [mm] Vnitřní průměr potrubí, dle katalogu Hunter [4]
 $D_1 = 53,6 \text{ mm}$

4.10.4 VÝPOČET ZTRÁTY KOLENA PE 50/90°

$$p_{k1} = \xi_{k1} \cdot \frac{v_1^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_{k1} = 1 \cdot \frac{1,15^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_{k1} = 660 \text{ Pa} \cong 0,7 \text{ kPa}$$

Kde:

- ξ_{k1} [-] Součinitel místního odporu, dle literatury [5] $\xi_{s1} = 1$
- v_1 [m·s⁻¹] Rychlost vody, dle kap 4.9.2
- ρ [kg·m⁻³] Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

4.10.5 VÝPOČET ZTRÁTY KOLENA PE 63/90°

$$p_{k2} = \xi_{k2} \cdot \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_{k2} = 1 \cdot \frac{1,46^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_{k2} = 1064 \text{ Pa} \cong 1,1 \text{ kPa}$$

Kde:

- ξ_{k2} [-] Součinitel místního odporu, dle literatury [5] $\xi_{s2} = 1$
- v_2 [m·s⁻¹] Rychlost vody, dle kap 4.9.3
- ρ [kg·m⁻³] Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

4.10.6 VÝPOČET ZTRÁT T-TVAROVEK

- Průchod T-tvarovkou

$$p_{t1} = \xi_{t1} \cdot \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_{t1} = 1,5 \cdot \frac{1,46^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_{t1} = 1596 \text{ Pa} \cong 1,6 \text{ kPa}$$

Kde:

- ξ_{t1} [-] Součinitel místního odporu, dle literatury [5] $\xi_{t1} = 1,5$
- v_2 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] Rychlost vody, dle kap 4.9.3
- ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

- Odbočení v T-tvarovce

$$p_{t2} = \xi_{t2} \cdot \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_{t2} = 4 \cdot \frac{1,46^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_{t2} = 4256 \text{ Pa} \cong 4,3 \text{ kPa}$$

Kde:

- ξ_{t2} [-] Součinitel místního odporu, dle literatury [5] $\xi_{t2} = 4$
- v_2 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] Rychlost vody, dle kap 4.9.3
- ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

4.10.7 VÝPOČET ZTRÁT VLIVEM DÉLKY POTRUBÍ

- Ztráty v potrubí 50x2,4

$$p_{p1} = p_{z1} \cdot l_{p1}$$

$$p_{p1} = \frac{3400}{100} \cdot 19$$

$$p_{p1} = 646 \text{ Pa} \cong 0,6 \text{ kPa}$$

Kde:

- p_{z1} [Pa] Ztrátový tlak na délce potrubí 100 m, dle literatury [4]
 $p_{z1} = 3400 \text{ Pa}/100 \text{ m}$.
- l_{p1} [m] Délka použitého potrubí, z návrhu $l_{p1} = 19 \text{ m}$

- **Ztráty v potrubí 63x3**

$$p_{p2} = p_{z2} \cdot l_{p2}$$

$$p_{p2} = \frac{4000}{100} \cdot (96 + 44,5 + 21 + 19 + 0,5 + 0,5)$$

$$p_{p2} = 7260 \text{ Pa} \cong 7,3 \text{ kPa}$$

Kde:

- p_{z2} [Pa] Ztrátový tlak na délce potrubí 100 m, dle literatury [4]
 $p_{z2} = 4000 \text{ Pa}/100 \text{ m}$.
- l_{p2} [m] Délka použitého potrubí, z návrhu $l_{p2} = 181,5 \text{ m}$

4.10.8 VÝPOČET ZTRÁTY REDUKCE

$$p_r = \xi_r \cdot \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_r = 1 \cdot \frac{1,46^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_r = 1064 \text{ Pa} \cong 1,1 \text{ kPa}$$

Kde:

- ξ_r [-] Součinitel místního odporu, dle literatury [5] $\xi_r = 1$
- v_2 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] Rychlost vody, dle kap 4.9.3
- ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

4.10.9 ZTRÁTY HLAVNÍ SESTAVY

- **Hlavní uzávěr**

$$p_{hu} = \xi_{hu} \cdot \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_{hu} = 0,6 \cdot \frac{1,46^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_{hu} = 638 \text{ Pa} \cong 0,6 \text{ kPa}$$

Kde:

- ξ_{hu} [-] Součinitel místního odporu, dle literatury [8] $\xi_{hu} = 0,6$
- v_2 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] Rychlost vody, dle kap 4.9.3
- ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

- **Filtr mechanických částí**

$$p_f = \xi_f \cdot \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_f = 5,8 \cdot \frac{1,46^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_f = 6171 \text{ Pa} \cong 6,2 \text{ kPa}$$

Kde:

– ξ_f	[-]	Součinitel místního odporu, dle literatury [8] $\xi_f = 5,8$
– v_2	[m·s ⁻¹]	Rychlost vody, dle kap 4.9.3
– ρ	[kg·m ⁻³]	Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg·m}^{-3}$

- **Zpětná klapka**

$$p_{zk} = \xi_{zk} \cdot \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_{zk} = 6 \cdot \frac{1,46^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_{zk} = 6383 \text{ Pa} \cong 6,4 \text{ kPa}$$

Kde:

– ξ_{zk}	[-]	Součinitel místního odporu, dle literatury [8] $\xi_{zk} = 6$
– v_2	[m·s ⁻¹]	Rychlost vody, dle kap 4.9.3
– ρ	[kg·m ⁻³]	Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg·m}^{-3}$

- **Vypouštěcí ventil**

$$p_{vv} = \xi_{vv} \cdot \frac{v_2^2}{2} \cdot \rho$$

$$p_{vv} = 0,6 \cdot \frac{1,46^2}{2} \cdot 998,2$$

$$p_{vv} = 638 \text{ Pa} \cong 0,6 \text{ kPa}$$

Kde:

– ξ_{vv}	[-]	Součinitel místního odporu, dle literatury [8] $\xi_{vv} = 0,6$
– v_2	[m·s ⁻¹]	Rychlost vody, dle kap 4.9.3
– ρ	[kg·m ⁻³]	Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg·m}^{-3}$

4.10.10 CELKOVÉ ZTRÁTY V SYSTÉMU

$$p_{c1} = p_v + p_{sj1} + p_{sj2} + p_{k1} + 4 \cdot p_{k2} + 4 \cdot p_{t1} + p_{t2} + p_{p1} + p_{p2} + p_r + p_{hu} + p_f + p_{zk} + p_{vv}$$

$$p_{c1} = 38 + 11 + 23 + 0,7 + 4 \cdot 1,1 + 4 \cdot 1,6 + 4,3 + 0,6 + 7,3 + 1,1 + 0,6 + 6,2 + 6,4 + 0,6$$

$$p_{c1} = 111,2 \text{ kPa}$$

Kde:

– p_v	[kPa]	Tlaková ztráta elektromagnetického ventilu, dle kap. 4.8
– p_{sj1}	[kPa]	Tlaková ztráta přípojky swing joint, dle kap. 4.10.1
– p_{sj2}	[kPa]	Tlaková ztráta přípojky swing joint, dle kap. 4.10.1
– p_{k1}	[kPa]	Tlaková ztráta kolena PE 50/90°, dle kap. 4.10.4
– p_{k2}	[kPa]	Tlaková ztráta kolena PE 63/90°, dle kap. 4.10.5
– p_{t1}	[kPa]	Tlaková ztráta průchodu T-tvarovkou, dle kap. 4.10.6
– p_{t2}	[kPa]	Tlaková ztráta odbočení v T-tvarovce, dle kap. 4.10.6
– p_{p1}	[kPa]	Tlaková ztráta potrubí 50x2,4, dle kap. 4.10.7
– p_{p2}	[kPa]	Tlaková ztráta potrubí 63x3, dle kap. 4.10.7
– p_r	[kPa]	Tlaková ztráta redukce, dle kap. 4.10.8
– p_{hu}	[kPa]	Tlaková ztráta hlavního uzávěru, dle kap. 4.10.9
– p_f	[kPa]	Tlaková ztráta mechanického filtru, dle kap. 4.10.9
– p_{zk}	[kPa]	Tlaková ztráta zpětné klapky, dle kap. 4.10.9
– p_{vv}	[kPa]	Tlaková ztráta vypouštěcího ventilu, dle kap. 4.10.9

4.10.11 VÝPOČET POTŘEBNÉHO TLAKU ČERPADLA VE VÝTLAČNÉM HRDLE

$$p_{č1min} = p_{c1} + p_{pp}$$

$$p_{č1min} = 111,2 + 500$$

$$p_{č1min} = 611,2 \text{ kPa}$$

Kde:

– p_{c1}	[kPa]	Celkový ztrátový tlak, dle kap. 4.10.10
– p_{pp}	[kPa]	Požadovaný provozní tlak, dle kap. 4.6

4.10.12 MINIMÁLNÍ DOPRAVNÍ VÝŠKA

$$H_{D1min} = \frac{p_{č1min}}{\rho \cdot g}$$

$$H_{D1min} = \frac{611,2 \cdot 1000}{998,2 \cdot 9,81}$$

$$H_{D1min} = 62,4 \text{ m}$$

Kde:

- | | | |
|---------------|----------------------|--|
| – $p_{č1min}$ | [m] | Potřebný tlak čerpadla ve výtlačném hrdle, dle kap. 4.10.11 |
| – g | $[m^2 \cdot s^{-1}]$ | Tíhové zrychlení, dle literatury [6] $g = 9,81 \text{ m}^2 \cdot s^{-1}$ |
| – ρ | $[kg \cdot m^{-3}]$ | Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg} \cdot m^{-3}$ |

4.11 PŘEPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT A VÝBĚR NÁHRADNÍHO ČERPADLA

Z výsledku kapitoly 4.10.12 je patrné, že zadané čerpadlo nesplňuje požadavek na dopravní výšku. Navíc má čtyřikrát větší objemový průtok, než je potřeba. Proto je ideální použít akumulaci nádrž. Akumulační nádrž bude umístěna v zemi v zadaných místech dle kap. 4.1. Jelikož napájení závlahového systému je z řeky, tak nádrž umožní zavlažování i v obdobích, kdy klesne hladina vodního toku. Nádrž bude napájena z řeky zadaným čerpadlem. Na výstup zadaného čerpadla se nainstaluje zpětná klapka.

4.11.1 CELKOVÉ ZTRÁTY PO ÚPRAVĚ SYSTÉMU

$$p_{c2} = p_v + p_{sj1} + p_{sj2} + p_{k1} + 4 \cdot p_{k2} + 4 \cdot p_{t1} + p_{t2} + p_{p1} + p_{p2} + p_r + 2 \cdot p_{hu} + p_f + 2 \cdot p_{zk} + p_{vv}$$

$$p_{c2} = 38 + 11 + 23 + 0,7 + 4 \cdot 1,1 + 4 \cdot 1,6 + 4,3 + 0,6 + 7,3 + 1,1 + 2 \cdot 0,6 + 6,2 + 2 \cdot 6,4 + 0,6$$

$$p_{c2} = 118,3 \text{ kPa}$$

Kde:

- | | | |
|-------------|-------|--|
| – p_v | [kPa] | Tlaková ztráta elektromagnetického ventilu, dle kap. 4.8 |
| – p_{sj1} | [kPa] | Tlaková ztráta přípojky swing joint, dle kap. 4.10.1 |
| – p_{sj2} | [kPa] | Tlaková ztráta přípojky swing joint, dle kap. 4.10.1 |
| – p_{k1} | [kPa] | Tlaková ztráta kolena PE 50/90°, dle kap. 4.10.4 |
| – p_{k2} | [kPa] | Tlaková ztráta kolena PE 63/90°, dle kap. 4.10.5 |
| – p_{t1} | [kPa] | Tlaková ztráta průchodu T-tvarovkou, dle kap. 4.10.6 |
| – p_{t2} | [kPa] | Tlaková ztráta odbočení v T-tvarovce, dle kap. 4.10.6 |
| – p_{p1} | [kPa] | Tlaková ztráta potrubí 50x2,4, dle kap. 4.10.7 |
| – p_{p2} | [kPa] | Tlaková ztráta potrubí 63x3, dle kap. 4.10.7 |
| – p_r | [kPa] | Tlaková ztráta redukce, dle kap. 4.10.8 |
| – p_{hu} | [kPa] | Tlaková ztráta hlavního uzávěru, dle kap. 4.10.9 |
| – p_f | [kPa] | Tlaková ztráta mechanického filtru, dle kap. 4.10.9 |
| – p_{zk} | [kPa] | Tlaková ztráta zpětné klapky, dle kap. 4.10.9 |
| – p_{vv} | [kPa] | Tlaková ztráta vypouštěcího ventilu, dle kap. 4.10.9 |

4.11.2 VÝPOČET POTŘEBNÉHO TLAKU VE VÝTLAČNÉM HRDLE NÁHRADNÍHO ČERPADLA

$$p_{\check{c}2min} = p_{c2} + p_{pp}$$

$$p_{\check{c}2min} = 118,3 + 500$$

$$p_{\check{c}2min} = 618,3 \text{ kPa}$$

Kde:

- p_{c2} [kPa] Celkový ztrátový tlak, dle kap. 4.11.1
- p_{pp} [kPa] Požadovaný provozní tlak, dle kap. 4.6

4.11.3 MINIMÁLNÍ DOPRAVNÍ VÝŠKA NÁHRADNÍHO ČERPADLA

$$H_{D2min} = \frac{p_{\check{c}2min}}{\rho \cdot g}$$

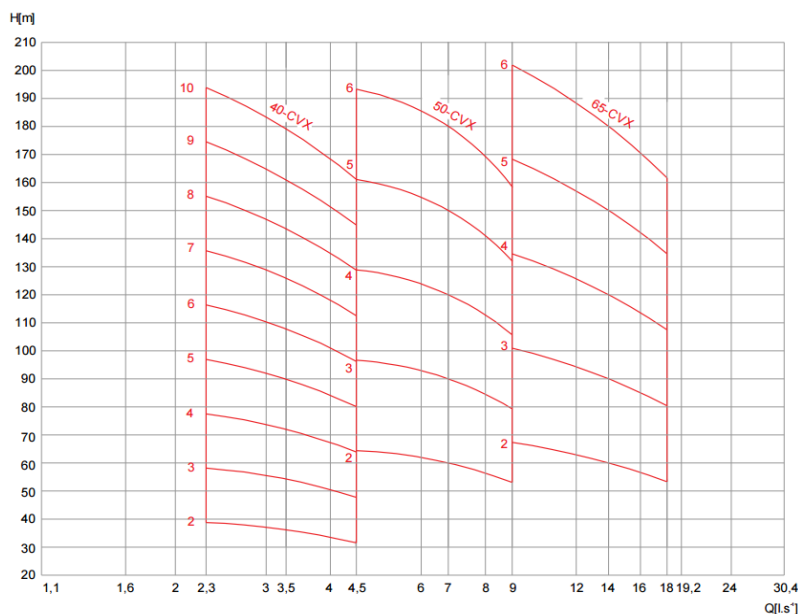
$$H_{D2min} = \frac{618,3 \cdot 1000}{998,2 \cdot 9,81}$$

$$H_{D2min} = 63,1 \text{ m}$$

Kde:

- $p_{\check{c}2min}$ [m] Potřebný tlak čerpadla ve výtlačném hrdle, dle kap. 4.11.2
- g [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] Tíhové zrychlení, dle literatury [6] $g = 9,81 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] Hustoty vody při 20°C, dle literatury [6] $\rho = 998,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Pro vlastní napájení závlahové systému je zvoleno odstředivé rotační čerpadlo od firmy Sigma, které splňuje po přepočítání potřebné parametry H_{Dmin} a Q_2 . Od akumulční nádrže bude odděleno kulovým ventilem, kvůli možnosti odstavení pro případ demontáže. Označení čerpadla je 40-CVX-125-8-4-LC-000-1 a jeho čerpací křivka (4) odpovídá obr. 22.



Obr. 22 Čerpací křivka čerpadla 40-CVX-125-8 [15]

4.12 VOLBA ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY A VÝPOČET PRŮŘEZU KABELŮ

Podle požadavků bude řídicí jednotka umístěna u zadaného čerpadla. Z katalogu Hunter [4] je volena řídicí jednotka PRO-C, která je určena k vnějšímu použití a dokáže ovládat tři až patnáct sekcí. Výstupní napětí jednotky $U_j = 24 \text{ V AC}$.

$$R_k = \frac{1000 \cdot \Delta U}{2 \cdot L \cdot I_v} = \frac{1000 \cdot (U_j - U_v)}{2 \cdot L \cdot I_v}$$

$$R_k = \frac{1000 \cdot 4}{2 \cdot 141,5 \cdot 0,475}$$

$$R_k = 29,8 \frac{\Omega}{1000 \text{ m}}$$

Kde:

- U_j [V] Výstupní napětí řídicí jednotky
- U_v [V] Pracovní napětí ventilu, dle kap 4.8
- L [m] Vzdálenost řídicí jednotky a ventilu, z návrhu $L = 141,5 \text{ m}$
- I_v [A] Spouštěcí proud ventilu, dle kap 4.8

Odpor vodiče tedy nesmí přesáhnout hodnotu R_k . Z grafu (obr. 23) je patrné, že potřebný průřez vodiče je $D_v = 1 \text{ mm}^2$.

TABULKA 1 - ODPOR MĚDĚNÉHO VODIČE

Průřez vodiče (mm ²)	Odpor při 20°C (ohm/1 000 m)
0,5	38,4
1,0	18,7
1,5	13,6
2,5	7,4
4,0	4,6
6,0	3,1

Obr. 23 Graf odporů měděného vodiče [4]

4.13 CENOVÝ ODHAD MATERIÁLU A PŘÍSLUŠENSTVÍ

Cenový odhad vychází z nabídky e-shopu Irimon [13]. Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

Název	Počet kusů [ks]	Cena za kus [Kč/ks]	Cena celkem [Kč]
Postřikovač I-25-04-SS-25	24	1399,00	33576,00
Elektromagnetický ventil ICV-151G	12	4699,00	56388,00
Řídící jednotka PRO-C	1	7699,00	7699,00
Bezdrátové čidlo Rain-Click-WRC	1	2099,00	2099,00
T-tvarovka 63 mm	26	294,00	7644,00
Koleno PE 63/90°	22	194,00	4268,00
Koleno PE 53/90°	12	183,00	2196,00
Redukce 63*50	12	220,00	2640,00
Kloubová přípojka Swing Joint	24	90,00	2160,00
Ventilová šachta	6	521,00	3126,00
Potrubí PE 63x3 (50 m/balení)	10	130,50	1305,00
Potrubí PE 50x2,4 (50 m/balení)	5	81,50	407,50
Kabel CyKy 4x1,5 (200 m/ balení)	3	28,50	85,50
Kulový ventil KE-231, DN 63	2	1360,00	2720,00
Filtr Amaid DN63, 80 mesh	1	8449,00	8449,00
Zpětná klapka BRA.D6.031, DN 63	2	5298,00	5298,00
Vypouštěcí kulový ventil	1	295,00	295,00
Čerpadlo	1	28556,00	28556,00
Šachta pro hlavní sestavu	1	1259,00	1259,00
Celková cena			162570,00

ZÁVĚR

Cílem této práce je navrhnout automatizovaný závlahový systém pro zavlažování fotbalového hřiště.

Návrh vycházel z koncepčního řešení 16+8, rozděleného do dvanácti sekcí po dvou postřikovačích. Tuto koncepci jsem vybral, jelikož nebylo potřeba zavlažovat prostory za postraními čarami a je nejvýhodnější z hlediska poměru ceny a rovnoměrnosti zavlažování. Rozdělení do dvanácti sekcí oproti šesti jsem vybíral kvůli menším nárokům na zdroj vody. Řeka je jako zdroj vody nestabilní. Hladina kolísá v závislosti na ročním období, takže by nemusel být zaručen dostatečný průtok. Ten by musel být při použití rozdělení do šesti sekcí dvojnásobný. Návrh byl upraven na použití pro požadované rozměry hřiště. Pro svůj návrh jsem vybíral komponenty od jednoho výrobce tak, aby byla zaručena jejich kompatibilita. Pro výpočet jsem použil normu ČSN 75 5455, která upravuje ztráty jednotlivých běžně používaných komponentů a podklady od výrobce Hunter.

Po provedení všech výpočtů jsem zjistil, že instalované čerpadlo nesplňuje potřebné parametry. Proto jsem se rozhodl použít akumulární nádrž, kterou bude instalované čerpadlo napájet. Pro napájení zavlažovacího systému jsem vybral náhradní čerpadlo. Při výběru čerpadla jsem dal přednost rotačnímu odstředivému čerpadlu namísto ponorného. Ponorné čerpadlo splňující potřebné parametry bylo zbytečně velké a drahé. Vybral jsem čerpadlo od firmy Sigma, které splňuje potřebné parametry. Cenově vychází výhodněji než čerpadla od konkurenčních dodavatelů. Parametry čerpadla neodpovídají přesně vypočteným hodnotám, ale jsou o něco vyšší, kvůli amortizaci komponentů systému a postupnému vzniku větších tlakových ztrát.

Celková cena systému po kalkulaci vychází na necelých 163 tisíc Kč. Výsledná částka nezahrnuje práci strojů a personálu firmy, která provede instalaci systému. Na výstavbu zavlažovacího systému lze získat od Fotbalové asociace České republiky v rámci investiční akce Zelený trávník dotaci. Výše dotace je až 300 tisíc Kč, takže bez problému pokryje vynaloženou sumu na pořízení závlahového systému.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *PANGEA trade: závlahové systémy* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.pangeatrade.cz/>
- [2] *Hunter industries: Built on Innovation* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.hunterindustries.com/>
- [3] *Automatické závlahy: eshop* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: http://www.automaticke-zavlahy-eshop.com/files/Image/rez_MINI8_s_logem.jpg
- [4] KATALOG PRODUKTŮ: ZÁVLAHA REZIDENČNÍCH & VEŘEJNÝCH PLOCH. *Hunter industries* [online]. 2012 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/hunter_catalog_cz.pdf
- [5] ČSN 75 5455: *Výpočet vnitřních vodovodů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [6] *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. 3. vyd. Praha: Prometheus, 1995. Pomocné knihy pro žáky (Prometheus). ISBN 80-858-4984-4
- [7] NOVÝ, Ondřej. *Technické řešení závlahových systémů objektů zahradní architektury* [online]. Lednice, 2013 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: https://theses.cz/id/uodozq/zaverecna_prace.pdf. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Vladimír Veverka.
- [8] Diagram pro zjištění tlakových ztrát armatur. *Jesco* [online]. 2012 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Uzivatel/Downloads/04_JESCO_tlakov%C3%A9_ztr%C3%A1ty%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Uzivatel/Downloads/04_JESCO_tlakov%C3%A9_ztr%C3%A1ty%20(1).pdf)
- [9] Zavlažovací vozík. *Kasser: zavlažovanie* [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://zavlazovanie.sk/e-shop/uderove-postrekovace/722-zavlazovaci-vozik.html>
- [10] Osazovací plán. *Cembra: zahradní architektura* [online]. 2009 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.cembra.cz/sites/default/files/images/osazovaci.gif>
- [11] Zavlažování kapkovacím potrubím. *Sprinkler system: Zahrady & Výsadba* [online]. 2016 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.sprinklersystem.cz/sluzby/zahrady-vysadba/>
- [12] 25-BPJ-FP-TNT úderový postřikovač 1/2". *ITTEC: eshop* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://eshop.ittec.cz/25-bpj-fp-tnt-uderovy-postrikovac-1-2---/>
- [13] *IRIMON: závlahové systémy* [online]. 2009 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://zavlahy.irimon.cz>
- [14] Solenoid valve working principle. *Electric Engineering Blog* [online]. 2012 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.eblogbd.com/wp-content/uploads/2012/09/solenoid-valve-working-principle.jpg>



- [15] CVX-prospekt. *Sigma pumpy: eshop* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.sigmashop.cz/soubory/cvx-prospekt.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ξ_f	[-]	součinitel místního odporu mechanického filtru
ξ_{hu}	[-]	součinitel místního odporu hlavního uzávěru
ξ_{k1}	[-]	součinitel místního odporu kolena PE 50/90°
ξ_{k2}	[-]	součinitel místního odporu kolena PE 63/90°
ξ_r	[-]	součinitel místního odporu redukce
ξ_{t1}	[-]	součinitel místního odporu průchodu T-tvarovkou
ξ_{t2}	[-]	součinitel místního odporu odbočení v T-tvarovce
ξ_{vv}	[-]	součinitel místního odporu vypouštěcího ventilu
ξ_{zk}	[-]	součinitel místního odporu zpětné klapky
ADV	[-]	automatic diverter valve – automatický přepínací ventil
D_1	[mm]	vnitřní průměr potrubí 50x2,4
D_2	[mm]	vnitřní průměr potrubí 63x3
DN	[mm]	diameter nominal – jmenovitý průměr
g	[m ² ·s ⁻¹]	tíhové zrychlení
HD	[-]	high density – vysoká hustota
H_D	[m]	dopravní výška čerpadla
H_{D1min}	[m]	minimální potřebná dopravní výška
H_{D2min}	[m]	minimální potřebná dopravní výška
I_v	[A]	spouštěcí proud ventilu
L	[m]	vzdálenost řídicí jednotky a ventilu
LD	[-]	low density – nízká hustota
l_{p1}	[m]	délka potrubí 50x2,4
l_{p2}	[m]	délka potrubí 63x3
p_{c1}	[kPa]	celkový ztrátový tlak systému
p_{c2}	[kPa]	celkový ztrátový tlak systému
$P_{\check{c}}$	[W]	výkon čerpadla
$p_{\check{c}}$	[kPa]	tlak zadaného čerpadla ve výtlačném hrdle
$p_{\check{c}1min}$	[kPa]	minimální potřebný tlak ve výtlačném hrdle
$p_{\check{c}2min}$	[kPa]	minimální potřebný tlak ve výtlačném hrdle
PE	[-]	polyetylen
p_f	[kPa]	tlaková ztráta mechanického filtru
p_{hu}	[kPa]	tlaková ztráta hlavního uzávěru

p_{k1}	[kPa]	tlaková ztráta kolena PE 50/90°
p_{k2}	[kPa]	tlaková ztráta kolena PE 63/90°
PN	[MPa]	pressure nominal – jmenovitý tlak
p_{p1}	[kPa]	tlaková ztráta potrubí 50x2,4
p_{p2}	[kPa]	tlaková ztráta potrubí 63x3
p_{pp}	[kPa]	provozní tlak postřikovače
p_r	[kPa]	tlaková ztráta redukce
p_{sj1}	[kPa]	tlaková ztráta přípojky swing joint
p_{sj2}	[kPa]	tlaková ztráta přípojky swing joint
p_{t1}	[kPa]	tlaková ztráta průchodu T-tvarovkou
p_{t2}	[kPa]	tlaková ztráta odbočení v T-tvarovce
p_v	[kPa]	tlaková ztráta elektromagnetického ventilu
p_{vv}	[kPa]	tlaková ztráta vypouštěcího ventilu
p_{z1}	[Pa]	ztrátový tlak na délce potrubí 100 m potrubí 50x2,4
p_{z2}	[Pa]	ztrátový tlak na délce potrubí 100 m potrubí 63x3
p_{zk}	[kPa]	tlaková ztráta zpětné klapky
Q_1	[m ³ ·hod ⁻¹]	objemový průtok potrubím 50x2,4
Q_2	[m ³ ·hod ⁻¹]	objemový průtok potrubím 63x3
$Q_{\check{c}}$	[m ³ ·hod ⁻¹]	objemový průtok čerpadla
Q_p	[m ³ ·hod ⁻¹]	objemový průtok tryskou postřikovače
U_j	[V]	výstupní napětí řídicí jednotky
U_v	[V]	pracovní napětí ventilu
v_1	[m ² ·s ⁻¹]	rychlost v potrubí 50x2,4
v_2	[m ² ·s ⁻¹]	rychlost v potrubí 63x3
$Y_{\check{c}}$	[J·kg ⁻¹]	měrná energie čerpadla
ρ	[kg·m ⁻³]	hustota vody

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklad osazovacího plánu [10]	17
Obr. 2 Základní spony postřikovačů [13]	18
Obr. 3 Výkres návrhu automatizovaného závlahového systému [13]	19
Obr. 4 Řídící jednotka X-Core [2]	24
Obr. 5 Dešťový senzor Rain-Click [2].....	25
Obr. 6 Větrný senzor Wind-click [2].....	26
Obr. 7 Schéma elektromagnetického ventilu [14]	26
Obr. 8 Řez rotačním postřikovačem [3].....	27
Obr. 9 Rozprašovací postřikovač 17A [2]	28
Obr. 10 Rotační postřikovač I-40 [2].....	28
Obr. 11 Hlavice MP Rotatoru MPCORNER [2]	29
Obr. 12 Úderový postřikovač 25-BPJ [12]	29
Obr. 13 Zavlažování kapkovacím potrubím [11].....	30
Obr. 14 Konceptní řešení 10+3 [1].....	32
Obr. 15 Konceptní řešení 16+8 [1].....	33
Obr. 16 Konceptní řešení 20+15 [1].....	33
Obr. 17 Zavlažovací vozík REMO 3T [9]	34
Obr. 18 Rozměry hřiště.....	35
Obr. 19 Umístění čerpadla	36
Obr. 20 Návrh uložení potrubního systému	38
Obr. 21 Graf ztrát kloubové přípojky [4].....	39
Obr. 22 Čerpací křivka čerpadla 40-CVX-125-8 [15]	46
Obr. 23 Graf odporů měděného vodiče [4].....	47



SEZNAM PŘÍLOH

CD

Výkresová dokumentace

Číslo výkresu	Název	Druh výkresu	List
3-3B/11-00	Závlahový systém	Návrhový výkres	1/1