



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ALTERNATIVNÍ VÝPOČTY USTÁLENÉHO CHODU DISTRIBUČNÍ SÍTĚ NN V OBCI HRUŠKY PŘI RESPEKTOVÁNÍ KONCEPCE SÍTĚ VN A NN

ALTERNATIVE CALCULATIONS OF STEADY-STATE OPERATION OF THE LV DISTRIBUTION NETWORK IN
THE MUNICIPALITY OF HRUŠKY RESPECTING THE MV AND LV NETWORK CONCEPTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Erik Slatinský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

BRNO 2026

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Erik Slatinský

ID: 256921

Ročník: 3

Akademický rok: 2025/26

NÁZEV TÉMATU:

Alternativní výpočty ustáleného chodu distribuční sítě NN v obci Hrušky při respektování koncepce sítě VN a NN

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Technická rešerše a faktická analýza pravidel a postupů stanovených v prováděcích pokynech EGD-PP-046 (Koncepce sítě nízkého napětí 0,4 kV) a EGD-PP-249 (Koncepce sítě vysokého napětí 22 kV)
2. Technický popis stávající distribuční soustavy NN v obci Hrušky, kvantifikace soudobého příkonu odběrných míst, zhodnocení urbanistického plánu rozvoje obce a dalšího technického rozvoje této zájmové distribuční sítě včetně rozvoje OZE
3. Tvorba parametrizovatelného modelu zájmové distribuční sítě NN v SW Grizzly
4. Výpočet ustálených chodů stávající distribuční soustavy NN s uvažováním smluvně sjednaných výkonů OZE (varianta 1) a za podmínky snížení smluvně sjednaného výkonu OZE na hodnotu 60 % původní smluvní velikosti (varianta 2)
5. Návrh provedení nové distribuční sítě NN při aplikaci zásad platných prováděcích pokynů EGD-PP-249 (22 kV) a EGD-PP-046 (0,4 kV) včetně realizace výpočtu ustáleného chodu s uvažováním smluvně sjednaných výkonů OZE (varianta 3).
6. Vyhodnocení a vzájemné porovnání jednotlivých variant, doporučení pro provozovatele distribuční sítě

DOPORUČENÁ LITERATURA:

doporučená literatura podle pokynů vedoucího a externího konzultanta závěrečné práce

Termín zadání: 9.2.2026

Termín odevzdání: 3.6.2026

Vedoucí práce: Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

prof. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Práce je rozdělena do 5 hlavních částí. První část se zabývá popisem pravidel a postupů, které se využívají při rekonstrukci stávající nebo výstavbě nové DS. Druhá část je věnována technickému popisu stávající DS NN v obci Hrušky, což zahrnuje typy a pozice distribučních transformačních stanic, topologii sítě a způsoby připojení odběrných míst. Dále uvedení příkonů odběrných míst dle rozdílných distribučních tarifů a zhodnocení územního plánu obce v oblasti energetiky. Třetí část se zabývá vytvořením parametrizovatelného modelu sítě nízkého napětí obce, jejího následného výpočtu v ustáleném stavu a výpočtu ustáleného stavu za snížení rezervovaného výkonu fotovoltaických elektráren na 60 %. Cílem výpočtu chodu sítě při sníženém rezervovaném výkonu je zjištění změny parametrů sítě (především napětí). Tato skutečnost má pak přímý dopad pro další propojování FVE bez nutnosti dodatečných investic do DS. Čtvrtá část se zabývá vytvořením nového modelu sítě nízkého napětí v obci Hrušky za dodržování prováděcích pokynů firmy EG.D a následného výpočtu ustáleného stavu sítě a to samostatně pro případ 100 % povolených a sjednaných výkonů zdrojů a samostatně pro případ jejich snížení na 60 %. Poslední část uvádí zhodnocení dosažených výsledků a doporučení pro provozovatele distribuční sítě.

KLÍČOVÁ SLOVA

Distribuční síť, obnovitelné zdroje energie, energetika, ustálený chod, SW Grizzly, koncepce NN a VN

ABSTRACT

The thesis is divided into five main sections. The first part deals with the description of the rules and procedures used in the reconstruction of existing distribution networks or the construction of new ones. The second part is dedicated to a technical description of the existing LV distribution network in the village of Hrušky, including the types and locations of distribution transformer stations, network topology, and connection methods for supply points. Furthermore, it presents the power demands of supply points according to different distribution tariffs and evaluates the municipality's urban development plan in the field of energy. The third part focuses on creating a parameterized model of the local LV network, followed by its steady-state calculation and a steady-state calculation with the reserved capacity of photovoltaic power plants reduced to 60 %. The objective of this is to identify changes in network parameters (primarily voltage). This finding has a direct impact on the further integration of PV plants without the need for additional investments in the DS. The fourth part deals with the development of a new LV network model for the village of Hrušky, adhering to the technical implementation guidelines of the company EG.D. It is followed by steady-state calculations of the network conducted separately for the cases of 100 % permitted (agreed-upon) source capacities and for the case of their reduction to 60 %. The final section provides an evaluation of the results achieved and recommendations for the distribution system operator.

KEYWORDS

Distribution network, renewable energy sources, power engineering, steady-state analysis, Grizzly software, LV and MV network concepts

Bibliografická citace

SLATINSKÝ, Erik. *Alternativní výpočty ustáleného chodu distribuční sítě NN v obci Hrušky při respektování koncepce sítě VN a NN*. Online, bakalářská práce. Michal PTÁČEK (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2026. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/176355>.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta: Erik Slatinský
VUT ID studenta: 256921
Typ práce: Bakalářská práce
Akademický rok: 2025/26
Téma závěrečné práce: Alternativní výpočty ustáleného chodu distribuční sítě NN v obci Hrušky při re-spektování koncepce sítě VN a NN

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. V souvislosti s vytvořením závěrečné práce jsem neporušil zásady a doporučení VUT k využívání generativní umělé inteligence.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 1. června 2026

.....
podpis autora

Poděkování

Zaprvé bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Michalu Ptáčkovi, Ph.D., za odborné vedení a rady během vypracovávání bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat všem pracovníkům společnosti EG.D, s.r.o., kteří mi instruktáží předali mnoho znalostí a platných zkušeností, především Ing. Viktoru Blažkovi, Ing. Milanu Krátkému, Ph.D., a také Ing. Radku Slatinskému.

V Brně dne: 1. června 2026

.....

podpis autora

Obsah

Úvod	12
Cíle práce	13
1 Koncepce sítí nízkého napětí 0,4 kV	14
1.1 Distribuční transformační stanice	15
1.2 Distribuční vedení NN	17
1.3 Dvojúrovňové sítě	19
1.4 Stanovení výkonových parametrů oblasti	21
2 Koncepce sítí vysokého napětí 22 kV	23
2.1 Koncept napájení obce	23
3 Stávající situace v obci Hrušky	25
3.1 Popis územního plánu Hrušek	25
3.2 Technický popis stávající sítě nízkého napětí	25
4 Model sítě NN v softwaru Grizzly	29
4.1 Ustálený chod se smluvně sjednanými výkony OZE – stávající stav . .	29
4.2 Ustálený chod se sníženými výkony OZE	30
5 Návrh koncepce distribuční sítě NN	32
5.1 Distribuční transformační stanice	32
5.2 Koncept napájení obce Hrušky	36
5.3 Koncepce NN v obci Hrušky	37
6 Simulace ustáleného chodu nové DS	40
6.1 Ustálený chod se smluvně sjednanými výkony OZE	41
6.2 Ustálený chod se sníženými výkony OZE	42
7 Vyhodnocení výsledků	43
7.1 Porovnání stávající sítě a nové koncepce	43
7.2 Snížení výkonů OZE v nové koncepci	44
Závěr	46
Literatura	48
Seznam symbolů a zkratk	49

Seznam obrázků

1.1	Dvojúrovňová síť	20
2.1	Ponechání DTS na paprsku	24
2.2	Připojení obce ze dvou linek VN	24
5.1	Mapa umístění DTS NÁDRAŽNÍ	33
5.2	Mapa umístění DTS HŘBITOVNÍ	34
5.3	Mapa umístění DTS PÍSEČNÁ	35
5.4	Mapa umístění DTS DRUŽSTVO	35
6.1	Zvýšení napětí odbočky transformátoru	40

Seznam tabulek

1.1	Doba životnosti zařízení	15
1.2	Návrhové hodnoty odběrů	22
3.1	Zatížení sítě NN	27
3.2	Činné soudobé příkony distribučních sazeb	27
4.1	výsledky ustáleného chodu (varianta 1)	29
4.2	výsledky ustáleného chodu (varianta 2)	30
5.1	Přehled uvažovaných distribučních trafostanic	36
6.1	Zatížení nové sítě	41
6.2	Výsledky ustáleného chodu (varianta 3)	42
6.3	Hodnoty napětí v distribučních oblastech (varianta 4)	42
7.1	Porovnání minimálního napětí pro jednotlivé varianty	43
7.2	Rozdíl napětí mezi jednotlivými variantami	44
7.3	Porovnání zatížení stávající a nové sítě	44
7.4	Výkony odebírané z DTS a dodávané OZE	45
7.5	Zatížení transformátorů v jednotlivých variantách (%)	45

Úvod

Elektroenergetika prošla za posledních 100 let dynamickým rozvojem, z elementu, který měl lidstvu ulehčit či vytvořit více pohodlné prostředí se pomalu, ale jistě stal aspekt života, bez kterého nelze v mnoha případech pracovat a dokonce komunikovat. Budování sítí pro rozvod elektrické energie se tudíž stále vyvíjí s rostoucími požadavky zákazníků a častějšími legislativními úpravami. V posledních letech tempo vývoje roste, s poklesem pořizovacích cen fotovoltaických elektráren a možností pořídit si elektromobil to už není jen vize do budoucna, ale realita současnosti. Na tuhle skutečnost naráží i provozovatelé distribučních sítí, kteří se snaží držet tempo s rostoucí poptávkou a předejít tak možnosti neuspokojení svých odběratelů. Historicky byly distribuční sítě nízkého napětí budovány jako pasivní, s předpokladem jednostranného toku výkonu od výroby ke spotřebiteli. Stále narůstající počet obnovitelných zdrojů energie, především fotovoltaických elektráren s přetokem do sítě mění distribuční síť na aktivní. Právě výkon injektovaný z obnovitelných zdrojů způsobuje v síti komplikace, které se týkají kolísání a lokálního zvyšování napětí. Distributor musí i přes tyto vlivy dodržet stanovenou hodnotu napětí a zaručit určitou kvalitu dodávky elektrické energie ke spotřebitelům. Aby distributor předešel kolapsu stávající sítě a zároveň umožnil připojení dalších fotovoltaických elektráren bez nutnosti okamžitých velkých investic, snaží se optimalizovat stávající distribuční síť. Přesně k řešení tohoto problému vznikají v distribuční společnosti EG.D, s.r.o. dokumenty, které upřesňují postupy při koncepci nových nebo obnově stávajících sítí nízkého i vysokého napětí. Práce tyto problémy analyzuje na stávajícím modelu sítě nízkého napětí v obci Hrušky s provedením analýzy ustáleného chodu sítě v softwaru Grizzly. Dále postupuje k navržení nového modelu sítě podle koncepčních dokumentů společnosti EG.D, s.r.o. a provedení stejných výpočtů ustáleného chodu. Mezi jednotlivými simulovanými stavy (V1–V4) budou porovnávány veličiny, které vypovídají o stavu sítě, například minimální napětí, zatížení trafostanic a případné změny v dodávkách výkonu z hladiny VN. Cílem je ověřit, zda je postup při zhotovování koncepce sítě v obci Hrušky správný.

Cíle práce

Práce má za úkol popsat, jak by dle aktuálních prováděcích pokynů koncepce měla vypadat nově vybudovaná, či zrekonstruovaná distribuční síť nízkého napětí připravená na nárůst spotřeby elektrické energie.

Vyhodnotit stávající stav distribuční soustavy v obci, popsat územní plán a nasimulovat ustálený chod sítě při hodnotě 100 % rezervovaného výkonu OZE. Vyhodnocení vlivu snížení rezervovaného výkonu jednotlivých fotovoltaických elektráren na 60 %.

Výslednou částí práce pak bude nově vytvořený model sítě v obci Hrušky, který se řídí pokyny koncepce společnosti EG.D, s.r.o. Jeho následný výpočet za ustáleného chodu s rezervovanými výkony fotovoltaických elektráren na smluvně sjednané hodnotě a porovnání všech dosažených výsledků. Od závěrů dosažených v průběhu práce očekáváme prokázání uvolněné kapacity výkonu obnovitelných zdrojů, jež lze připojit nad rámec současného stavu a to jak při stávajícím stavu distribuční sítě NN (tedy bez investic), tak při navrženém budoucím stavu distribuční sítě za podmínek dodržení koncepce sítě NN a VN (tedy s investicemi).

1 Koncepce sítí nízkého napětí 0,4 kV

V první části práce budou popsány současná pravidla a postupy, které se uplatňují. Budou přiblíženy aktuální trendy při budování nových smart odběratelských a distribučních transformačních stanic (DTS). Obsahovat bude i výše zmíněné trendy, tentokrát pro budování kompletního distribučního vedení nízkého napětí (NN). Dokument [1] k problematice navrhování koncepce, výstavby nových a obnovení stávajících sítí NN uvádí: „*Tento pokyn definuje zásady pro návrh a další rozvoj sítí NN v souladu s aktuální verzí dokumentu Strategie rozvoje Smart grids E.ON Distribuce, a.s.*“

Při navrhování technického řešení pro konkrétní investiční akci se vychází z [1]:

- konceptu vysokého napětí (VN) napájení obce
- územních plánů obcí
- konkrétních zákaznických požadavků
- stávajícího stavu sítí
- vyhlášených kampaní

Vytvořené technické řešení musí být podloženo výpočtem chodu sítě a musí být v souladu s územně plánovací dokumentací, pokud tak neplní, mělo by vyvolat změnu dané územní dokumentace [1].

Koncepce sítí nízkého napětí 0,4 kV je založena na prováděcím pokynu distributora sítě EGD-PP-046 [1]. Ten se používá k budování nových zařízení na hladině nízkého napětí (NN), tj. (0,4 kV) nebo obnově stávajících zařízení k tomu určených. K případu dřívější obnovy sítě platí: „*U stávajícího zařízení aktuálně neurčeného k obnově se může přistoupit k dřívější obnově dle koncepce sítě nízkého napětí 0,4 kV pouze v případech, kdy to bude nutné k dokončení funkčního a smysluplného řešení v rámci koncepce nebo v případě vnějších podnětů mající vliv na strategii rozvoje distribučních sítí v obci (v tomto případě musí být v zadání stavby vše řádně objasněno a doloženo)*“ [1].

Při vyhodnocování nutnosti obnovy jednotlivých zařízení se řídíme jejich orientační dobou životnosti viz Tab. 1.1. Je důležité, aby nedošlo k vzniku hromadných kampaňových výměn nedožitého majetku, za důvodem předcházení špatnému hospodaření s alokovaným rozpočtem [1].

Mezi základní trendy a postupy se řadí kabelizace vedení, smart DTS, vytváření podmínek pro přístupovou optickou síť a také vyšší využití dálkově ovládaný přenos dat o síti. Návrh sítí se přiklání k větší flexibilitě sítě, spolehlivosti a kvalitě dodávky elektrické energie. V potaz při návrzích se bere budoucí větší zatížení způsobené

¹Dispečerská řídicí technika a ochrany

²Vzdálená terminálová jednotka (remote terminal unit)

Tab. 1.1: Doba životnosti zařízení [1]

Druh zařízení	Doba životnosti (roky)
Transformátory VN/NN	35
Technologie VN, měřicí transformátory	30
Technologie NN	30
Venkovní vedení NN	40
Kabelové vedení NN	40
Energetické stavby (budovy, kiosky)	60
Optické kabely	20
Přenosová zařízení (switch, modemy atd.)	10
HDO	30 silová/10 řídicí část
Řídicí systémy a ochrany (DŘSO ¹ , RTU ²)	15
Měření, elektroměry	15
Záložní napájení (baterie, usměrňovač)	15

elektromobilitou, tepelnými čerpadly a připojováním obnovitelných zdrojů energie, hlavně fotovoltaickými elektrárnami (FVE) [1].

1.1 Distribuční transformační stanice

Vývoj odběratelských a distribučních stanic v posledním desetiletí prošel významnou změnou, kdy z běžných pasivních prvků se přechází k implementování inteligentních systémů, které mají za úkol automatizovat a digitalizovat síť. Smart stanice budou stále více umožňovat integraci obnovitelných zdrojů, zajištění spolehlivosti sítě a lepší řízení toků energie.

Mezi trendy konceptu rozvoje z [1] lze uvést:

- nová kategorizace DTS K0 – K5,
- využívání prefabrikovaných pochozích a v případě nutnosti i nepochozích kioskových trafostanic kompletovaných (včetně silové technologie) u výrobce,
- využívání dálkově ovládaných DTS a přenosů elektrické energie pro potřeby dvoutarifní sazby,
- rozšíření DTS o víceparametrové měření a signalizaci na straně NN a VN,
- standardizace počtu vývodů rozváděče NN na 8 pozic.

Provedení a umístění distribučních transformačních stanic vychází ze skutečnosti, jak je v dané lokalitě realizována koncepce napájení sítě VN. V případě, že je DTS připojována na nadzemní vedení VN, buduje se jako sloupová (venkovní na betonových sloupech). Koncepce [1] pro případy, kdy se v blízké budoucnosti

očekává nahrazení nadzemních vedení udává: „*Při použití venkovní trafostanice je nutno vždy zvážit, zda nelze ve výhledu očekávat nahrazení stávajícího venkovního vedení kabelovým, nebo rozšíření intravilánu obcí. V případě, že ano, vždy volíme kioskovou stanici.*“ Mezi standardizované typy DTS, které se nově zřizují patří stanice kioskové s typovým výkonem 630 kVA (resp. 2x630 kVA pro výjimečné případy). Případ je považován za výjimečný především za předpokladu dobré lokalizace DTS, kde je možné výkon vyvést přiměřeně dlouhými vedeními do zásobované lokality, nebo v případě alokování jednoho transformátoru k jednomu bodovému většímu odběrnému místu (školní areál). Zmíněný výkon DTS je volen s ohledem na to, aby svou dimenzací vyhovoval výpočtovému zatížení dané sítě. Při návrhovém zatížení transformátoru by se jeho zatížení mělo pohybovat maximálně do hodnoty 90 % (běžnější maximální hranice zatížení se udává 80 %, důvodem je větší výkonová rezerva transformátoru) [1].

Při navrhování správného umístění distribučních transformačních stanice se vychází výhradně z platného nebo připravovaného územního plánu obce a zpracovaného konceptu VN napájení obce. Při výběru umístění DTS se uvažují pozice v centru odběru zásobované oblasti pro lepší dodržení délkových parametrů sítě NN i za cenu možných investic na rozšíření sítě VN [1].

Kategorizace distribučních transformačních stanic dle dokumentu [1]:

- **K1** kiosková DTS s dálkovým ovládáním na straně VN pomocí odpínačů (použití pro obce nad 500 obyvatel),
- **K2** kiosková DTS bez dálkového ovládání (použití na intravilánu),
- **K3** sloupová DTS bez dálkového ovládání (použití mimo intravilán)
- **K4** cizí kiosková DTS s ovládáním na straně VN (ve smyčkové kabelové síti)
- **K5** cizí kiosková nebo sloupová DTS (připojena na paprsek)

V obcích s počtem obyvatel nad 500 (90 % OM na zásobovacím území EG.D, s.r.o.) se standardně instalují DTS typu K1 s předpokládaným dálkovým ovládáním ze strany VN a vyšším stupněm automatizace na straně NN s dálkově ovládaným hlavním jističem DTS.

Intravilán představuje hustě zastavěnou část obce, zahrnuje budovy, komunikace a veřejnou zeleň. Předpokládá se na daném území vysoká plošná hustota zatížení. Extravilán je část katastrálního území obce ležící mimo zastavěné území, typicky zemědělská půda, louky a lesy.

Co se týče problematiky a použití paralelních vývodů z DTS, v podkladech pro koncepci [1] se uvádí: „*Paralelní chod vývodů z různých trafostanic se připouští pouze v případě, že se jedná o provizorní napájení, a zároveň jsou splněny obecné podmínky paralelního chodu sítě (výpočet chodu sítě) a je konfigurací sítě 22 kV vždy zajištěno napájení obou trafostanic VN/NN ze stejné linky VN. Uspořádání sítě NN nesmí omezovat manipulace v síti VN. Je nutné dodržet pravidla pro paralelní*

provoz transformátorů (stejně nastavení odboček, převod, výkon, napětí nakrátko) a sled fází.“

1.2 Distribuční vedení NN

Nejenom budování DTS se potýká s řadou změn, ale také budování distribučního vedení NN. Sít nízkeho napětí je jednou z nejdůležitějších částí celé soustavy, dochází zde k zásobování jednotlivých odběratelů energie. Historie koncepce a všech požadavků při výstavbě sahá daleko do minulosti, tudíž se setkáme s postupy, které dříve byli běžné, ale dnes se již neuplatňují. Do toho spadá například používání T-připojení pro jednotlivá odběrová místa. Z čistě ekonomického pohledu může být T-připojení považováno za výhodné, bohužel z pohledu technického se jedná o jednobodové místo, které může snadno vyřadit odběratele, ale i část sítě z provozu. Při stále častějším připojování FVE může mít vliv na rozložení toku energie v síti.

Trendy při budování distribučního vedení NN jsou [1]:

- Zvyšování podílu kabelových vedení,
- změna konfigurace napájení, budování dvojúrovňových sítí,
- zkracování vývodů NN – zahušťování DTS,
- omezení využívání T-připojení,
- měření elektrických veličin,
- řízení sítí NN, SCADA³ NN zvýšení možnosti manipulace.

Zásady a podmínky koncepce vychází z minulých, současných a také budoucích předpokladů, které se týkají změn zatížení sítě a jejich technologických požadavků. Hlavní změnou oproti předešlým koncepcím sítě je důraz na budování kapacitních sítí, s uvažováním dimenzování, které odpovídá predikovanému nárůstu zatížení v souvislosti s deklarovaným razantním nárůstem zatížení maloodběru. Mezi hlavní vlivy na zatížení maloodběru patří tepelná čerpadla, elektrická akumulace a elektromobilita. U návrhu nové sítě je důležitou vlastností schopnost vyvádět přiměřený rezervovaný výkon vyroben umístěných na budovách maloodběru [1].

To vše za cílem [1]:

- Vybudování bezpečné a spolehlivé, a i výhledově dostatečně kapacitní distribuční sítě,
- výrazného snížení ztrát činného výkonu u vedení NN,
- přehlednosti pro manipulace, lokalizace poruch a měření impedance smyček,
- možnosti přepojování sítí pro snižování SAIDI, SAIFI,
- integrace vysokého podílu OZE a smart technologií,
- krytí potřeb předpokládaného růstu elektromobility a tepelných čerpadel,

³systém dispečerského řízení a sběru dat (Supervisory Control And Data Acquisition)

- snížení impedance sítí, zejména s ohledem na připojení rozptýlené výroby a možnost racionální volby typu a jmenovité hodnoty jisticího prvku,
- možnosti snadného vymezení sítě pro zajištění pracoviště bez snížení spolehlivosti sítě.

Mezi klíčové ukazatele spolehlivosti dodávky elektřiny patří průměrná četnost přerušení distribuce elektřiny, neboli system average interruption frequency index (SAIFI). Udává počet výpadků za rok pro jednoho zákazníka, tj. kolikrát za rok průměrný zákazník zažije výpadek proudu, který je delší než 3 minuty. Druhým ukazatelem je průměrná souhrnná doba trvání přerušení distribuce elektřiny, anglicky system average interruption duration index (SAIDI). Tento index nám udává, kolik celkových minut za rok je zákazník bez dodávky elektřiny. Oba ukazatele musí provozatel distribuční soustavy reportovat Energetickému regulačnímu úřadu (ERÚ).

Hlavní pilíře charakteristik sítě NN jsou zajištění spolehlivosti dodávky elektrické energie v síti, možnost měnit konfiguraci sítě do náhradního provozního stavu a zachovat jednoduchost a přehlednost výsledného schématu sítě. V této souvislosti mají význam používané rozpojovací skříně s hlavním účelem rozbočení kabelové sítě a jištění jednotlivých větví. Zmíněné rozpojovací skříně minimalizují úrazy a škody na majetku způsobené elektrickou energií v síti NN. Rozhodnutí, kolik vývodů se ve skříně použije, z velké části závisí na počtu obyvatel dané obce. 6 až 9 vývodů se standardně používá ve městech s více než 10 000 obyvateli, zatímco jejich použití v menších obcích je výjimečné a schvaluje se provozovatelem distribuční soustavy. Pod podmínkou schválení vedoucími Rozvoje sítě je použití skříní s více než 9 vývody a jsou vnímány jako odchylky od materiálového a technologického standardu. Dále je zásadní dodržení sledu fází v celé distribuční soustavě, aby byl umožněn paralelní provoz sítí NN a VN, tímto způsobem je zajištěna kompatibilita a bezpečnost provozu budované sítě [1].

Při výstavbě a rekonstrukci sítí by se mělo pevně opírat o počet zásad, které jsou zmíněny ve zdrojovém dokumentu. Jak se již v práci zmiňuje, síť NN se přednostně řeší jako kabelové, nehledě na to, zda se jedná o výstavbu nebo rekonstrukci. Budování venkovních či smíšených sítí je považováno za přechodný stav, nebo je možné na odlehlých lokalitách (samoty, zahrádkářské kolonie). Avšak i v těchto případech musí být provedení zdůvodnitelné, například nepřiměřenými náklady na výstavbu kabelové sítě. Síť NN se vzhledem k lokalitě budují jako dvojúrovňové, skládající se z napájecí a distribuční části buď jako smyčkové, nebo radiální. Stávající mřížové sítě budou nadále provozovány, nicméně nebude docházet k výstavbě dalších [1].

V prováděcím pokynu pro nové návrhy koncepcí sítí NN [1] se uvádí: „*Při výstavbě nových a obnově stávajících sítí nízkého napětí se přednostně budují jako zemní kabelové sítě, jiné technické řešení je na schválení centrálních rozvoji.*“

1.3 Dvojúrovňové sítě

V zásadách budování, navrhování a rekonstrukce NN sítí jsou zmíněny sítě dvojúrovňové. Představují přístup k organizaci rozvodné sítě, který má za cíl ji efektivně rozdělit mezi napájecí a distribuční část. Přístup při návrhu této sítě je zaměřen na zvyšování spolehlivosti a flexibility dodávky elektřiny, přitom je taky lehčí lokalizovat poruchy a manipulace s jednotlivými úseky sítě. Tyto sítě se budují především v místech s větším zatížením, nebo v oblastech s vyšším počtem připojených obnovitelných zdrojů energie.

Na téma dvojúrovňové sítě se v dokumentu [1] uvádí: „*Dvojúrovňové sítě jsou děleny na napájecí a distribuční úroveň. Dvojúrovňová síť slouží pro maximalizaci možnosti přenášení výkonu (v odběrovém i výrobním směru), maximalizaci možnosti odzálhování a minimalizaci činných ztrát na vedeních. Jejich budování se uplatní pro oblasti s převažující zástavbou rodinných domů a zároveň s více jak jednou DTS (i v perspektivě). Oblasti s jednou DTS (velmi malé obce, zahrádkářské kolonie) se mohou realizovat standardním smyčkováním, tedy pouze s distribuční úrovní. Podobně tak v oblastech s převahou blokové zástavby bytových domů se síť převážně buduje pouze jako napájecí s vysokými průřezy kabelů (NAYY 240).*“

Jak může být napovídající, rozdíl mezi dvěma částmi dvojúrovňové sítě je zejména ve funkci, konstrukci a také provozu. Distribuční a napájecí část sítě plní odlišné úkoly - napájecí část slouží k hlavnímu dovedení elektrické energie z DTS do rozvodných míst, naproti tomu distribuční část zajišťuje přímý přenos elektrické energie ke koncovým odběratelům. Podrobně se dozvíte o rozdílech následovně.

Vlastnosti napájecí úrovně [1]:

- Vydává výkon z DTS do vstupních SR⁴/SD⁵ skříní s vazbou na distribuční úroveň, zajišťuje náhradní napájení ze sousední DTS a mezi vývody napájecí úrovně navzájem.
- Jeden vývod napájecí sítě může mít na sobě více vstupních skříní (typicky 1 až 4).
- Každá vstupní skříň by měla mít ideálně možnost přivést výkon po napájecí síti minimálně ze dvou směrů (ze 2 napájecích vývodů).
- Vývody napájecí úrovně se provozují jako radiály s možností zakruhování vůči dalšímu vývodu či jiné DTS.
- Vedení napájecí úrovně jsou výhradně NAYY 240 . Délka radiálu napájecí úrovně od DTS po poslední vstupní skříň napájecí distribuční oblast by měla být co nejkratší (do 350 m).
- Trasování napájecí úrovně je, pokud možno, maximálně přímé.

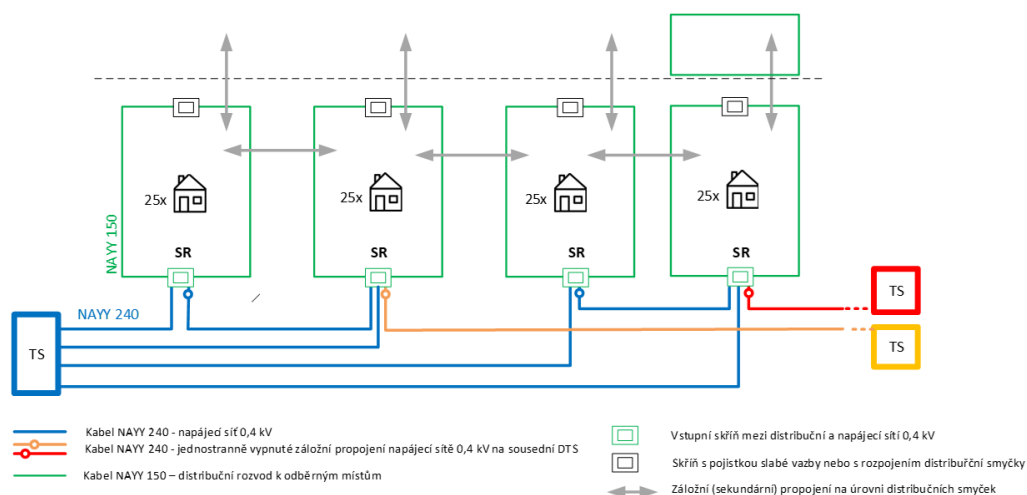
⁴rozpojovací jistící skříň

⁵rozpojovací jistící skříň s dělenou přípojnici

- Na vedení napájecí úrovně se z důvodu minimálního počtu dělení trasy nezaústují odběry.
- Na jednu DTS by mělo ideálně připadat 4 až 5 napájecích vývodů.
- NN rozvaděč DTS bude vždy standardně minimálně s 8 pozicemi, přičemž se uvažuje s:
 - 2 pozicemi pro krátkodobé odběry nebo vývody pro pomalé pouliční dobíjení,
 - 5 pozicemi pro napájecími vývody do DS NN,
 - 1 pozicí jako rezervou.

Vlastnosti distribuční úrovně [1]:

- Jedná se o síť zásobující určitou oblast s odběry, jedná se o smyčky nebo radiály s jednou vstupní SR/SD skříní, v té dojde k napojení na napájecí úroveň.
- Smyčky jsou vždy v základním provozu jako jednoduché, ne vícenásobné.
- Na jednu vstupní SR skříň může připadat více smyček či radiálů, dimenzovací odběr odběrných míst by však neměl překročit návrhové zatížení vývodu napájecí sítě (~130 kW na vývod napájecí sítě).
- Distribuční úroveň v základním zapojení neslouží k „tranzitu“ výkonu.
- Vývody distribuční úrovně se nezaústují do rozvaděče NN DTS, výjimkou jsou okrajové oblasti, kde není možné síť spolehlivě odzálohovat jinak nebo v případě realizace nové kabelové sítě dle koncepce NN s využitím stávajících kabelů NN.
- Vodiče na distribuční úrovni jsou NAYY 150, výjimečně menšího průřezu.
- Skupiny více jak 5 odběrných míst by měly mít možnost napájení ze dvou stran (měly by být na otevřené či uzavřené smyčce).



Obr. 1.1: Dvojúrovňová síť [1]

Struktura dvojúrovňové sítě vychází z několika předpokladů, prvním z nich je, že každá distribuční oblast musí mít svůj radiální přívod NAYY 240 z DTS. Důležité pro návrh nové sítě je omezení přípojných míst, na jednu DTS by mělo být 4-5 distribučních oblastí (celkem přibližně 80 až 100 domů nebo vývodů výkonového ekvivalentu jiného typu odběrných míst). Co se týče vývodů napájecí sítě, musí být vzájemně odzálohovány primárním zálohováním. Distribuční oblasti jsou odzálohovány sekundárním zálohováním. [1]

Primární zálohování je realizováno přes napájecí síť, kdy je možné v případě potřeby oblast odzálohovat z jiného vývodu stejné nebo sousední DTS. [1]

Priority pro způsob zálohování:

- zálohování vůči napájecímu vývodu sousední DTS,
- zálohování vůči napájecímu vývodu stejné DTS,
- bez zálohování (okrajová oblast, oblast velmi vzdálená od sousední DTS).

Sekundární zálohování je realizováno úrovní distribuční sítě, kde je možné smyčky distribuční sítě propojit mezi sebou nebo je možné distribuční síť propojit vůči jiné vstupní skříni. Cílem sekundárního zálohování je zajistit napájení pro případ poškození či prací na vstupní skříni [1].

Priority pro způsob zálohování [1]:

- zálohování vůči vstupní skříni jiného napájecího obvodu,
- zálohování vůči skříni jiné distribuční oblasti,
- bez zálohování (okrajová oblast, samota, krátký radiál).

V případě, že z DTS vede pouze jedno napájecí vedení (okrajová oblast, více napájecích vedení není třeba) je možné distribuční vývody vést z NN rozvaděče DTS nebo je vůči NN rozvaděči DTS odzálohovat.

1.4 Stanovení výkonových parametrů oblasti

Důležitým parametrem při navrhování parametrizovatelného modelu distribuční sítě NN je výkon odběrných míst. K odběrným místům se při dimenzování přistupuje shodně bez ohledu na případný současný nižší odběr odběrného místa (při návrhu se drží přiměřená rezerva pro budoucí elektromobilitu, elektrifikaci vytápění a podobně). Při dimenzování návrhu zatížení odběrného místa je možné vyšší hodnotou zohlednit ty místa, u kterých je v budoucnu možnost vyššího odběru, oproti hodnotám uvedených v Tab 1.2. Typicky se může jednat o objekty s přímotopným vytápěním nebo dobíječkami bez řízení soudobosti [1].

Návrh by měl z hlediska změny napětí umožňovat vyvedení výroby o velikosti 3 kW (rezervovaný výkon) na jedno odběrné místo (rodinný dům, menší podnikatelský objekt). Výroba se výpočtově nemusí uvažovat na objektech s číslem evidenčním (chaty, sklepy, garáže) a bytových domech [1].

Tab. 1.2: Návrhové hodnoty odběrů [1]

Odběrné místo	Výkonová hodnota odběru (kW)
RD ⁶ či MOP ⁷ v nové či plánované zástavbě	5-8
RD či MOP ve stávající zástavbě	5
byt s garážováním	2,5
byt bez garážování	1,5
na budovu s evidenčním číslem	0,4
samostatné garáže	5

⁶Rodinný dům

⁷Maloodběratel mimo domácnosti

2 Koncepce sítí vysokého napětí 22 kV

Jelikož se práce ve finálním stádiu zabývá návrhem distribuční sítě NN v obci Hrušky, z koncepce sítí VN budou vybrány pouze oblasti, které jsou podstatné pro návrh a připojení DS nízkého napětí.

Nedílnou součástí navrhování nové sítě NN v osídlených oblastech (popř. rekonstrukce) je i dodržení koncepčního plánu pro budování či obnovu sítí vysokého napětí (VN). K problematice navrhování sítí VN dokument [2] uvádí: „*Tento pokyn definuje zásady pro návrh a další rozvoj sítí 22 kV v souladu s aktuální verzí strategie rozvoje Smart Grids. Vlastní rozvoj sítí je naplňován prostřednictvím konkrétních investičních akcí. Technická řešení akcí zajišťujících obnovu, rozvoj, připojení nových odběrných nebo výrobních zařízení a přeložení stávajících energetických zařízení musí splňovat požadavky na sítě definované v aktuální verzi této koncepce a dále požadavky na bezpečnost a spolehlivost dané příslušnou legislativou a technickými normami.*“

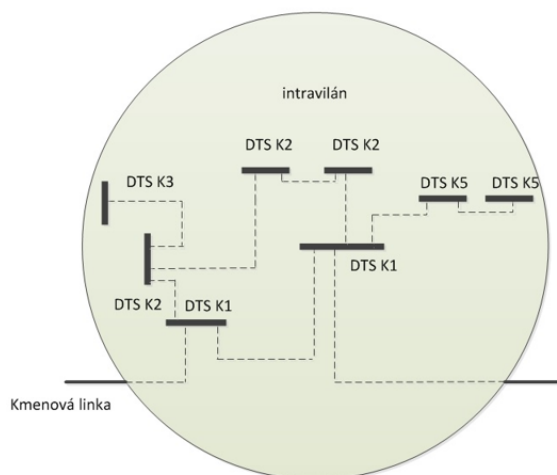
2.1 Koncept napájení obce

Koncept napájení obce je dokument, který upravuje budoucí stav napájení obce, jedná se o návrh trasy pro kabelizaci vedení VN v intravilánu, určení odboček z napájecích vedení obce, které budou zachovány pro napájení dané obce. Mezi důležité aspekty návrhu je určení DTS typu K1, neboli přístupových DTS, které obec připojí na kmenové vedení VN a rozhodnutí, jakým způsobem budou DTS propojeny na vnitřním napájecím okruhu. K realizaci konceptu napájení pokyn [2] uvádí: „*Koncept napájení musí být zpracován při každém zásahu do VN sítě v obci a při rozsáhlé rekonstrukci NN sítě Koncept napájení bude vždy přílohou zadání stavby.*“

Hlavním účelem při vytváření nového konceptu je popsat, jak vypadá ideální cílový stav napájení dané obce. Návrh popisuje budoucí novou topologii sítí VN, která respektuje zásady uvedené v dokumentu EGD-PP-249, umožňuje dlouhodobý rozvoj sítě, dává prostor pro automatizaci sítí s cílem zásadního zvýšení spolehlivosti a snížení nákladů na provoz sítě a zároveň zohledňuje způsob zakomponování ideálního cílového stavu do reálné sítě (stáří sítě, územní plány, již realizované povrchy apod.).

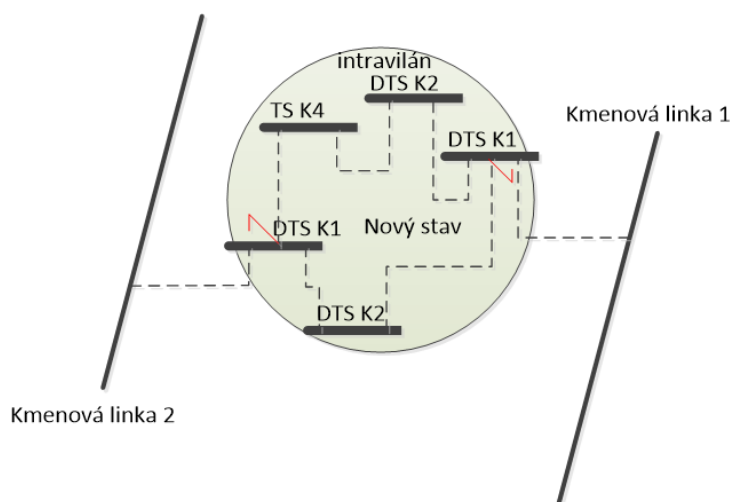
Dokument [2] o distribučních transformačních stanicích typu K1 konstatuje: „*V tomto návrhu jsou určeny přístupové DTS K1. Z těchto přístupových trafostanic vychází (dle velikosti obce/počtu trafostanic) vnitřní napájecí kruh do kterého jsou zasmyčkovány ostatní DTS v obci. Cílem je eliminovat množství DTS, které jsou přímo připojeny ke kmenové vedení.*“ Přičemž každá obec, která má více než 500 obyvatel, má jednu nebo v ideálním případě dvě přístupové DTS typu K1, ze kterých je vyveden napájecí okruh VN pro obec. Větší obce, které mají více než

1000 obyvatel by měly mít vždy 2 přístupové DTS a je vhodné, aby byly napájeny z rozdílných kmenových linek VN (pravidlo použité jako návrhové vodítko). Ostatní DTS v obci budou nasmyčkované na vnitřní napájecí kruh, ten bude napájen jako vývod z přístupové DTS K1. Po schválení je možné ponechat vybrané DTS mimo vnitřní napájecí kruh obce, tj. na kabelovém paprsku viz Obr. 2.1 i jako trvalý stav, využívá se to při napájení např. zemědělských družstev nebo závlah [2].



Obr. 2.1: Ponechání DTS na paprsku [2]

Obec Hrušky se nachází mezi dvěma linkami vedení VN, při této skutečnosti je doporučeno, aby přístupové DTS typu K1 byly připojeny k rozdílným linkám vysokého napětí viz Obr. 2.2.



Obr. 2.2: Připojení obce ze dvou linek VN [2]

3 Stávající situace v obci Hrušky

Důležitou součástí práce je technický popis stávající distribuční sítě NN v obci Hrušky, její zhodnocení a zhodnocení urbanistického plánu rozvoje obce. Důvodem je, že budoucí plány obce a případná potřeba připojit další odběratelská místa k distribuční síti jsou pro provozovatele dobrým indikátorem, jak postupovat v následné výstavbě či modernizaci.

3.1 Popis územního plánu Hrušek

Při zhodnocování územního plánu obce Hrušky je důležité zaměřit se na plochy, které jsou určené na výstavbu nových objektů a budou s největší pravděpodobností potřebovat připojení k distribuční síti. Mezi signifikantní plochy, které by mohly způsobit potíže pro případné připojování odběratelských míst patří dvě území na jihozápadu obce. V nákresu z dokumentu [4] jsou označeny jako BR Z04 a BR Z07. Zmíněné plochy by za případné potřeby připojení odběratelských míst pravděpodobně spadaly do oblasti DTS „NA ZAHÁJCE“, která je na to připravená s možností osazení dalšího transformátoru o typovém výkonu 630 kVA.

Kód plochy BR označuje způsob jejího využití, v tomto případě se jedná o pozemky s hlavním využitím pro konstrukci staveb pro bydlení v rodinných domech. Přípustné využití je dle [5] následující: „*občanské vybavení místního významu, chráněné bydlení pro seniory, objekty pro rodinnou rekreaci, veřejná dopravní a technická infrastruktura, související dopravní a technická infrastruktura, veřejná prostranství a plochy okrasné a rekreační zeleně, dětská hřiště, , parkoviště pro osobní automobily o velikosti do 10 parkovacích míst, řadové garáže o úhrnné kapacitě do 10 míst.*“

V územním plánu Hrušek je vymezena jedna územní rezerva pro možné budoucí umístění plochy bydlení v rodinných domech poblíž ulice Záhumenní [4]. Pro potřeby rozvoje distribuční sítě v následujících letech nenese významnou informační hodnotu.

3.2 Technický popis stávající sítě nízkého napětí

Distribuční soustavu na hladině nízkého napětí v obci napájí z hladiny vysokého napětí (VN) 4 distribuční transformační stanice kioskového typu, rozmístěné po oblasti obce tak, aby pokryly požadavky.

První DTS „ZÁHUMENNÍ“ (provozní označení 707011) se nachází na jihovýchodě obce, blízko křižovatky ulic Záhumenní a Na Rybníčku, kde byla postavena roku 2023 po rekonstrukcích oblasti. Je osazena jedním transformátorem, který má typový výkon 630 kVA.

Druhá distribuční transformátorová stanice „NA ZAHÁJCE“ (700852) je postavena na jihozápadu obce blízko rybníku Zahájka. Výstavba byla dokončena v roce 2008, kdy v oblasti začala výstavba rodinných domů. DTS je osazena jedním transformátorem s typovým výkonem 630 kVA, ale má možnost osazení dvou transformátorů, které by představovali společný typový výkon 1260 kVA. Důvodem pro výstavbu trafostanice s volitelným vyšším výkonem byla zaprvé vysoká pravděpodobnost připojení velkého množství nových odběrných míst a zadruhé dobře zvolená lokalita umístění DTS, kde je možné vyvést výkon přiměřeně dlouhým vedením.

Blízko centra Hrušek se nachází DTS „OBEC“ (707010), postavena v roce 2023 a osazena dvěma transformátory se sumou typových výkonů 1260 kVA. Její pozice umožňuje napájení velkého množství odběrných míst. Vedení je vyvedeno krátkými radiály, což je výhodné z pohledu ztrát energie.

Čtvrtá a poslední DTS „ALEJ“ (705320) v obci Hrušky se nachází na severu obce a rozlohou napájí největší část distribuční sítě. Jedná se o nejnovější DTS postavenou v roce 2024, je osazena jedním transformátorem s typovým výkonem 630 kVA.

Sít v obci je nyní realizována jak venkovním (nadměrným) vedením, tak kabelovým (podzemním) vedením, které se nachází na jihu obce po rozsáhlé rekonstrukci nutné kvůli zničení bývalé sítě tornádem v roce 2021. Zmíněné venkovní vedení se nachází v severní části obce, kde poslední rekonstrukce proběhla v roce 2003, technické provedení rekonstrukcí ve zmíněném roce bylo realizováno nadzemním vedením s využitím izolovaného kabelu typu AES. Topologie sítě je převážně okružní, nicméně dle provozního schématu NN je provozována jako paprsková. To znamená, že z každé DTS vychází několik kabelových vývodů, které jsou ve vhodných místech rozpojeny. Pro připojení odběrných míst u podzemního vedení se využívá buď smyčkování, tj. kabel z DTS vstoupí do přípojkové skříně u domu, projde přes přípojnícový systém a pokračuje k dalšímu odběrnému místu, nebo paprskové připojení pomocí T-spojek, tj. pomocí odbočné T-spojky se z distribučního kabelu vyvede paprsková přípojka pro odběrné místo. Pro připojení odběrných míst z nadzemního vedení se využívá paprskové přípojky, v provedení buď nadzemním, nebo svodem po sloupu a dále zemní k odběrnému místu. Napájené oblasti různých DTS distribuční sítě NN se ve vhodných rozpojovacích skříních stýkají, nicméně jejich propojení (pomocí pojistky) je prováděno pouze v případě neplánované poruchy a nebo v některých případech plánovaných odstávek - dle informací pracovníků provozovatele distribuční soustavy se však paralelní provoz DTS nevyužívá.

V distribuční síti nízkého napětí v obci je registrováno 820 odběratelských míst, celková bilance a zatížení sítě jako celku lze vidět v Tab. 3.1. Mezi 4 distribuční transformační stanice je nerovnoměrně rozdělen odběr výkonu o velikosti 1370 kW

Tab. 3.1: Zatížení sítě NN

$P_{\text{dodávka}}$ (kW)	1409,0
$P_{\text{odběr}}$ (kW)	1370,9
$P_{\text{ztráty}}$ (kW)	38,1
$Q_{\text{dodávka}}$ (kVAr)	527,8
$Q_{\text{odběr}}$ (kVAr)	428,9
Q_{balance} (kVAr)	98,9

Činný soudobý příkon je reálná hodnota činného odebíraného výkonu, která připadá odběrnému místu. Mají zásadní vliv na výpočet ustáleného chodu sítě. Při určování jejich velikostí je důležité zakomponování typu distribuční sazby odběrného místa. V Tab. 3.2 jsou uvedeny rozdílné typy distribučních sazeb pro domácnosti. Pro objekty, které jsou v katastru obce označeny jako „jiné stavby“ se uvažuje s činným soudobým příkonem odběrného místa 0,4 kW (i přes skutečnost, že odběrné místo má distribuční tarif D 01d nebo D 02d), mezi ně patří převážně vinné sklepy.

Tab. 3.2: Činné soudobé příkony distribučních sazeb

sazba	činný příkon (kW)
D 01d	1,2
D 02d	1,2
D 25d	1,5
D 26d	1,5
D 27d	1,5
D 35d	1,5
D 45d	2,8
D 56d	2,8
D 57d	2,8
D 61d	2,8

Distribuční sazba označuje výši ceny, kterou odběratel zaplatí za „dopravu“ elektřiny na odběrné místo a upravuje podmínky, za kterých ji může odebírat. Dělí se na jednotarifní sazby, což znamená, že cena za kilowatthodinu elektřiny je stejná po celých 24 hodin. Mezi jednotarifní sazby patří D 01d a D 02d. Druhou skupinou sazeb jsou dvoutarifní, u kterých se tarif dělí na vysoký tarif (VT) a nízký tarif (NT), cena elektřiny je v době NT nižší.

Přehled distribučních sazeb [3]:

- **D 01d** - menší domácnosti a odběrná místa s nižší spotřebou elektřiny a s běžnými spotřebiči bez ohřevu vody (vytápění),
- **D 02d** - klasické domácnosti s běžnými spotřebiči, bez ohřevu vody a vytápění,
- **D 25d** - odběrná místa s akumulačními spotřebiči jako je bojler pro ohřev vody,
- **D 26d** - odběrná místa s akumulačními spotřebiči pro akumulační vytápění a ohřev vody (bojler),
- **D 27d** - odběrná místa, kde zákazník užívá elektromobil,
- **D 35d** - odběrná místa s hybridním vytápěním a ohřevem vody (kombinace akumulačního a přímotopného). (Od 1.4.2016 nahrazena sazbou D 57d),
- **D 45d** - odběrná místa s využitím přímotopného elektrického spotřebiče pro vytápění (od 1.4.2016 nahrazena sazbou D 57d),
- **D 56d** - odběrná místa s tepelným čerpadlem (od 1.4.2016 nahrazena sazbou D 57d),
- **D 57d** - odběrná místa s hybridním vytápěním, nebo s tepelným čerpadlem a nebo přímotopnými spotřebiči,
- **D 61d** - odběrná místa převážně uvažována k víkendovým pobytům.

V distribuční síti nízkého napětí v obci Hrušky je jednotarifních odběrných míst (D 01d, D 02d) 414, což odpovídá polovině odběratelům a jejich přibližná suma činného soudobého příkonu je 392 kW. Dvoutarifních odběrných míst s tarifem D 25d - D 35d je v obci 154 a jejich celkový činný soudobý příkon je přibližně 300 kW. Odběry s nejvyšším stupněm distribučních tarifů mají celkový činný soudobý příkon přibližně 613 kW a v obci je těchto odběrných míst 252.

4 Model sítě NN v softwaru Grizzly

Pro vytvoření funkčního a parametrizovatelného modelu distribuční sítě nízkého napětí v obci Hrušky byl použit software Grizzly, který se používá ve společnosti EG.D, s.r.o. Umožňuje sestavit a simulovat různé stavy a požadavky sítě, součástí této práce je výpočet ustáleného chodu. Ustálený chod dokáže napodobit běžný bezporuchový stav sítě, kdy na odběrná místa jsou zadány stálé činné příkony. Používá se k ověření správnosti modelu a jeho provozních parametrů, simulaci toku výkonů skrz DTS a kontrolu, zda nedochází především k podpětí na kterémkoliv z odběrných míst. Za podpětí se považuje pokles napětí v odběrném místě o více jak 10 % jmenovité hodnoty fázového napětí (230 V), minimální přípustná hodnota napětí je tudíž 207 V.

4.1 Ustálený chod se smluvně sjednanými výkony OZE – stávající stav

Po importování sítě NN v obci Hrušky z programu NetViewer do aplikace Grizzly bylo nutné změnit příkony jednotlivých odběrných míst. Dosazené hodnoty programem neodpovídaly skutečnosti, mnohdy byly odběry výkonů dvojnásobné. Po konzultaci s pracovníky provozovatele distribuční soustavy se dle distribučních sazeb určovaly soudobé činné příkony odběrných míst viz Tab. 3.2.

Výpočet ustáleného chodu se uskutečnil pro síť v „letním“ stavu, tj. předpoklad, že obnovitelné zdroje energie (OZE) vyrábí energii na 100 % rezervovaného výkonu a na primárním vinutí transformátoru v distribučních transformačních stanicích je napětí o velikosti 22,6 kV. V některých případech se ustálený chod sítě může počítat za „zimního“ stavu, což znamená, že OZE nedodávají do sítě žádný výkon a napětí na primárním vinutí transformátoru DTS se zvedne na hodnotu 23,1 kV. Právě předpoklad provozu sítě v letním stavu je pro práci důležitý kvůli faktu, že v něm OZE pracují na 100 %.

Tab. 4.1: výsledky ustáleného chodu (varianta 1)

Oblast DTS	P_{DTS} (kW)	P_{OZE} (kW)	U_{min} (V)	U_{max} (V)
ZÁHUMENNÍ	139,9	155,3	228,1	236,9
NA ZAHÁJCE	49,1	150,3	235,8	238,0
OBEC	209,3	163,5	228,2	240,3
ALEJ	362,0	180,1	211,9	235,1

Výsledky výpočtu ustáleného chodu sítě (varianta 1) jsou uvedeny v Tab. 4.1. Mezi důležité parametry sítě patří zvolené veličiny, které nám znázorní, kolik dodává DTS do napájené oblasti výkonu, kolik dodávají OZE výkonu do dané oblasti a minimální hodnotu napětí. Dle výsledků je patrné nadměrné zatížení distribuční transformační stanice „ALEJ“ i přes tuto skutečnost nedochází u odběratelů k podpětí. Pravděpodobný důvod pro nižší hodnoty napětí je nadměrná délka vývodů.

4.2 Ustálený chod se sníženými výkony OZE

Vysoké rezervované výkony OZE u odběratelů mají za následek nemožnost připojení dalších odběratelů s OZE, kteří by byli schopni dodávat do distribuční sítě NN vyrobený přebytečný výkon. Dle interních dat společnosti EG.D, s.r.o. se využití fotovoltaických elektráren pohybuje na hodnotě vyšší než 60 % jen v jednotkách procent času během celého roku (provozní empirický předpoklad). Toto pozorování přímo vede k důvodu další části práce, která se zabývá tím, co by se stalo, kdyby se rezervované výkony snížily na 60 % hodnoty sjednané distributorem.

Tab. 4.2: výsledky ustáleného chodu (varianta 2)

Oblast DTS	P_{DTS} (kW)	P_{OZE} (kW)	U_{min} (V)	U_{max} (V)
ZÁHUMENNÍ	204,0	93,2	226,1	236,7
NA ZAHÁJCE	109,5	90,2	234,6	237,8
OBEČ	275,6	98,1	227,3	238,2
ALEJ	441,9	108,1	207,5	234,5

Jak lze vidět v Tab. 4.2, výkony dodané do oblastí jednotlivých DTS z obnovitelných zdrojů energie od dodavatelů se snížily na 60 %. Aby distribuční transformační stanice pokryla poptávku po elektrické energii v dané oblasti, čerpají vyšší hodnotu výkonu z hladiny VN. Z důvodu zmenšení výkonů OZE nám došlo k poklesu napětí. Důvody výrazného poklesu napětí na místech vzdálených od DTS jsou jednak napěťové ztráty na dlouhém napájecím vedení NN a jednak nedostatek injektovaného výkonu z OZE. Nejvýraznější pokles lze pozorovat na DTS „ALEJ“, kde hodnota minimálního napětí je 207,5 V.

Předpoklad, že hodnota výkonu odebíraného z hladiny VN skrz DTS zůstane totožná jako při smluvních hodnotách rezervovaných výkonů OZE a že rezervovaný výkon jednoho odběratele s OZE, který dodává do sítě je 6 kW, přinese přibližný počet možných nových připojení FVE. Např. u distribuční transformační stanice „ALEJ“ by to znamenalo 12 nových potenciálních možností dodávat výkon do sítě.

Vzhledem k celé oblasti obce Hrušky by to znamenalo přibližně 40 nových potenciálních dodavatelů výkonu z FVE, tj. 40 x 6 kW, celkem tedy 240 kW (jedná se pouze o teoretickou úvahu). Kvůli současné topologii sítě je mnohdy však nemožné připojit FVE do sítě kvůli nedodržení napěťových poměrů v místě připojení – přepětí, zejména pokud se odběratel nachází v blízkosti DTS. Řešení problému bude předmětem koncepce sítě VN a NN.

5 Návrh koncepce distribuční sítě NN

Poslední a nejdůležitější částí práce je návrh nové koncepce distribuční sítě nízkého napětí pro obec Hrušky a její následný výpočet v programu Grizzly. Při vytváření zmíněného návrhu je nutné se řídit koncepcí NN (EGD-PP-046) a také koncepcí VN (EGD-PP-249). Z koncepčních dokumentů vyplývá, že při navrhování nové DS pro obec není jediné kritérium splnění daných požadavků nové sítě, ale také nutnost brát v potaz její stávající stav. To se promítne do návrhu zejména v jižní části obce Hrušky, protože zde proběhla rekonstrukce v roce 2021 z důvodu zničení bývalé sítě tornádem. Pro zrekonstruovanou část obce je nutné brát ohled na finanční stránku investic při případných rekonstrukcích, mezi ně patří i opětovné provádění výkopových prací v místech s nově realizovanými povrchy. Právě narušení kabelového lože, ve které jsou kabely uloženy může mít za následek snižování jejich životnosti. Při přerušení lože v konkrétním místě vzniká jakási pravděpodobnost nesouměrného zatížení. V takových případech není zárukou, že kabeláž naplní očekávanou délku, po kterou by měla být schopna bezpečného provozu viz Tab. 1.1. Kompletní návrh sítě se nedá označit za „učebnicový“, jedná se spíše o technicko-ekonomický kompromis.

5.1 Distribuční transformační stanice

Prvním krokem při vytváření návrhu je určení počtu a následně pozic, ve kterých budou vybudovány DTS. Ideální stav zatížení transformátoru v DTS by dle koncepce měl být 80 %, při použití transformátorů s typovým výkonem 630 kVA to znamená použitelné zatížení 500 kVA. Jak je uvedeno v Tab. 1.2, pro rodinné domy ve stávající zástavbě je uvažována výkonová hodnota odběru 5 kW, z toho plyne, že na jednu DTS je v ideálním případě možno připojit 100 odběrných míst (popř. 200, při osazení DTS dvěma transformátory o typovém výkonu 630 kVA). Obec Hrušky má 925 odběrných míst, takže počet transformátorů potřebných pro spolehlivý chod sítě je 9. DTS OBEC je osazena dvěma transformátory (630 kVA), proto výsledný počet distribučních transformačních stanic je 8.

V návrhu se z ekonomických důvodů předpokládá, že stávající DTS (OBEC, NA ZAHÁJCE, ZÁHUMENNÍ a ALEJ) zůstanou na stávajících místech. Při rozmístění 4 nových DTS je nutné také dodržet, aby délka radiálu napájecí úrovně od DTS po poslední vstupní skříň napájecí distribuční oblasti byla maximálně 350 metrů.

Ve stávajícím stavu sítě napájí DTS ZÁHUMENNÍ 183 odběrných míst (OM), po označení 100 nejbližších OM vznikla směrem na západ, ulice Hlavní, Týnecká a U Dráhy oblast, ve které není zajištěna dodávka energie. Právě do zmíněné oblasti je navržena nová DTS s názvem NÁDRAŽNÍ (1x630 kVA), která distribučně pokryje danou oblast.

Při umísťování byla zvažena nejen nejlepší pozice pro DS, ale také na kterém území dle katastrální mapy bude v budoucnosti s největší pravděpodobností umožněna výstavba kioskové DTS. Zvoleno bylo území, na kterém do roku 2021 stála budova bývalé výdejny jízdenek a čekárny. Území má jak vhodnou pozici z pohledu výstavby DS, tak z pohledu katastrálních údajů, viz Obr. 5.1.



Obr. 5.1: Mapa umístění DTS NÁDRAŽNÍ [6]

Severně od DTS ZÁHUMENNÍ vznikla druhá oblast, ve které je nutné vybudovat novou DTS s názvem HŘBITOVNÍ. Stanice bude osazena jedním transformátorem o typovém výkonu 630 kVA.

Při výběru lokality pro kioskovou distribuční transformační stanici bylo opět nutné vybrat vhodnou oblast. Zvolen byl obecní pozemek s katastrálním číslem 456/6 viz Obr. 5.2, v jehož okolí se nepředpokládá výstavba nových domů.

Z hlediska topologie pokryje DTS HŘBITOVNÍ distribuční oblast mezi DTS ZÁHUMENNÍ a DTS OBEC. Zároveň bude splněn požadavek maximální délky paprsku napájecí úrovně od DTS (350 m), kterého by bez její výstavby nebylo možné dosáhnout. Koncepční návrh rovněž předpokládá přepojení některých odběrných míst na nově vybudovanou stanici. Tím dojde k odlehčení DTS OBEC, která ve stávajícím stavu napájí 244 odběrných míst.



Obr. 5.2: Mapa umístění DTS HŘBITOVNÍ [7]

Největší vytížení z pohledu připojených odběrných míst má v současném stavu sítě nízkého napětí DTS ALEJ, na kterou je napojeno 361 odběrných míst. Při výpočtech stávající DS NN se přetížení prokazovalo hraničními hodnotami minimálního napětí na odběrných místech. Topologicky DTS pokrývá vývody dlouhé až 700 metrů, které vedou jižně téměř k napájecí oblasti DTS ZÁHUMENNÍ. Právě ve zmíněné oblasti byla navržena nová kiosková DTS pojmenovaná PÍSEČNÁ (transformátor 1x630 kVA).

Při volbě vyhovující lokality pro výstavbu bylo zohledněno, aby k budoucí DTS byl umožněn přístup pro těžkou techniku. Zvolen byl soukromý pozemek s parcelním číslem 2078/494 viz Obr. 5.3. Skutečnost, že je pozemek soukromý, může v nadcházejícím vyjednávání výrazně zvýšit obtížnost výstavby trafostanice, avšak v dané lokalitě neexistuje lepší alternativa.

Pokud by nebylo možné odkoupení pozemku od majitele, přistoupí se ke zřízení věcného břemene. V krajním případě, že ani tato možnost nebude dosažitelná, provozovatel distribuční soustavy bude požadovat vyvlastnění pozemku (často pouze věcného břemena). Proces vyvlastnění musí být schválen vyvlastňovacím úřadem a musí být prokázáno, že se jedná o veřejný zájem a stavbu nebylo možné jinde realizovat.

Východně od DTS ALEJ vzniklo území, které při uplatnění doporučení z koncepce NN nelze z této stanice napájet, a je tudíž potřeba vybudovat novou finální DTS DRUŽSTVO (transformátor 1x630 kVA).

Umístění bylo zvoleno poblíž pozemků družstva, především kvůli předpokladu, že se bude jednat o přístupovou DTS typu K1 (předmětem části práce zabývající se napájením obce z vedení VN). Jako vhodné bylo zvoleno území s parcelním číslem 762/3 viz Obr. 5.4, vlastníkem je firma AGROTREND HRUŠKY. K případnému



Obr. 5.3: Mapa umístění DTS PÍSEČNÁ [8]

vyjednávání odkoupení pozemku pro výstavbu kioskové DTS přistupují firmy benevolentněji než fyzické osoby, tato skutečnost ovlivnila výběr území.



Obr. 5.4: Mapa umístění DTS DRUŽSTVO [9]

Oblasti jednotlivých trafostanic z polohopisného pohledu jsem zobrazeny v Přílohách. Přehledné zobrazení všech distribučních trafostanic je k vidění v Tab. 5.1.

Tab. 5.1: Přehled uvažovaných distribučních trafostanic

DTS	Typ	Výkon (kVA)	Důvod umístění	Počet OM	Riziko realizace
OBEC	K2	2×630	stávající	215	–
NÁDRAŽNÍ	K2	630	ulehčení sousední DTS	79	neobstarání pozemku
ALEJ	K2	630	stávající	133	–
ZÁHUMENNÍ	K1	630	stávající	89	–
PÍSEČNÁ	K2	630	ulehčení sousední DTS	114	neobstarání pozemku
NA ZAHÁJCE	K2	630	stávající	139	–
DRUŽSTVO	K1	630	ulehčení sousední DTS, lokalita blízko VN lince	70	neobstarání pozemku
HŘBITOVNÍ	K2	630	ulehčení sousední DTS	86	neobstarání pozemku

5.2 Koncept napájení obce Hrušky

Další krokem při úspěšném navržení nové DS nízkého napětí v obci je vytvořit koncepční plán, který udává jak budou DTS v obci napájeny. Udává, které trafostanice budou vybudovány jako přístupové (typ K1) a jak budou DTS (typ K2) propojeny na vnitřním napájecím kruhu. Protože obec Hrušky má více než 1000 obyvatel, podle koncepčního dokumentu se doporučuje výstavba dvou přístupových trafostanic.

Severně od obce vede linka VN označena VN35, vzhledem ke vhodné poloze byla určena DTS DRUŽSTVO jako přístupová trafostanice typu K1. V budoucnu je očekávaná kabelizace linky VN35 směrem západně od obce Hrušky, tj. směrem k Břec-lavi. Dle koncepčních dokumentů se VN linky realizují kabelem NA2XS2Y 1x240, přičemž následné spojování DTS v intravilánu obce se provádí kabelem NA2XS2Y 1x150.

DTS ZÁHUMENNÍ byla zvolena jako druhá přístupová DTS typu K1, napájení by bylo zajištěno z linky VN846, která vede jižně od obce, směrem na obec Týnec.

Při spojování DTS typu K2 v intravilánu obce se postupovalo postupným spojováním sousedních trafostanic, aby došlo k vytvoření vnitřního kruhu. Kompletní koncept je znázorněn v příloze A.1.

Zvolená místa obou přístupových trafostanic jsou technicko-ekonomicky nejvhodnější a to vzhledem k trase kmenových linek VN a stávající i plánované zástavby.

5.3 Koncepce NN v obci Hrušky

Při vytváření koncepce nízkého napětí pro obec je předpokládáno dodržení všech pravidel či doporučení, která jsou zmíněna v teoretické části práce. Návrh bere v potaz i ekonomickou povahu budování nové DS NN, zejména provádění výkopových prací na místech, která byla v posledních letech zrekonstruována. V těchto místech je cílem implementovat co největší část stávajícího kabelizovaného vedení do nového návrhu sítě. Návrh je tvořen jako ekonomicky a stavebně realistický kompromis.

Distribuční síť nízkého napětí v obci je navržena jako dvojúrovňová síť, to znamená, že z DTS jsou vyvedeny kabely NAYY 4x240 až po první odběrné místo. V daném místě se osadí rozpojovací skříň, ze které vede jak kabel NAYY 4x240, tak kabel NAYY 4x150, který zastává funkci distribuční úrovně, tj. smyčkování do přípojkových skříní. V případě, že v napájené oblasti nebude z jiné DTS realizován propoj trafostanic na napájecí úrovni (NAYY 4x240), bude z SR vyvedeno pouze kabelové vedení distribuční úrovně. Na napájecí úrovni se DTS propojuje se dvěma případně více sousedními trafostanicemi (podle lokality DTS). Propoj je uskutečněn ve třetí rozpojovací skříni umístěné na vývodu z DTS. V koncepci je také uplatněno sekundární zálohování oblastí, to znamená propojení rozpojovacích skříní jiných distribučních oblastí kabelem NAYY 4x150.

Primární a sekundární zálohování sítě je polohopisně znázorněno v Příloha B.18. Zelenou barvou je označeno primární zálohování. Červená barva označuje sekundární zálohování společně s paprskovými vývody, které zálohované nejsou (vývody na kraji obce, u kterých není realizován propoj).

DTS NÁDRAŽNÍ zásobuje 79 odběrných míst a na napájecí úrovni je propojena se sousedními DTS ZÁHUMENNÍ (směr západ) a NA ZAHÁJCE (směr severovýchod). Napájecí kabelové vedení určené pro DTS NA ZAHÁJCE je vedeno ulicí U Dráhy zejména kvůli nižším finančním nákladům vynaloženým na výkopové práce. Propojení napájecí úrovně s DTS ZÁHUMENNÍ je méně náročné, protože v oblasti byla DS zrekonstruována v roce 2021. Provedeno je pouze napojením vývodu z DTS NÁDRAŽNÍ na stávající kabelové vedení NAYY 4x240. Vedení distribuční úrovně je

v dané lokalitě již zhotovené, navržena byla pouze kabelizace jižní části distribuční oblasti na ulici Týnecká.

DTS ZÁHUMENNÍ zásobuje v nové koncepci 89 odběrných míst, na napájecí úrovni je propojena s DTS HŘBITOVNÍ a NÁDRAŽNÍ. Propojení s DTS HŘBITOVNÍ vyžadovalo prodloužení napájecího vedení z první SR (ulice Záhumenní). Jedná o ekonomicky náročnou modernizaci, protože celá ulice byla zrekonstruována po tornádu v roce 2021. Propojení s DTS NÁDRAŽNÍ proběhne použitím stávajících kabelů NAYY 4x240.

DTS HŘBITOVNÍ má ve své distribuční oblasti 86 odběrných míst, ty jsou rozložena na ulice Hlavní, Hřbitovní a Záhumenní, tak aby byla splněna podmínka maximální vzdálenosti vyvedeného radiálu z DTS dle teoretické části. Propoje na napájecí úrovni jsou zhotoveny do tří směrů, jižně k DTS ZÁHUMENNÍ, potřebné pouze položení kabelu do blízké SR. Jiho-západně k DTS NA ZAHÁJCE, také provedeno pouze prodloužením již stávajícího kabelového vedení. Severně po ulici Záhumenní k DTS OBEC, kde proběhla celková kabelizace DS, tj. vyvedení kabelu NAYY 4x240, v první SR vyvedeno i vedení distribuční úrovně určené ke smyčkování odběrných míst a paralelní pokračování obou vedení až do mezní rozpojovací skříně. V ostatních oblastech byla kabelizace distribuční úrovně zhotovena v roce 2021.

DTS NA ZAHÁJCE byla při své výstavbě v roce 2005 navržena s kabelovou sítí, z toho důvodu byla DS pouze upravena, aby nedocházelo k nadbytečným vývodům vedení typu NAYY 4x240 z trafostanice. Severně bylo propojení na napájecí úrovni zrealizováno prodloužením vedení po ulici U Pálenice (DTS PÍSEČNÁ) a vyvedením nového kabelového vedení po ulici Na Zahajce po křižovatku s ulicí U Pálenice (DTS OBEC). Směrem na západ se nahradilo stávající kabelové vedení za vedení napájecí úrovně a vznikl propoj s DTS HŘBITOVNÍ. Jižní propoj s DTS NÁDRAŽNÍ vyžadoval navrhnutí nového napájecího vedení, které vede po ulici U Dráhy. Po konzultaci s projektanty ve firmě EG.D, s.r.o. byla do koncepce dokresleno i vedení s předpokládaným počtem odběrných míst, které v blízké době vznikne jižně od trafostanice. Důvod pro rozšiřování sítě je plánovaná výstavba rodinných domů v dané oblasti (zmíněno v popisu územního plánu Hrušek). Konečný počet odběrných míst připojených na trafostanici je 139.

DTS PÍSEČNÁ nově vybudovaná hlavně za cílem ulehčit provoz trafostanice ALEJ zásobuje 114 odběrných míst. V oblasti došlo k celkové kabelizaci DS, jižním směrem od DTS bylo propojení s trafostanicí NA ZAHÁJCE skutečně vybudováním nového kabelu NAYY 4x240 až po ulici U Pálenice. Propoj s trafostanicí OBEC proběhl stejným způsobem na východněji lokalizované paralelní ulici U Svodnice (křižovatka s ulicí Na Rynku). Třetí propojení na napájecí úrovni proběhlo směrem na sever, s DTS ALEJ v SR, která je umístěná na křižovatce ulic Břeclavská

a Sklepní. Celá distribuční oblast má navíc 5 propojení se sousedními distribučními oblastmi na distribuční úrovni (NAYY 4x150)

DTS OBEC osazená dvěma transformátory s typovým výkonem 630 kVA, tudíž doporučené zatížení celé trafostanice může dosáhnout 1000 kW (za předpokladu 80 % vytížení transformátorů). V nové koncepci se snížil počet odběrných míst v distribuční oblasti na 215 jednotlivých odběratelů. DTS je v koncepci propojena s 5 sousedními DTS na napájecí úrovni. Důvodem pro větší počet je vhodná lokalita trafostanice OBEC. Kabelové vedení v blízkosti DTS bylo pouze poupraveno, aby splňovalo koncepční doporučení a ve vzdálenějších částech distribuční oblasti bylo nadzemní vedení plně nahrazeno podzemním. Severním směrem jsou vyvedeny dva kabely napájecí úrovně, první propojení s DTS ALEJ je uskutečněno na křižovatce ulic Břeclavská a Na Aleji. Propojení s trafostanicí DRUŽSTVO se nachází se ulici Za Dvorem. Jiho-východním směrem je trafostanice propojena s distribučními oblastmi DTS NA ZAHÁJCE (ulice U Pálenice), DTS PÍSEČNÁ (ulice Na Rynku) a DTS HŘBITOVNÍ (křižovatka ulic Záhumenní a U Zbrojnice). Obtížnou součástí návrh NN sítě pro tuhle oblast bylo správné zapojení odběrných míst na rozpojovací skříň. Je stěžejní nepřekročit maximální zatížení jedné SR, nedodržení by se projevilo nadměrnými hodnotami jmenovitého proudu v konkrétních SR.

DTS ALEJ nově zásobuje 133 odběrných míst. Doporučený počet OM (100) byl záměrně překročen, protože v oblasti se nachází značný počet vinných sklepů. Na vinné sklepy se neuvažuje hodnota činného příkonu 5 kW, ale pouze 2,5 kW. Ulice U Hřiště již byla kabelizace provedena při rekonstrukci, tudíž pro koncepci se vytvořil návrh ulic Na Aleji (propojení s DTS PÍSEČNÁ) a Sklepní (propojení s DTS OBEC). Finální propojení s trafostanicí DRUŽSTVO se nachází na ulici Na Kanadě, východním směrem od DTS ALEJ.

DTS DRUŽSTVO je nová trafostanice lokalizovaná na severu obce podél ulice Za Dvorem na hranici zastavěného území. Je na ni připojeno 70 odběrných míst (ulice Polní a Na Kanadě). V napájecí oblasti této DTS se nachází odběrná místa lehkého průmyslu na ulici Polní, proto je snížený počet odběrných míst volen úmyslně. Dále je na ulici Na Kanadě propojena distribuční oblast s DTS ALEJ. Samostatným vývodem kabelového vedení NAYY 4x240, které zároveň napájí OM na ulici Na Kanadě, je trafostanice DRUŽSTVO propojena s trafostanicí OBEC.

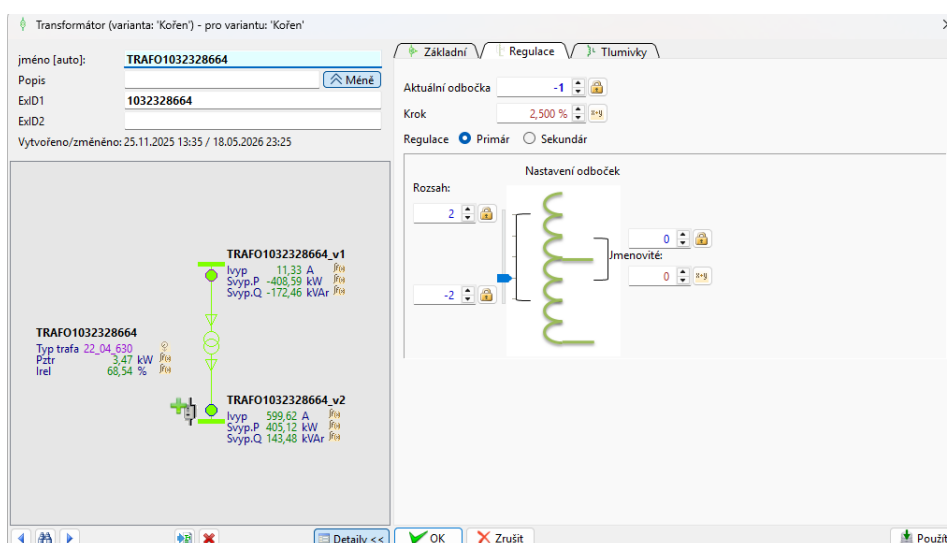
Ve veškerých distribučních oblastech se připojování OM provádělo metodou smyčkování distribuční úrovně dvojúrovňové sítě. V krajních případech, kdy nelze z investičních nebo koncepčních důvodů uskutečnit zasmyčkování sítě, bylo využito metody připojení odběrných míst samostatně jištěným odvodem z jiné připojovací skříň viz Příloha C.5. Použití této metody je přípustné v krajních případech a počet OM na daném paprsku by neměl přesahovat jednociferné hodnoty.

6 Simulace ustáleného chodu nové DS

Po zhotovení nového návrhu DS nízkého napětí v obci Hrušky je stěžejní provedení výpočtu ustáleného chodu sítě. Výpočet byl proveden v programu Grizzly, který společnost EG.D, s.r.o. používá pro kontrolu sítí. Při ustáleném chodu sítě je na odběrná místa uvažován konstantní činný soudobý příkon, jeho velikosti jsou určeny koncepčním dokumentem (uvedeno v teoretické části práce). Výkony, které jsou do sítě dodávány z obnovitelných zdrojů energie jsou považovány také za konstantní. Simulace slouží k ověření výsledných hodnot veličin, které vypovídají o kvalitě návrhu sítě (např. minimální napětí na OM).

Činné příkony odběrných míst byly zvoleny dle koncepčního dokumentu NN, tj. 5 kW pro rodinné domy a 2,5 kW pro vinné sklepy. V mnoha případech byla hodnota činného příkonu radši zvolena větší, pro zjištění výsledků s větší výkonovou rezervou. Pro výpočet modelu sítě je uvažován „letní stav“, to znamená, že OZE do sítě dodávají 100 % rezervovaného výkonu a napětí na primárním vinutí transformátorů DTS je nastaveno na hodnotu 22,6 kV. Do nedávna bylo provozní napětí letního stavu 22,8 kV, ale z důvodu nárustu napětí v síti kvůli připojení velkého množství FVE bylo provedeno přenastavení hladinové regulace napětí TR 110/22 kV.

Koncepce udává, že úbytek napětí by neměl přesáhnout v ideálním případě 5 % jmenovité hodnoty. To znamená, že minimální napětí u odběrných míst by mělo mít hodnotu 218,5 V. Aby toho bylo dosaženo, je nutné provést regulaci odboček na transformátorech 22/0,4 kV. Regulace se provádí na primárním vinutí s krokem 2,5 %. Tudíž napětí na odbočce se může buď zvednout nebo snížit podle potřeby DS, přičemž ke snižování dochází zcela výjimečně. Ve výpočetním modelu bylo dle potřeby provedeno zvýšení napětí o 2,5 % u vybraných DTS. Nastavení v programu Grizzly je znázorněno na Obr. 6.1.



Obr. 6.1: Zvýšení napětí odbočky transformátoru

Zvýšení napětí pomocí regulace odboček transformátoru bylo provedeno u trafostanice NA ZAHÁJCE, OBEC, ALEJ a DRUŽSTVO. Cílem navýšení je dodržení správných napětí v distribuční oblasti.

U DTS OBEC muselo být provedeno specifické rozvrhnutí připojení vývodů z trafostanice na jednotlivé přípojnice DTS. Při rozhodování, který vývod bude připojen na který transformátor musel být brán ohled i na polohu daného vývodu. Je doporučeno, aby například transformátor 1 napájel směr západ a transformátor 2 napájel směr východ. Z tohoto pohledu byla koncepce navržena tak, aby se naplnilo doporučení týkající se polohy vývodů a zároveň transformátory byly zatíženy podobným odebíraným výkonem. Schéma připojování vývodů na přípojnice uvnitř DTS je znázorněno v Příloha D.1. Pro trafostanice osazené jedním transformátorem takhle povinnost dělení vývodů odpadá viz Příloha D.2.

6.1 Ustálený chod se smluvně sjednanými výkony OZE

Simulace pro novou síť navrženou podle koncepce NN byla provedena s předpokladem, že dodávané výkony OZE do sítě mají hodnotu 100 % rezervovaných výkonů FVE. Výpočet je označen za variantu 3. Přehled celkových údajů o nově navržené síti lze vidět v Tab. 6.1.

Tab. 6.1: Zatížení nové sítě

Odběrné místo (ks)	925
Transformátor (ks)	9
$P_{\text{dodávka}}$ (kW)	4035,0
$P_{\text{odběr}}$ (kW)	3908,5
$P_{\text{ztráty}}$ (kW)	126,5

Pro lepší pochopení parametrů sítě je potřeba podívat se na údaje jednotlivých distribučních oblastí sítě viz Tab. 6.2. Z polohopisných důvodů došlo k výraznějšímu překročení hranice 100 OM u DTS NA ZAHÁJCE. Trafostanice NA ZAHÁJCE má možnost osazení druhého transformátoru, což může v budoucnu být vhodné řešení. Překročení počtu OM v distribučních oblastech ALEJ a PÍSEČNÁ není považováno za kritické z důvodu většího počtu menších odběrů (vinné sklepy).

Podmínky úbytků napětí v síti byly splněny, nejnižší naměřené minimální napětí je v oblasti napájené z DTS NA ZAHÁJCE a PÍSEČNÁ. Řešení případného podpětí u trafostanice PÍSEČNÁ lze jednoduše vyřešit zvednutím napětí na odbočce transformátoru, protože na této DTS tak ještě uskutečněno nebylo.

Tab. 6.2: Výsledky ustáleného chodu (varianta 3)

Distribuční oblast	OM (ks)	$P_{\text{odběr}}$ (kW)	U_{min} (%)	U_{max} (%)
OBEC	215	938,5	97,26	103,45
NÁDRAŽNÍ	79	342,9	96,76	101,19
ALEJ	133	527,6	97,72	103,32
ZÁHUMENNÍ	89	334,2	98,44	101,33
PÍSEČNÁ	114	493,0	95,8	100,45
NA ZAHÁJCE	139	572,2	95,78	103,04
DRUŽSTVO	70	321,4	98,02	103,91
HŘBITOVNÍ	86	378,8	96,18	101,06

6.2 Ustálený chod se sníženými výkony OZE

Poslední provedená simulace nově navržené sítě NN v obci Hrušky měla snížené výkony OZE na 60 % smluvně sjednaných hodnot (varianta 4). Tento výpočet byl u stávající sítě (varianta 2) proveden za cílem zjištění, jak se promítne pokles dodávaných výkonu z FVE do sítě hlavně na parametru minimálního a maximálního napětí. Druhý důvod bylo zjištění, kolik nových FVE by bylo možné za tohoto stavu do sítě připojit. U nové koncepce výpočet proběhl zejména z důvodu zjištění, zda nastane stejný pokles napětí v síti jako u varianty 2.

Tab. 6.3: Hodnoty napětí v distribučních oblastech (varianta 4)

Distribuční oblast	U_{min} (%)	U_{max} (%)
OBEC	97,16	103,46
NÁDRAŽNÍ	96,61	101,17
ALEJ	97,47	103,16
ZÁHUMENNÍ	98,38	101,27
PÍSEČNÁ	95,60	100,41
NA ZAHÁJCE	94,92	102,96
DRUŽSTVO	97,50	103,88
HŘBITOVNÍ	95,09	101,00

Z výsledků v Tab. 6.3 je patrné, že v síti nové koncepce při snížení výkonů dodávaných z OZE nenastane znatelný pokles hodnot minimálních napětí. Vysoká stabilita sítě je pravděpodobně důsledkem dodržení koncepčních pravidel při jejím navrhování. Sledován byl pouze nárůst ztrát v oblasti celé DS NN (nyní 140,1 kW). Důvodem je nárůst proudu, který musí putovat trasou z trafostanice k odběrným místům.

7 Vyhodnocení výsledků

Při vyhodnocování výsledků a jejich porovnání je důležité vyzdvihnout, co z daných rozdílů, či similarit plyne. V této části budou porovnávány hlavně výsledky z výpočtů varianty 3, varianty 4 a jak se varianta 3 (nová koncepce sítě NN) liší od výsledků dosažených při provádění simulace ustáleného chodu stávající sítě v obci Hrušky. Protože porovnání výsledků snížení rezervovaného výkonu ve stávající síti proběhlo v sekci 4.2.

7.1 Porovnání stávající sítě a nové koncepce

Čistě pro účely porovnání úbytků napětí byla namodelována simulace stávající DS NN v obci s nastavením napětí hladiny VN na 22,6 kV (stejná hodnota jako pro výpočty koncepce). Porovnání vypočtených minimálních hodnot napětí v síti je uvedeno v Tab. 7.1, varianty jsou označeny jako V1 – V4⁸.

Tab. 7.1: Porovnání minimálního napětí pro jednotlivé varianty

Oblast DTS	$U_{\min V1}$ (%)	$U_{\min V2}$ (%)	$U_{\min V3}$ (%)	$U_{\min V4}$ (%)
ZÁHUMENNÍ	97,82	96,90	98,44	98,38
NA ZAHÁJCE	101,18	100,66	95,78	94,92
OBEC	97,84	97,45	97,26	97,16
ALEJ	90,69	88,73	97,72	97,47

Dle výsledků došlo v nové koncepci ke znatelnému poklesu minimální napětí v oblasti DTS NA ZAHÁJCE (pravděpodobné vysvětlení může být špatně nastavená odbočka transformátoru). V nové koncepci je sice na trafostanici napojených méně odběrných míst, ale s předpokládaným nárůstem činných příkonů na vysokou hodnotu 5 kW, která OM ve výpočtu odebírají vzrostl výkon potřebný pro danou oblast skoro třikrát, přičemž oblast se od stávajícího stavu liší minimálně. Za zmínění stojí oblast trafostanice ALEJ, kde se povedlo vytvořením koncepce zamezit výskytu podpětí v síti, tento fakt vyzdvihuje správnou úvahu zaměstnanců EG.D, s.r.o. při vytváření dokumentu podle kterého byla nová síť navržena.

Při porovnání o kolik procent klesla hodnota minimálního napětí jednotlivých oblastí ve stávající síti a v nově navržené síti je znát, že nová síť je mnohem lépe

8

- V1 – stávající stav se 100 % výkonu OZE
- V2 – stávající stav s 60 % výkonu OZE
- V3 – nová koncepce se 100 % výkonu OZE
- V4 – nová koncepce s 60 % výkonu OZE

Tab. 7.2: Rozdíl napětí mezi jednotlivými variantami

Oblast DTS	$U_{\min (V1-V2)} (\%)$	$U_{\min (V3-V4)} (\%)$
ZÁHUMENNÍ	0,92	0,06
NA ZAHÁJCE	0,52	0,86
OBEC	0,39	0,10
ALEJ	1,96	0,25

nadimenzována. Z menších napěťových úbytků lze také předpokládat, že síť má větší zkratový výkon. Snížení rezervovaných výkonů FVE na 60 % se na hodnotě minimálního napětí téměř neprojevovalo. Jak je již zmíněno předešle, výjimkou je oblast trafostanice NA ZAHÁJCE. Konkrétní hodnoty rozdílů minimálních napětí jsou uvedeny v Tab. 7.2.

Pokud je na síť nahlíženo jako celek, porovnání stávající sítě a nového návrhu je uvedeno v Tab. 7.3

Tab. 7.3: Porovnání zatížení stávající a nové sítě

Parametr	Stávající síť	Nová síť
Odběrné místo (ks)	902	925
Transformátor (ks)	5	9
$P_{\text{dodávka}}$ (kW)	1409,0	4035,0
$P_{\text{odběr}}$ (kW)	1370,9	3908,5
$P_{\text{ztráty}}$ (kW)	38,1	126,5

7.2 Snížení výkonů OZE v nové koncepci

Vyobrazená Tab. 7.4 slouží k porovnání dodávaných výkonů do oblastí v koncepci nové DS NN v obci Hrušky ve dvou případech. První případ (varianta 3) vypočtena se smluvními hodnotami rezervovaných výkonů OZE a druhý případ (varianta 4), kdy se hodnota rezervovaného výkonu snížila na 60 % původní hodnoty. V tabulce jsou výkony dodávané z hladiny VN skrz DTS označeny jako P_{DTS} . Výkony dodávané do sítě ze zdrojů na OM jsou označeny P_{OZE} . Platí, že při snížení výkonu, který dodávají do sítě OZE naroste injektovaný výkon z hladiny VN. Důležité je zdůraznění faktu, že i při variantě 4 výkon, který „protéká“ skrz DTS do hladiny NN nepřekročí hranici využití transformátorů (80 %).

Důležitý je také parametr zatížení transformátorů jednotlivých trafostanic. U DTS OBEC, která je osazena dvěma transformátory se uvažuje rovnoměrné roz-

Tab. 7.4: Výkony odebírané z DTS a dodávané OZE

DTS	varianta 3 P_{DTS} (kW)	varianta 3 P_{OZE} (kW)	varianta 4 P_{DTS} (kW)	varianta 4 P_{OZE} (kW)
OBEC	848,80	127,30	902,10	76,40
NÁDRAŽNÍ	303,70	50,70	323,80	30,40
ALEJ	469,50	71,70	499,30	43,04
ZÁHUMENNÍ	263,70	77,00	295,70	46,20
PÍSEČNÁ	459,70	50,70	481,20	30,40
NA ZAHÁJCE	431,50	156,70	497,60	94,00
DRUŽSTVO	305,60	28,50	318,10	17,10
HŘBITOVNÍ	308,30	82,10	343,60	49,30

dělení zatížení. Jedná se o zjednodušující předpoklad, jelikož dosažení stejného rozdělení mezi dva transformátory je v praxi velmi obtížné. Relativní zatížení uvedené v % je zobrazeno v Tab. 7.5.

Tab. 7.5: Zatížení transformátorů v jednotlivých variantách (%)

DTS	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
OBEC	16,6	21,9	67,4	71,6
NÁDRAŽNÍ	–	–	48,2	51,4
ALEJ	57,5	70,1	74,5	79,3
ZÁHUMENNÍ	22,2	32,4	41,9	46,9
PÍSEČNÁ	–	–	73,0	76,4
NA ZAHÁJCE	7,8	17,4	68,5	79,0
DRUŽSTVO	–	–	48,5	50,5
HŘBITOVNÍ	–	–	48,9	54,5

Interpretací výsledků z Tab. 7.5 může být dosaženo závěru, že žádný transformátor nepřekročí hodnotu zatížení zmíněnou v koncepčních dokumentech, tj. 80 %. Tohle tvrzení platí pro simulace za předpokladu, že se dodrží hodnoty proměnných, především soudobý příkon OM. Pro upřesnění, V1 a V2 byly počítány se soudobými příkony podle distribučních sazeb viz Tab. 3.2. Pro V3 a V4 platí hodnoty soudobých příkonů z Tab. 1.2.

Závěr

Tato práce se zabývala vytvářením modelu a analýzou ustáleného chodu distribuční sítě nízkého napětí v obci Hrušky. V teoretické části bylo provedeno technické nastudování prováděcího pokynu pro koncepci distribuční sítě nízkého napětí. Z něj je patrné, že provozovatel distribuční soustavy se připravuje na zvýšení spotřeby v odběrných místech, jež lze očekávat s nárůstem tepelných čerpadel (vytápění a klimatizace budov) nebo elektromobility. S tím souvisí i zájem o budování dvojúrovňových sítí, ve smyslu snížení omezování dodávek do odběrných míst a současné zvýšení přenosové kapacity distribuční soustavy NN.

Popis stávajícího stavu sítě ukázal hlavně na rozdílné stáří a technickou připravenost pro budoucnost jednotlivých distribučních transformačních stanic. Přestože je distribuční transformační stanice „ALEJ“ nejnovější, výpočty ukazují, že je nejvíce zatížená a dochází tam k markantním poklesům napětí. V podstatě lze síť rozdělit do dvou částí obce, jižní část zrekonstruovaná po tornádu v roce 2021, kde došlo ke kabelizaci celé oblasti a na severní část obce, kde převládá nadzemní vedení z roku 2003. Právě v severní oblasti se nachází zmíněná distribuční transformační stanice s nejvyššími poklesy napětí. Zhodnocení územního plánu obce ukázalo, že stávající distribuční transformační stanice „NA ZAHÁJCE“ je na budoucí rozvoj připravená díky možnosti osazení dalším transformátorem.

Vytvořený parametrizovatelný model stávající sítě v softwaru Grizzly nasimuloval dvě situace výpočtů ustáleného chodu distribuční sítě za letního provozu, kdy fotovoltaické elektrárny dosáhnou plného výkonu. Snížení hodnoty rezervovaného výkonu pro obnovitelné zdroje energie na 60 %, které dodávají do soustavy energii mělo za následek pokles minimálního napětí na odběrných místech vzdálených od distribučních transformačních stanic. Tento pokles je způsoben snížením injektovaného výkonu v místech, kde jsou obnovitelné zdroje připojeny. Z pohledu připojení dalších nových zdrojů do stávající distribuční soustavy NN tímto vzniká jistý prostor, aniž by musela být zajištěna vyvolaná investice. S ohledem na stále vysokou poptávku po připojení OZE s přetokem do DS se jedná o kladný výsledek. Jako negativní se považuje fakt, že při snížení výkonu OZE na 0 % by na vývodech NN z DTS „ALEJ“ mohlo s největší pravděpodobností dojít k nedodržení minimálního napětí stanoveného ČSN EN 50 160 (tedy ± 10 %, tj. 207 V). Důležité je zmínit, že se jedná pouze o odhad na základě výsledků ze simulace varianty 2. S ohledem na tuto skutečnost vyplývající z výpočtu ustáleného chodu sítě doporučuji, aby provozovatel DS provedl kontrolní měření ve stanovených místech DS. Na základě těchto měření by pak mohlo dojít k prokázání podpětí (dopad do změny zapojení DS NN nebo vyvolání investic na jeho odstranění) nebo k vyvrácení podpětí. Model v SW Grizzly pracuje se zjednodušenými soudobými příkony. Pokud by se podpětí

provedeným měřením neprokázalo, získaná data by bylo vhodné použít pro úpravu a validaci simulace.

Při vytváření nového modelu sítě NN v obci Hrušky bylo postupováno dle koncepčního dokumentu vytvořeného společností EG.D, s.r.o.. Byly dodrženy požadavky a doporučení na tvoření nové sítě, zejména počet 100 OM na jednu DTS, maximální vzdálenost 350 metrů vývodů z trafostanice (vzdušnou čarou) a pokračování v budování dvojúrovňových sítí. Při tvorbě byla uvažována i finanční náročnost výstavby a schopnost obhájit potřebné investice. Parametrizovatelným modelem nové sítě byl nasimulován případ ustáleného chodu sítě při plném výkonu FVE, který prokázal, že za předpokládaného nárůstu soudobých příkonů OM síť vyhoví požadavkům uvedeným v koncepčním dokumentu. Doplnkově byla vytvořena simulace nové koncepce se sníženými výkony OZE na 60 %, při které bylo ověřeno, že transformátory nebudou vytěžovány nad doporučenou hodnotu 80 %. Kvůli správnému dimenzování hodnota úbytku napětí v distribuční síti nepřekročila hodnotu 5 %. Zároveň s pravděpodobnou výstavbou nových rodinných domů (OM) v oblasti trafostanice NA ZAHÁJCE můžu doporučit, aby bylo zváženo osazení trafostanice druhým transformátorem. S těmito výsledky jsem schopen provozovateli DS NN v obci Hrušky (EG.D, s.r.o.) předložit plně funkční a kompletní návrh sítě NN, který se za předpokladu obstarání potřebných investic může v nadcházejících desetiletích realizovat.

Literatura

- [1] KRÁTKÝ, Milan. *EG.D, s.r.o.. Koncepce sítí nízkého napětí 0,4 kV: PP-046. 2025. 2. vyd. 2024.* Interní firemní dokument
- [2] KRÁTKÝ, Milan. *EG.D, s.r.o.. Koncepce sítí vysokého napětí 22 kV: PP-249. 2025. 1. vyd. 2024.* Interní firemní dokument.
- [3] EG.D, s.r.o. *Mohu platit distributorovi méně?*. Online. Dostupné z: <https://www.egd.cz/mohu-platit-distributorovi-mene>. [cit. 2026-01-11].
- [4] OBEC Hrušky. *Územní plán Hrušky. Hlavní výkres*. Online. 1. vydání. 2021. Dostupné z: <https://hrusky.cz/urad/uzemni-plan-obce>. [cit. 2026-01-11].
- [5] OBEC Hrušky. *Územní plán Hrušky. Textová část*. Online. 1. vydání. 2021. Dostupné z: <https://hrusky.cz/urad/uzemni-plan-obce>. [cit. 2026-01-11].
- [6] SEZNAM.CZ, a.s. *Mapy.com: Hrušky*. Online. Dostupné z: <https://mapy.com/s/dereparoke>. [cit. 2026-05-17].
- [7] SEZNAM.CZ, a.s. *Mapy.com: Hrušky*. Online. Dostupné z: <https://mapy.com/s/lapenoranu>. [cit. 2026-05-18].
- [8] SEZNAM.CZ, a.s. *Mapy.com: Hrušky*. Online. Dostupné z: <https://mapy.com/s/reducocore>. [cit. 2026-05-18].
- [9] SEZNAM.CZ, a.s. *Mapy.com: Hrušky*. Online. Dostupné z: <https://mapy.com/s/hakokanoku>. [cit. 2026-05-18].

Seznam symbolů a zkratek

NN nízké napětí

VN vysoké napětí

DTS Distribuční transformační stanice

Pochozí trafostanice s vnitřní obsluhou

HDO hromadné dálkové ovládání

DŘS dispečerský řídicí systém

SCADA dispečerské řízení a sběr dat (Supervisory Control And Data Acquisition)

SAIFI Průměrný počet přerušení dodávky elektřiny na jedno odběrné místo
(System Average Interruption Frequency Index)

SAIDI Průměrná doba trvání přerušení dodávky elektřiny na jedno odběrné místo
(System Average Interruption Duration Index)

OZE obnovitelné zdroje energie

FVE Fotovoltaická elektrárna

VT Vysoký tarif

NT Nízký tarif

RD Rodinný dům

MOP Maloodběratel mimo domácnosti

SR Rozpojovací pojistková skříň

SD Rozpojovací pojistková skříň s dělenou přípojnici

TNS Trojfázová napájecí skříň

ERÚ Energetický regulační úřad

DS Distribuční soustava

LV Nízké napětí (Low voltage)

DS Distribuční soustava (Distribution system)

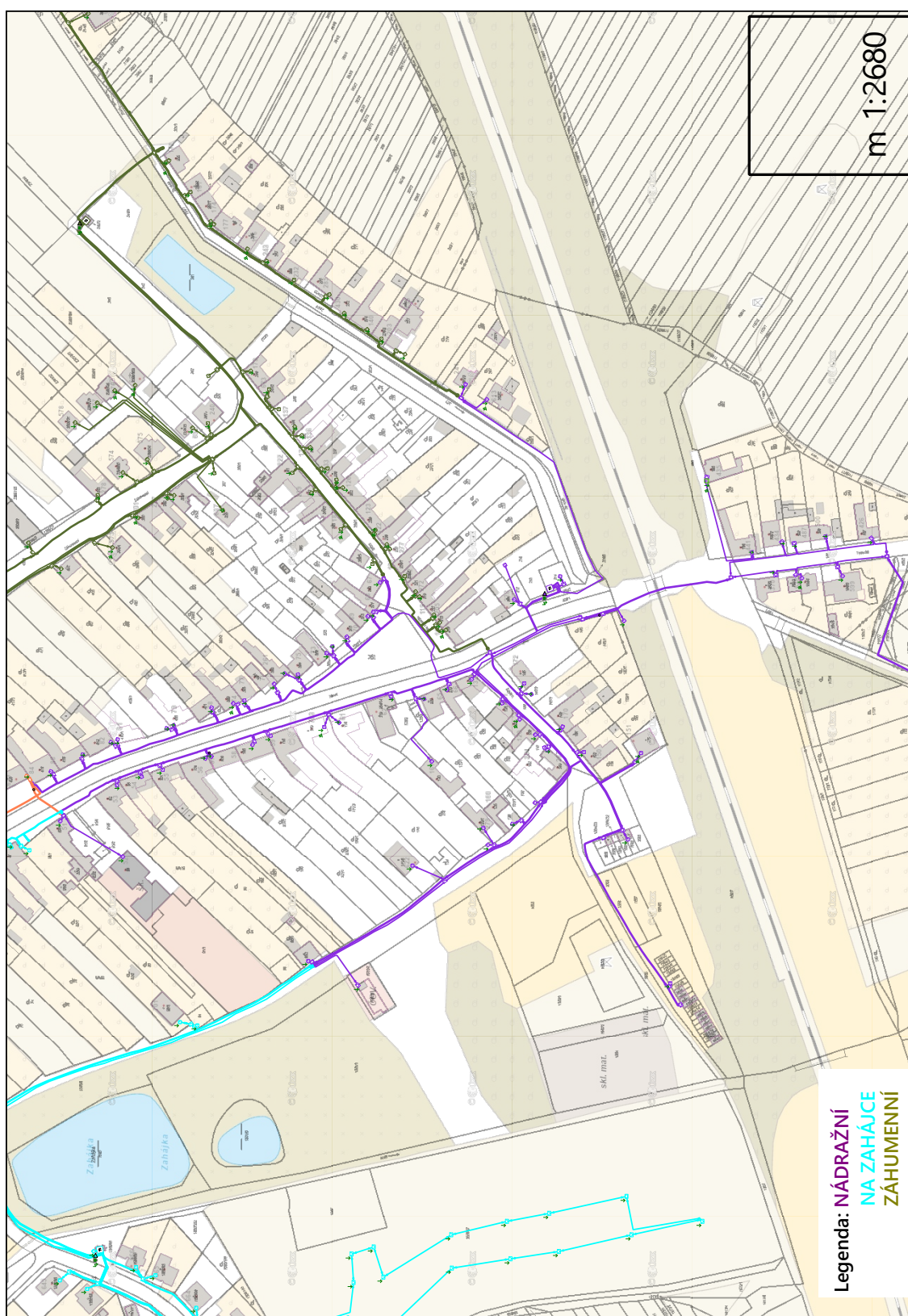
PV Fotovoltaické (Photovoltaic)

OM Odběrné místo

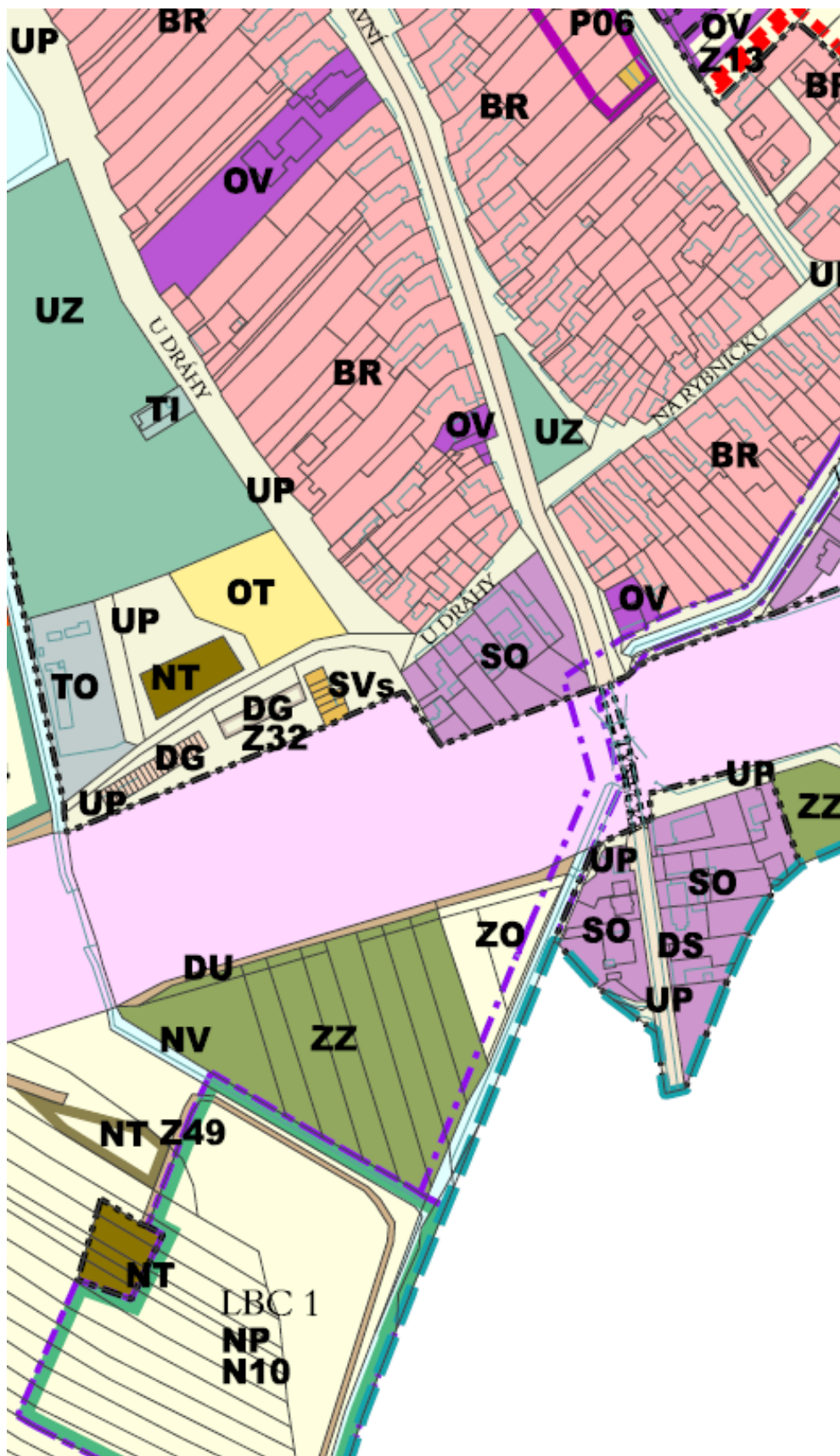
DO Distribuční oblast

Seznam příloh

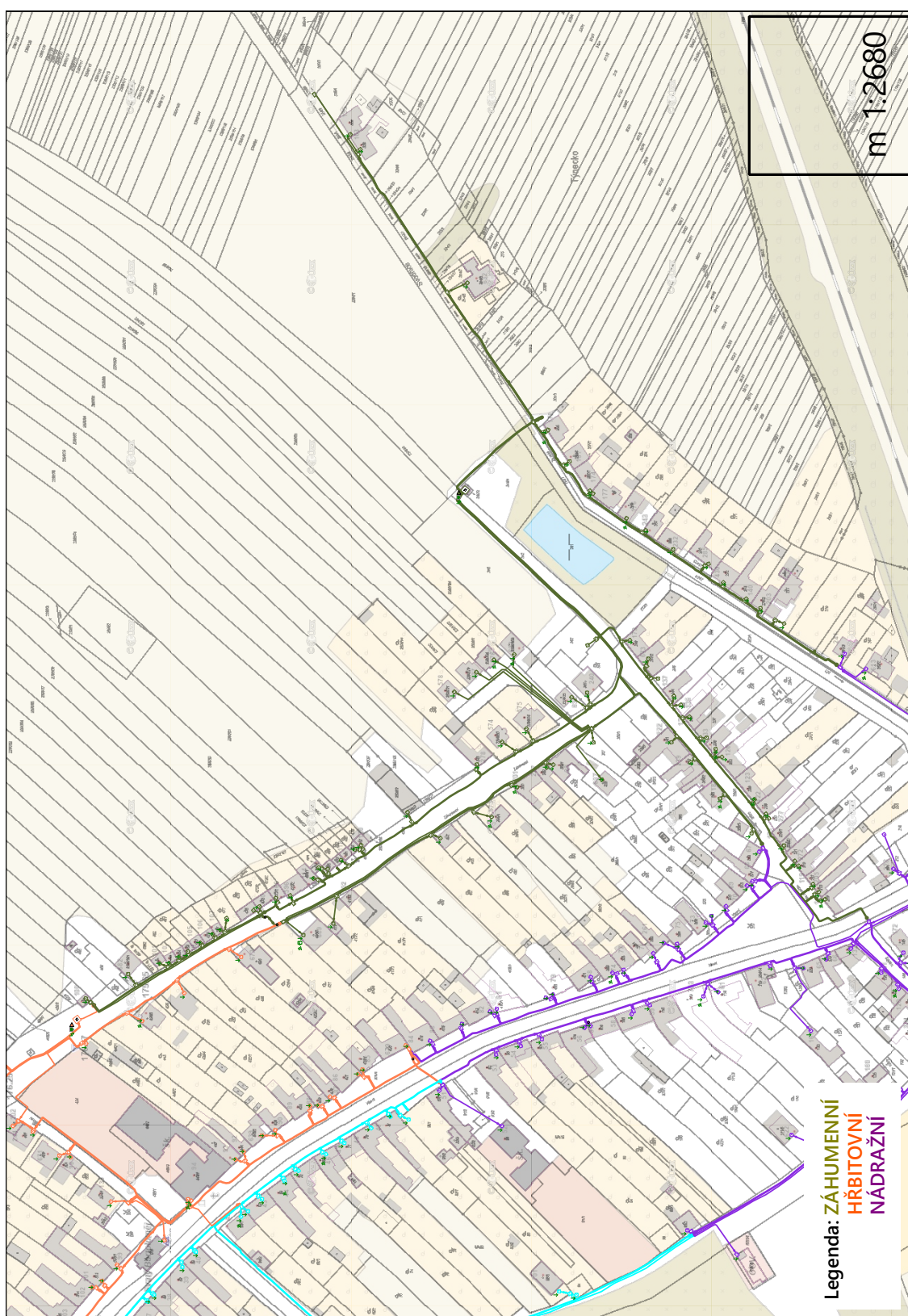
A Přílohy - koncept zapojení VN	51
A.1 Koncept zapojení VN v obci Hrušky	51
B Přílohy - koncepce distribučních oblastí NN	52
B.1 Koncepce DTS NÁDRAŽNÍ	52
B.2 Polohopisná koncepce DTS NÁDRAŽNÍ	53
B.3 Koncepce DTS ZÁHUMENNÍ	54
B.4 Polohopisná koncepce DTS ZÁHUMENNÍ	55
B.5 Koncepce DTS HŘBITOVNÍ	56
B.6 Polohopisná koncepce DTS HŘBITOVNÍ	57
B.7 Koncepce DTS NA ZAHÁJCE	58
B.8 Polohopisná koncepce DTS NA ZAHÁJCE	59
B.9 Koncepce DTS PÍSEČNÁ	60
B.10 Polohopisná koncepce DTS PÍSEČNÁ	61
B.11 Koncepce DTS OBEC	62
B.12 Polohopisná koncepce DTS OBEC	63
B.13 Koncepce DTS ALEJ	64
B.14 Polohopisná koncepce DTS ALEJ	65
B.15 Koncepce DTS DRUŽSTVO	66
B.16 Polohopisná koncepce DTS DRUŽSTVO	67
B.17 Koncepce sítě NN obce Hrušky	68
B.18 Vizualizace zálohování sítě NN obce Hrušky	69
C Přílohy - detaily zapojení koncepce NN	70
C.1 Zapojení dvojúrovňové sítě	70
C.2 Navrhnuté zapojení budoucích odběrných míst	71
C.3 Zapojení rozpojovací skříně na distribuční úrovni	72
C.4 Zapojení rozpojovací skříně na napájecí úrovni	73
C.5 Vyvedení paprsku z přípojovací skříně	74
D Přílohy - zapojení transformátorů v DTS	75
D.1 Schéma zapojení DTS OBEC	75
D.2 Schéma zapojení DTS ZÁHUMENNÍ	76



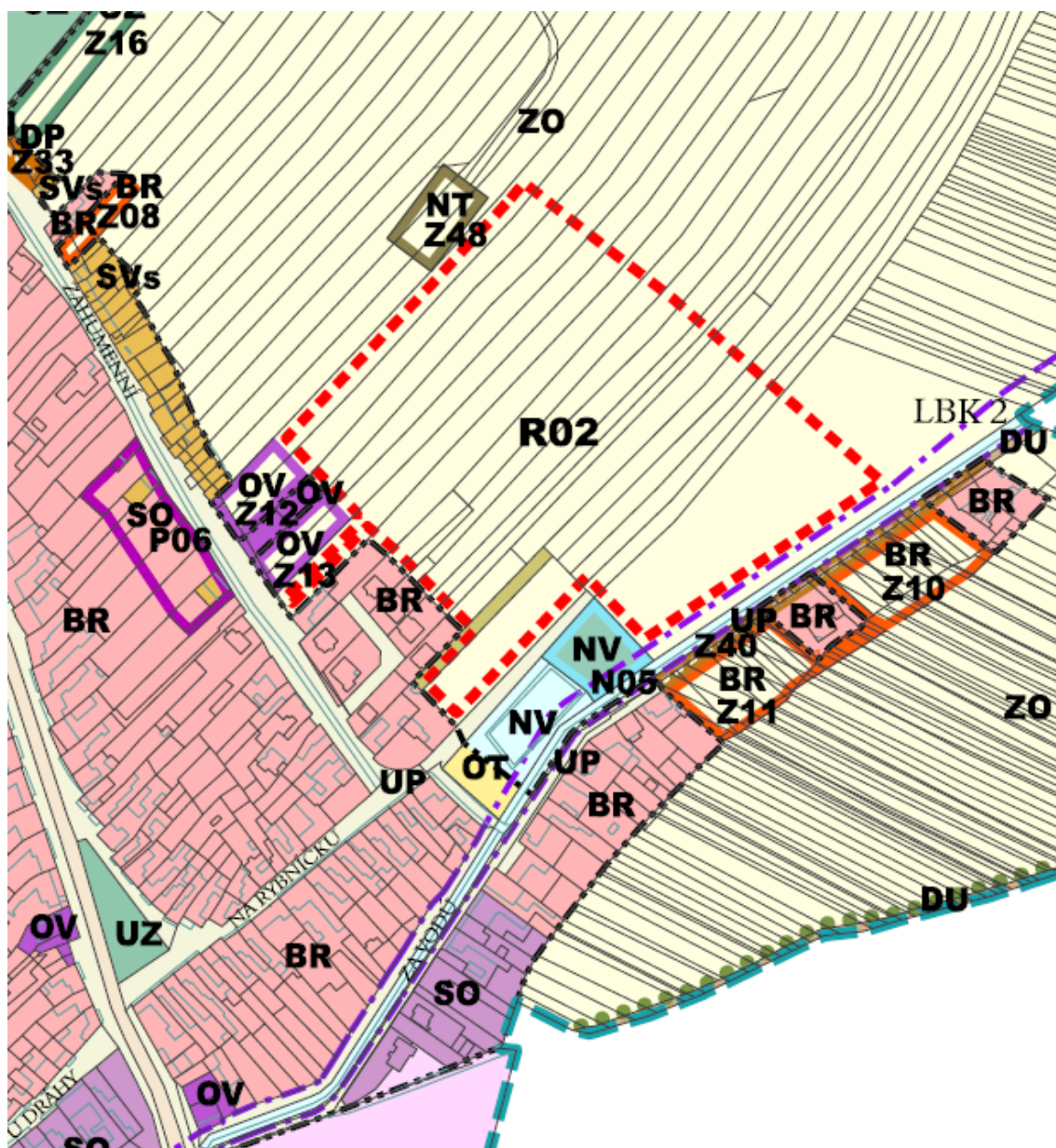
Příloha B.1: Detailní schéma distribuční oblasti DTS NÁDRAŽNÍ



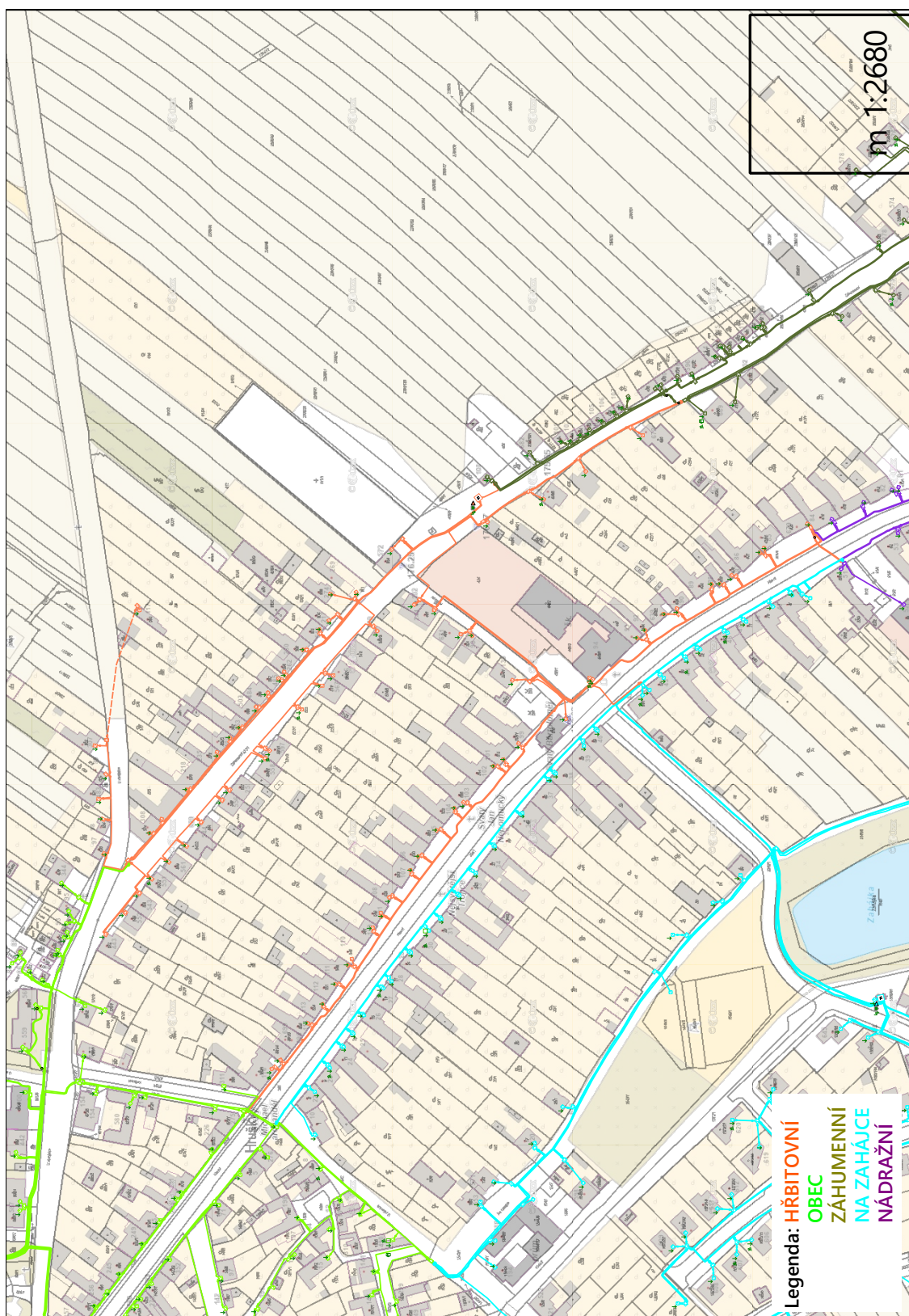
Příloha B.2: Detailní zobrazení polohopisu oblasti DTS NÁDRAŽNÍ [4]



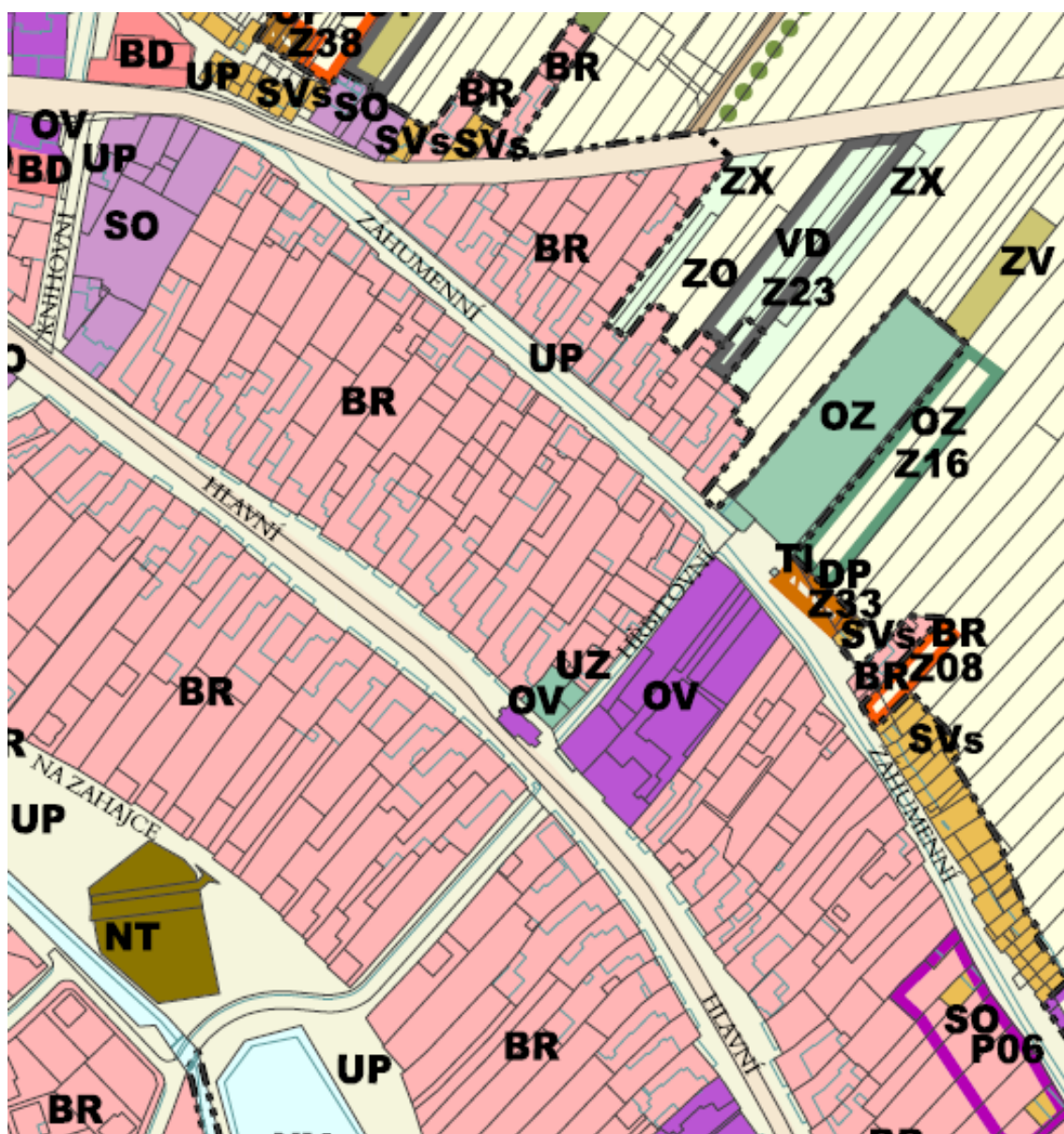
Příloha B.3: Detailní schéma distribuční oblasti DTS ZÁHUMENNÍ



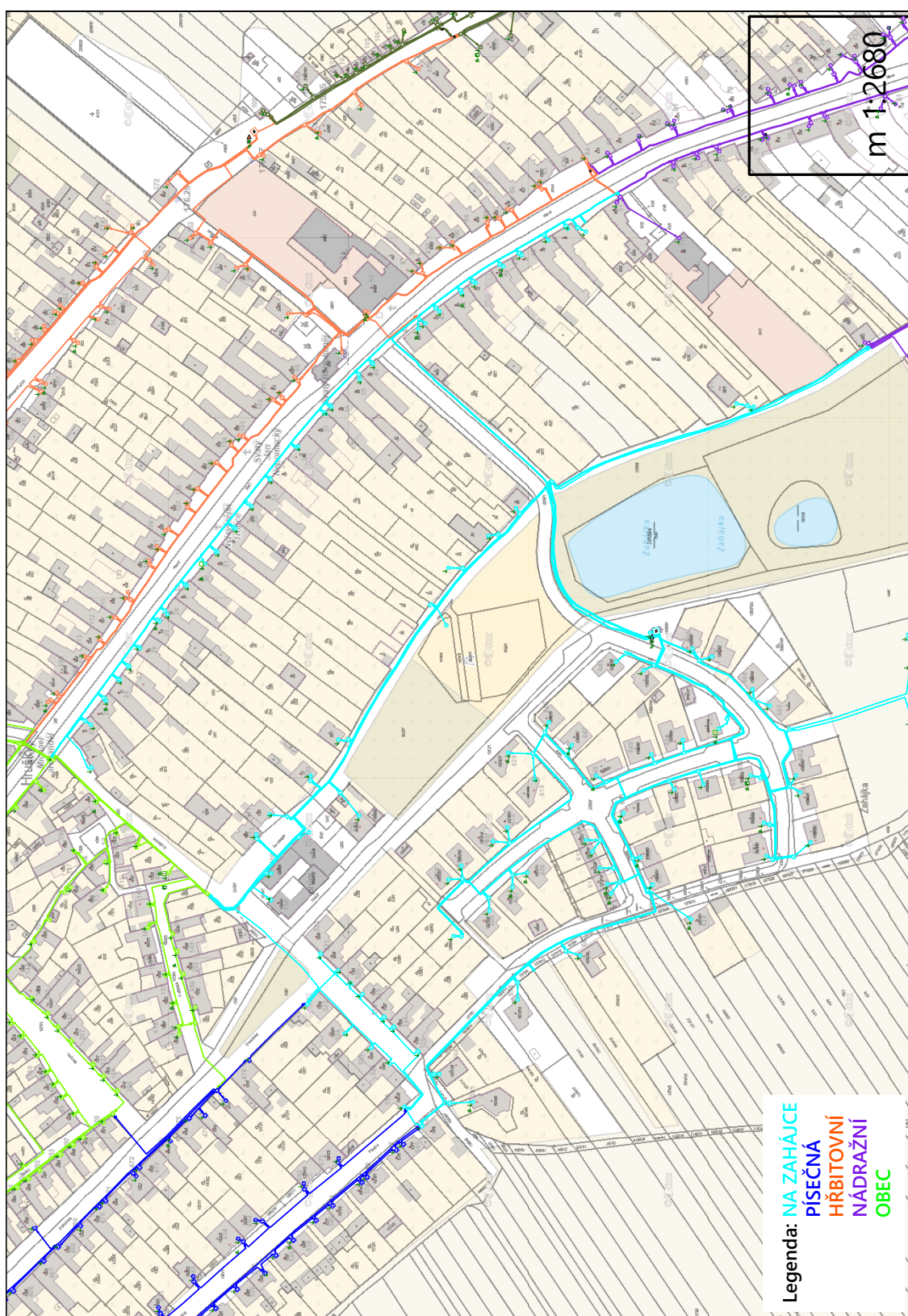
Příloha B.4: Detailní zobrazení polohopisu oblasti DTS ZÁHUMENNÍ [4]



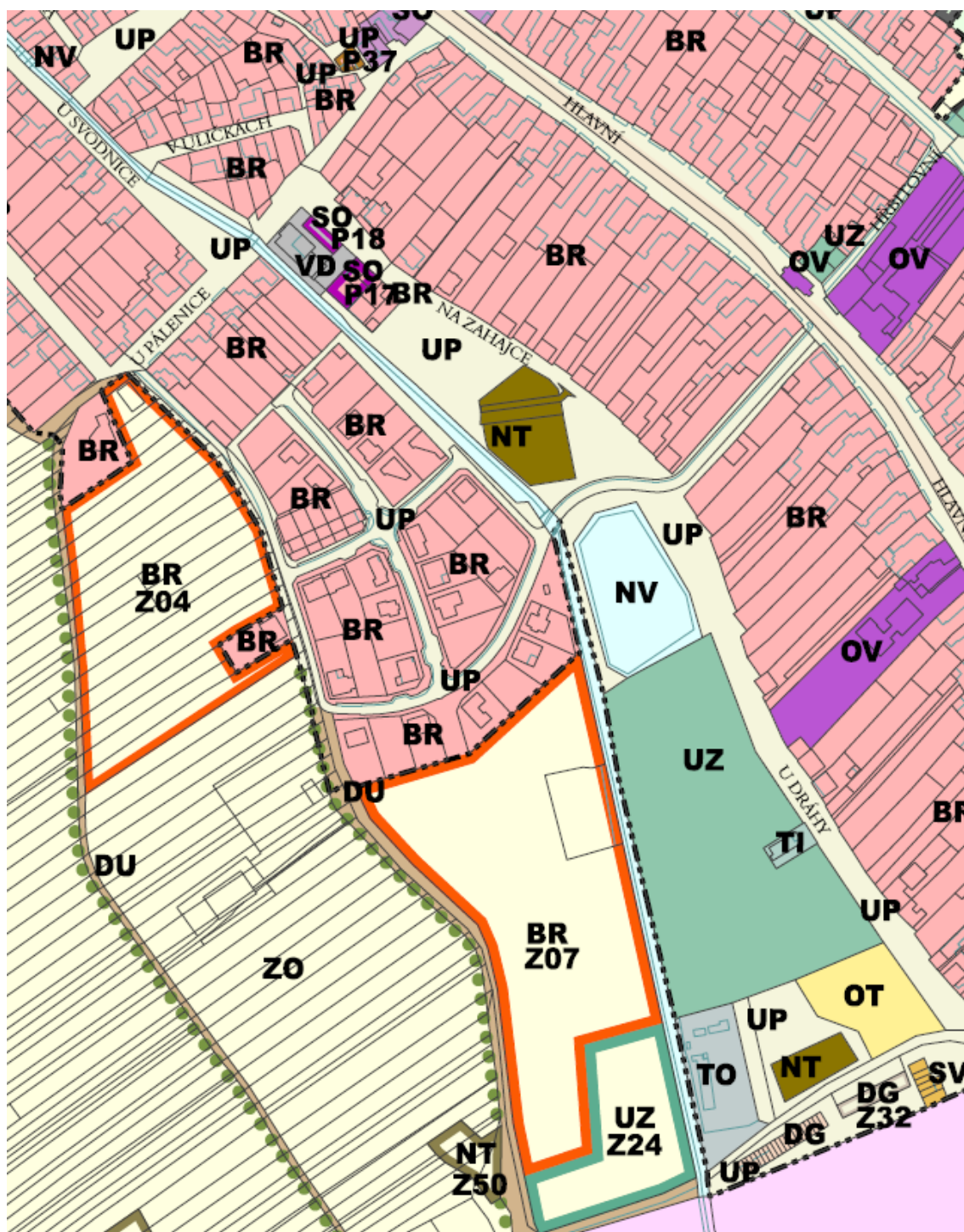
Příloha B.5: Detailní schéma distribuční oblasti DTS HŘBITOVNÍ



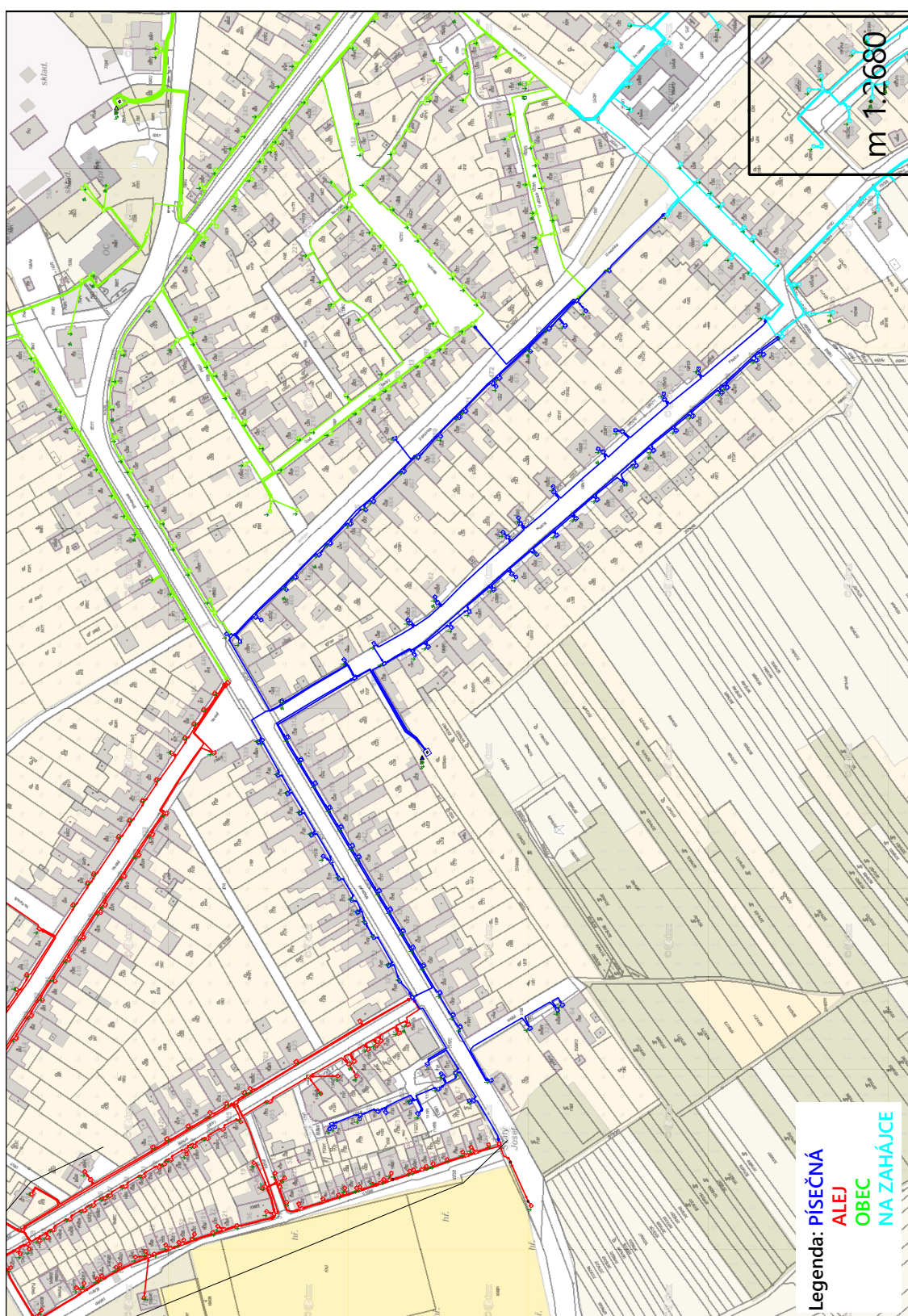
Příloha B.6: Detailní zobrazení polohopisu oblasti DTS HŘBITOVNÍ [4]



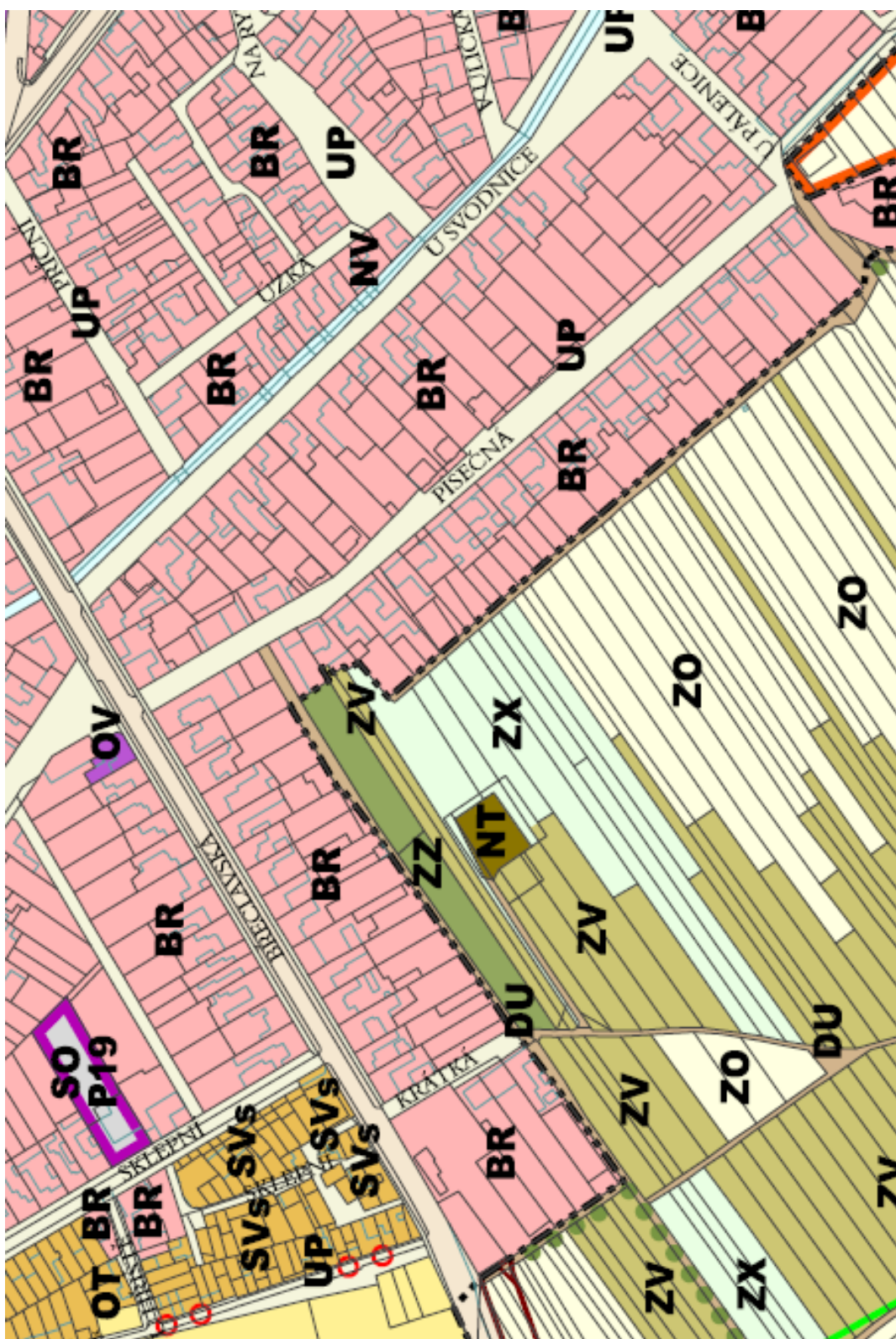
Příloha B.7: Detailní schéma distribuční oblasti DTS NA ZAHÁJCE



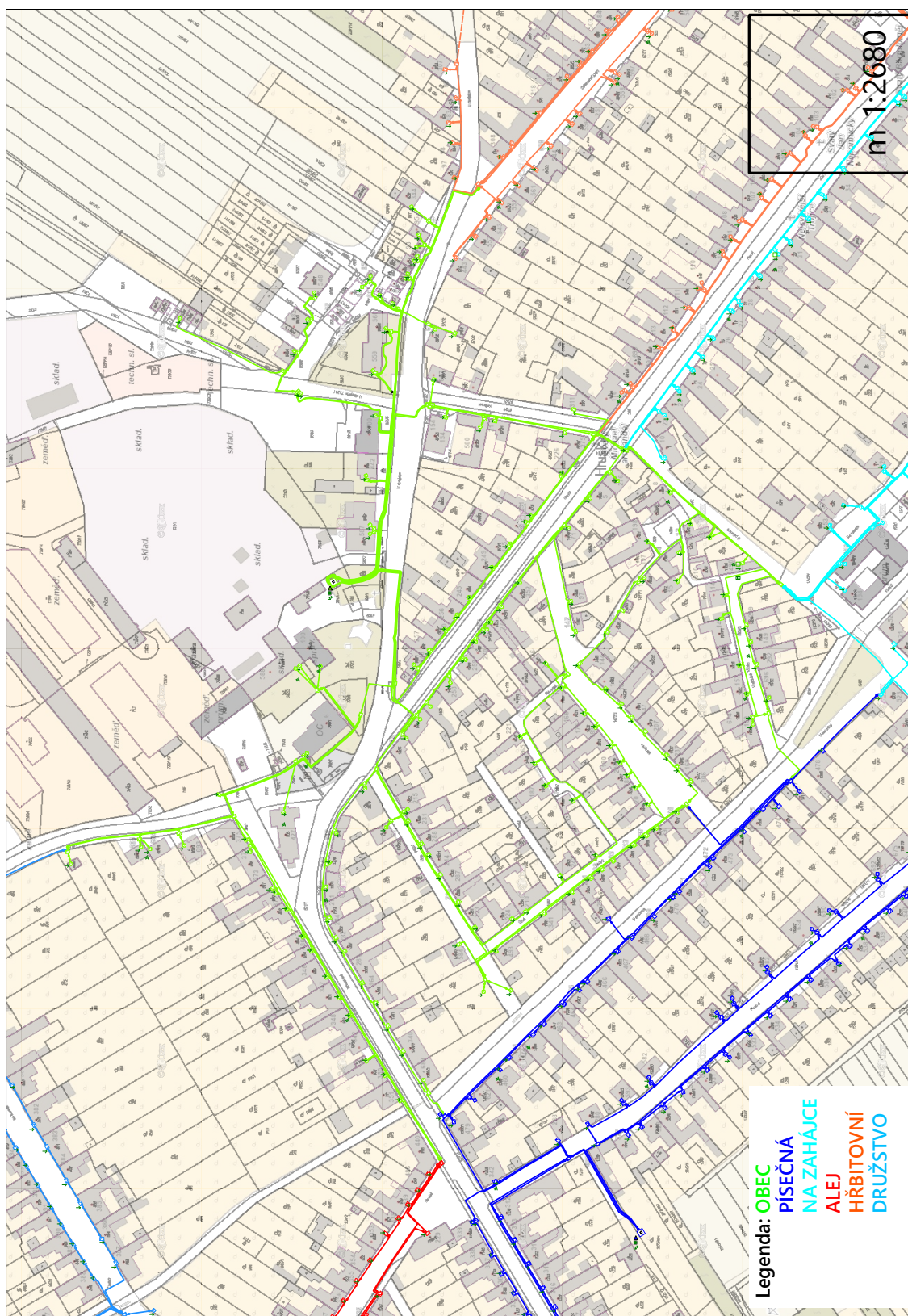
Příloha B.8: Detailní zobrazení polohopisu oblasti DTS NA ZAHÁJCE [4]



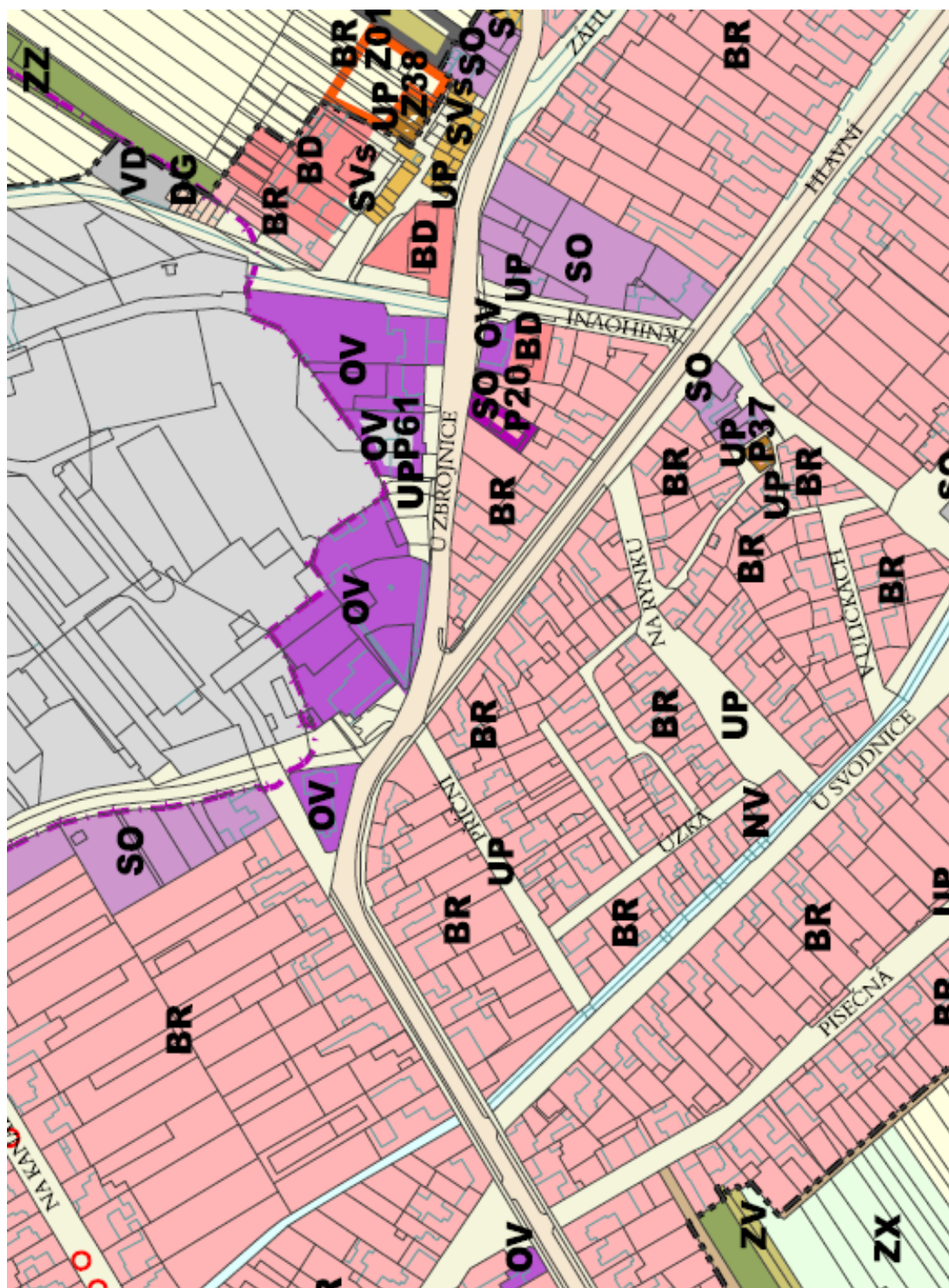
Příloha B.9: Detailní schéma distribuční oblasti DTS PÍSEČNÁ



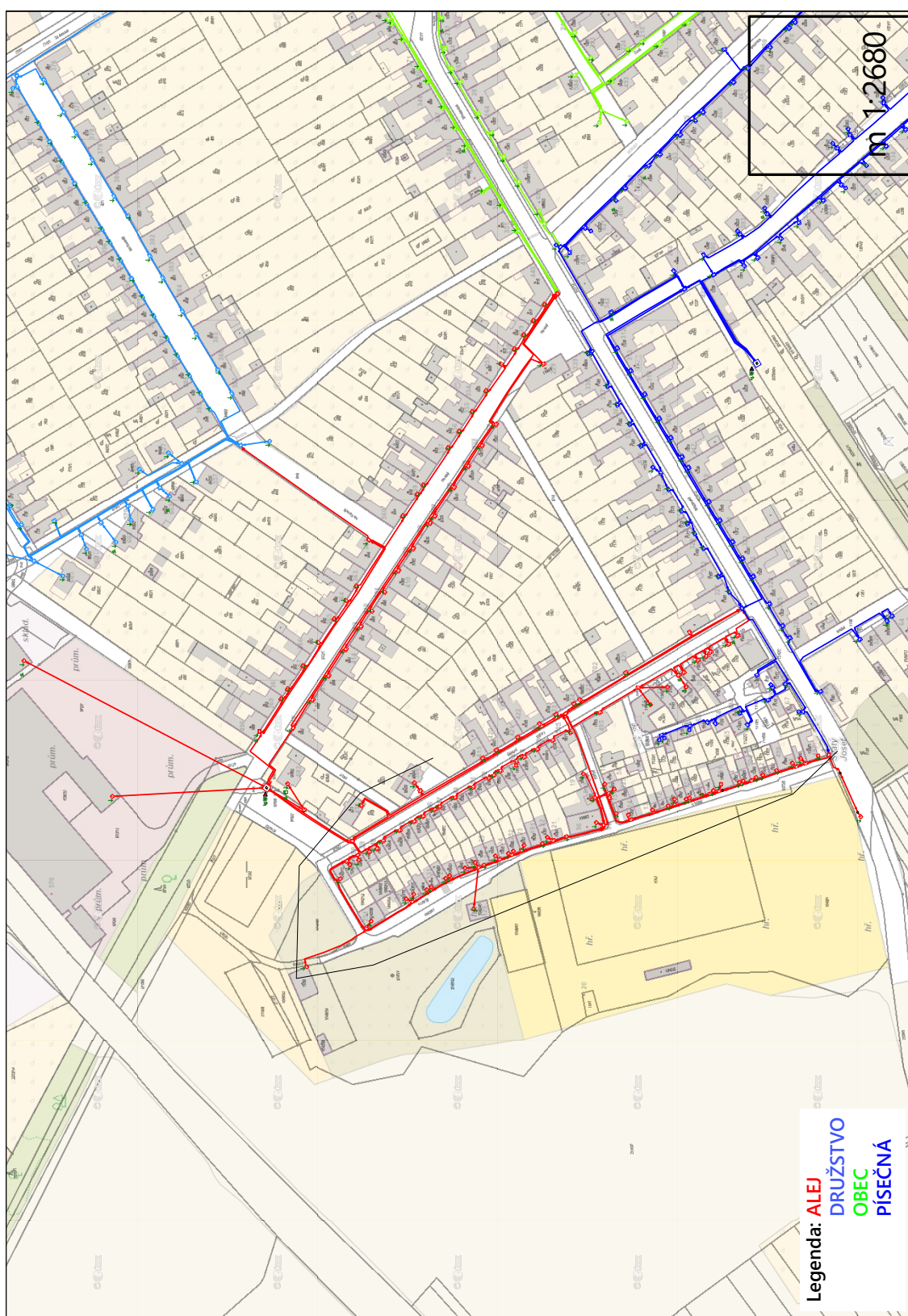
Příloha B.10: Detailní zobrazení polohopisu oblasti DTS PÍSEČNÁ [4]



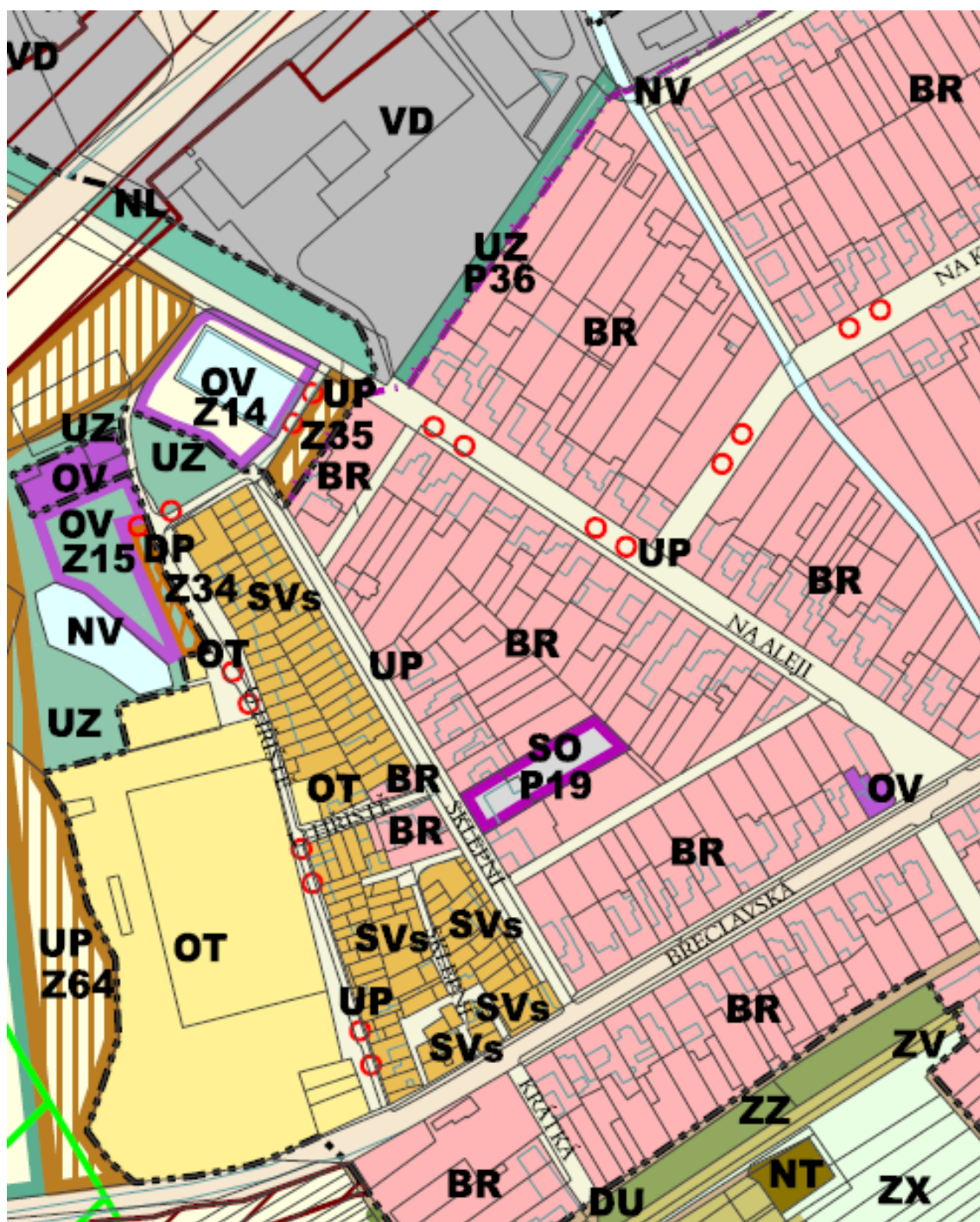
Příloha B.11: Detailní schéma distribuční oblasti DTS OBEC



Příloha B.12: Detailní zobrazení polohopisu oblasti DTS OBEC [4]

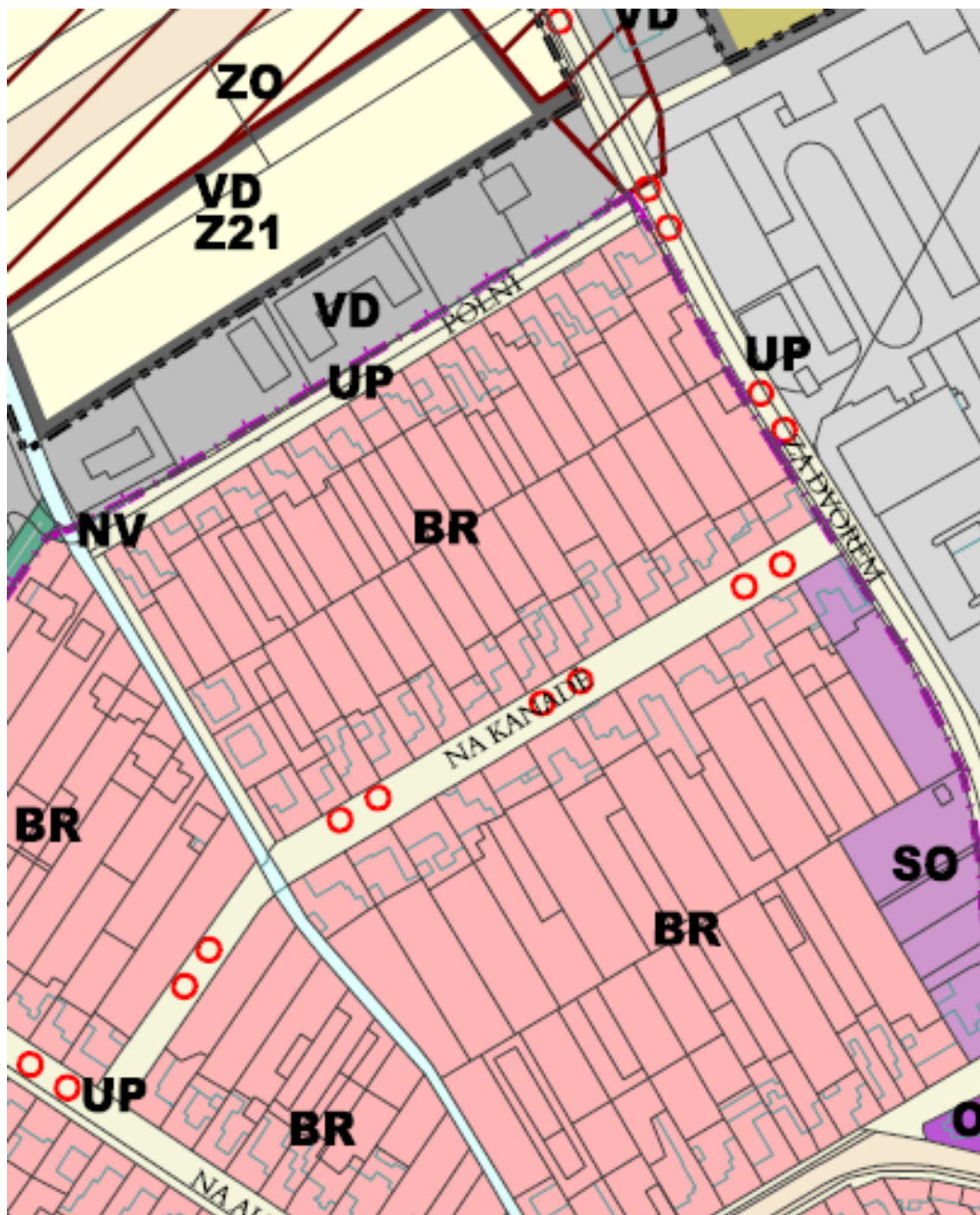


Příloha B.13: Detailní schéma distribuční oblasti DTS ALEJ

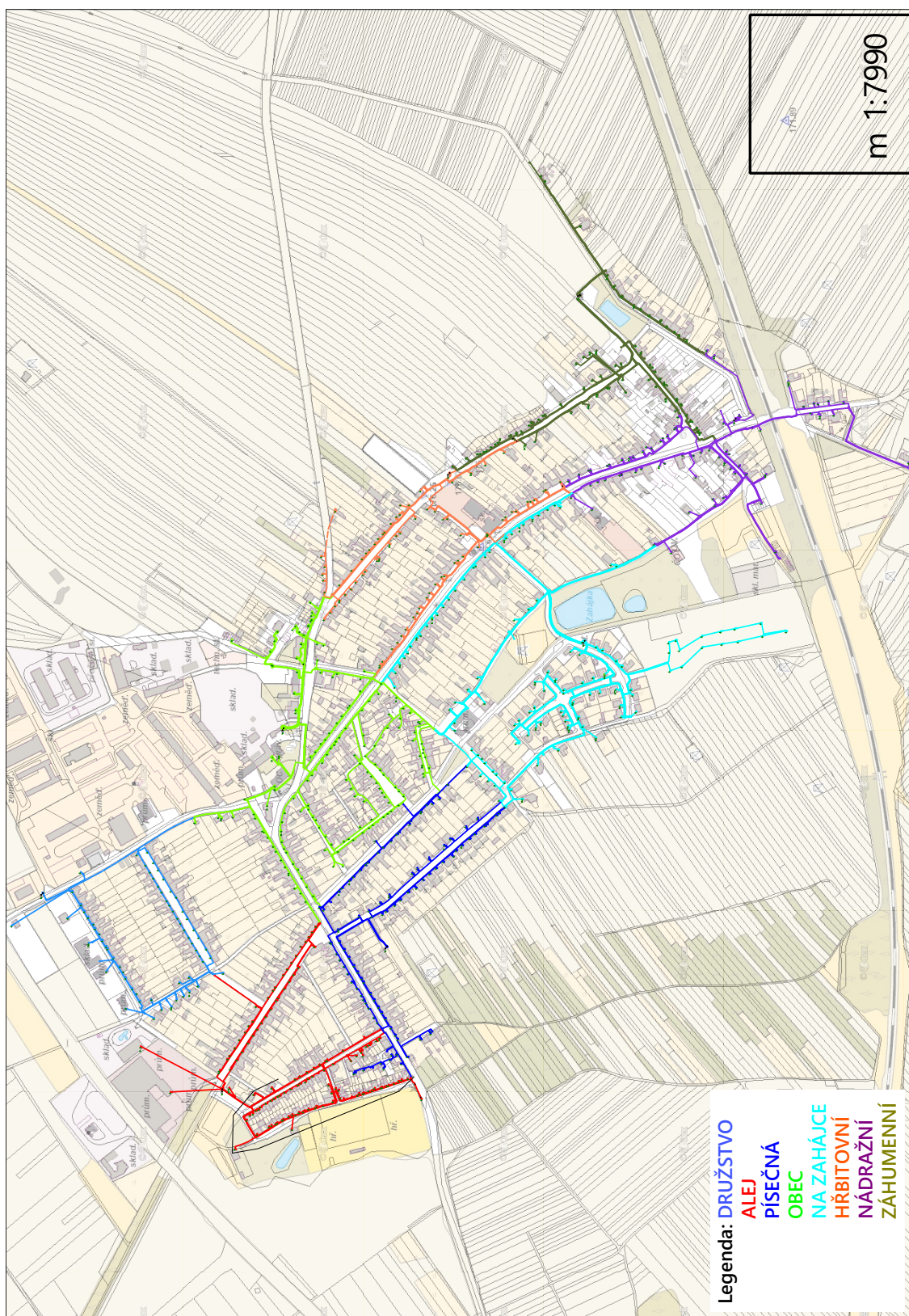




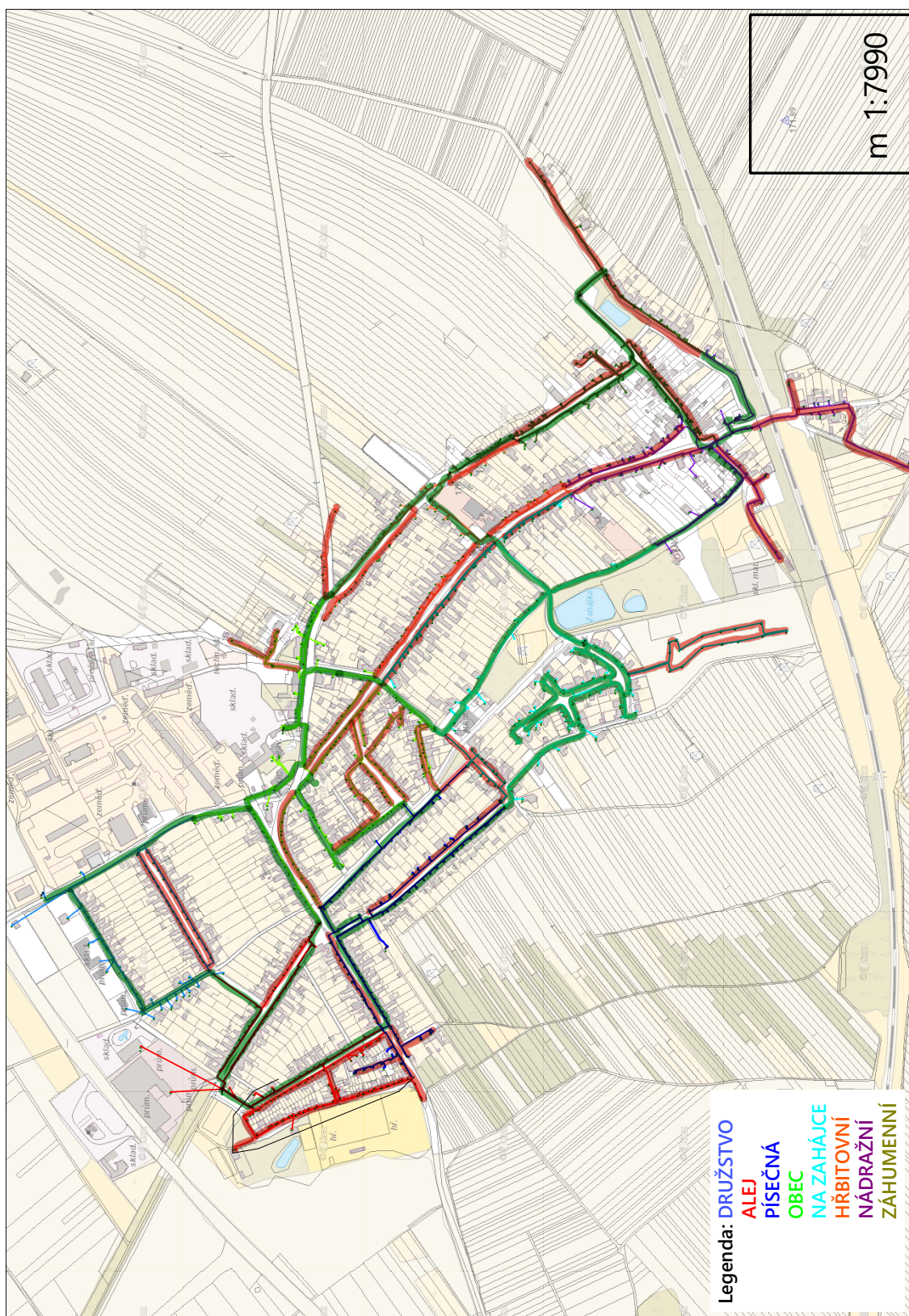
Příloha B.15: Detailní schéma distribuční oblasti DTS DRUŽSTVO



Příloha B.16: Detailní zobrazení polohopisu oblasti DTS DRUŽSTVO [4]



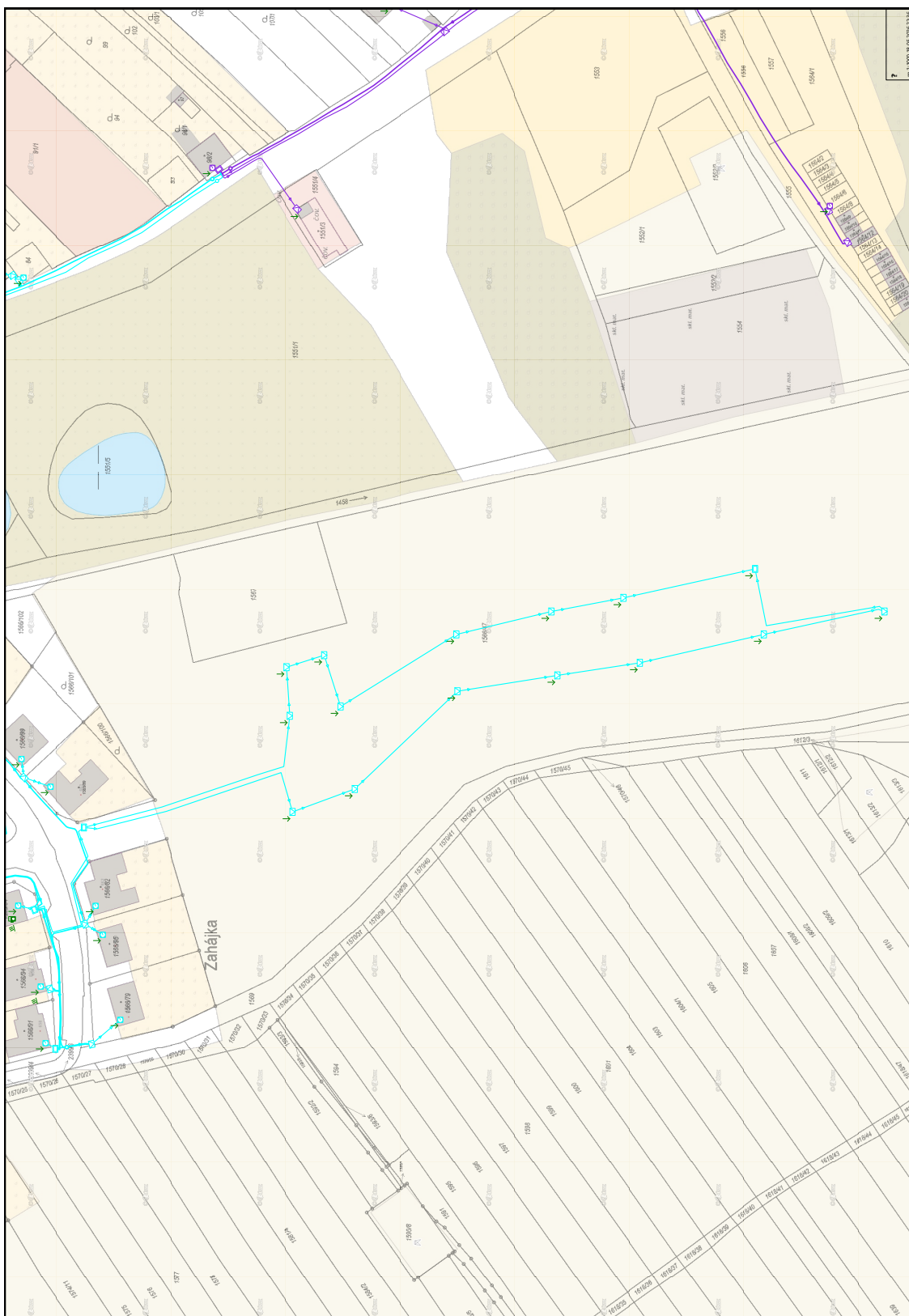
Příloha B.17: Koncepce sítě NN obce Hrušky



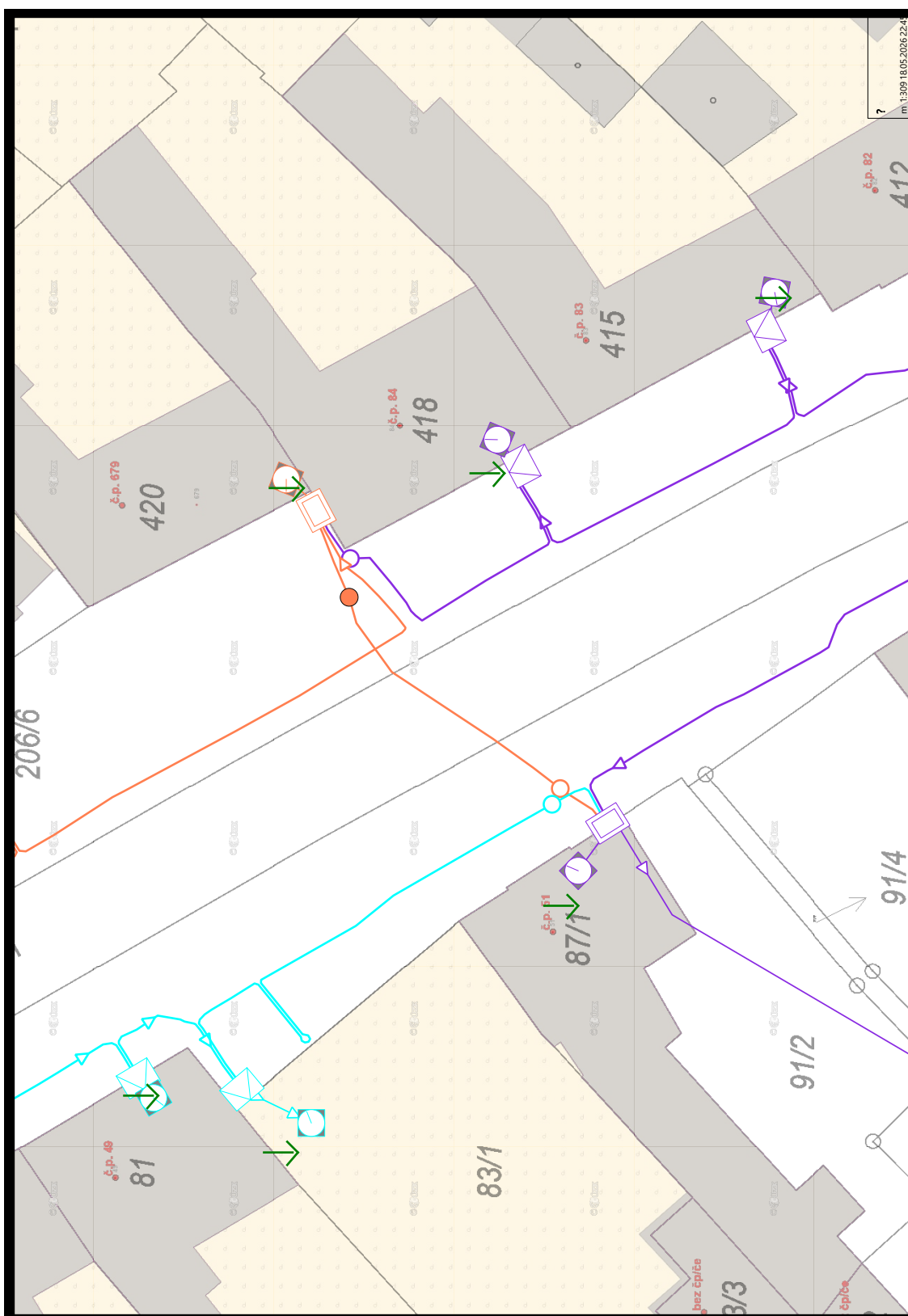
Příloha B.18: Vizualizace zálohování sítě NN obce Hrušky



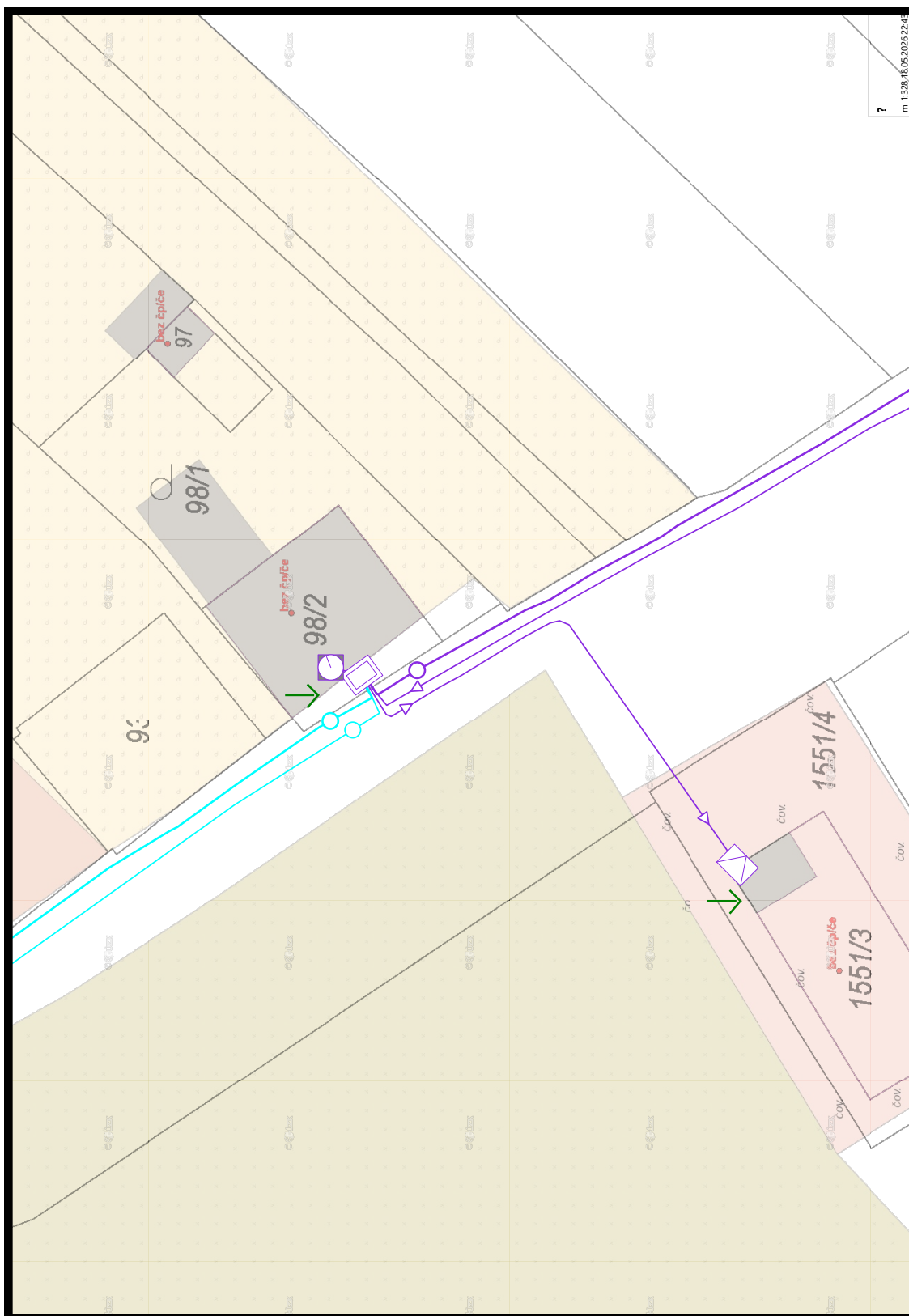
Příloha C.1: Detail smyčkování distribuční sítě



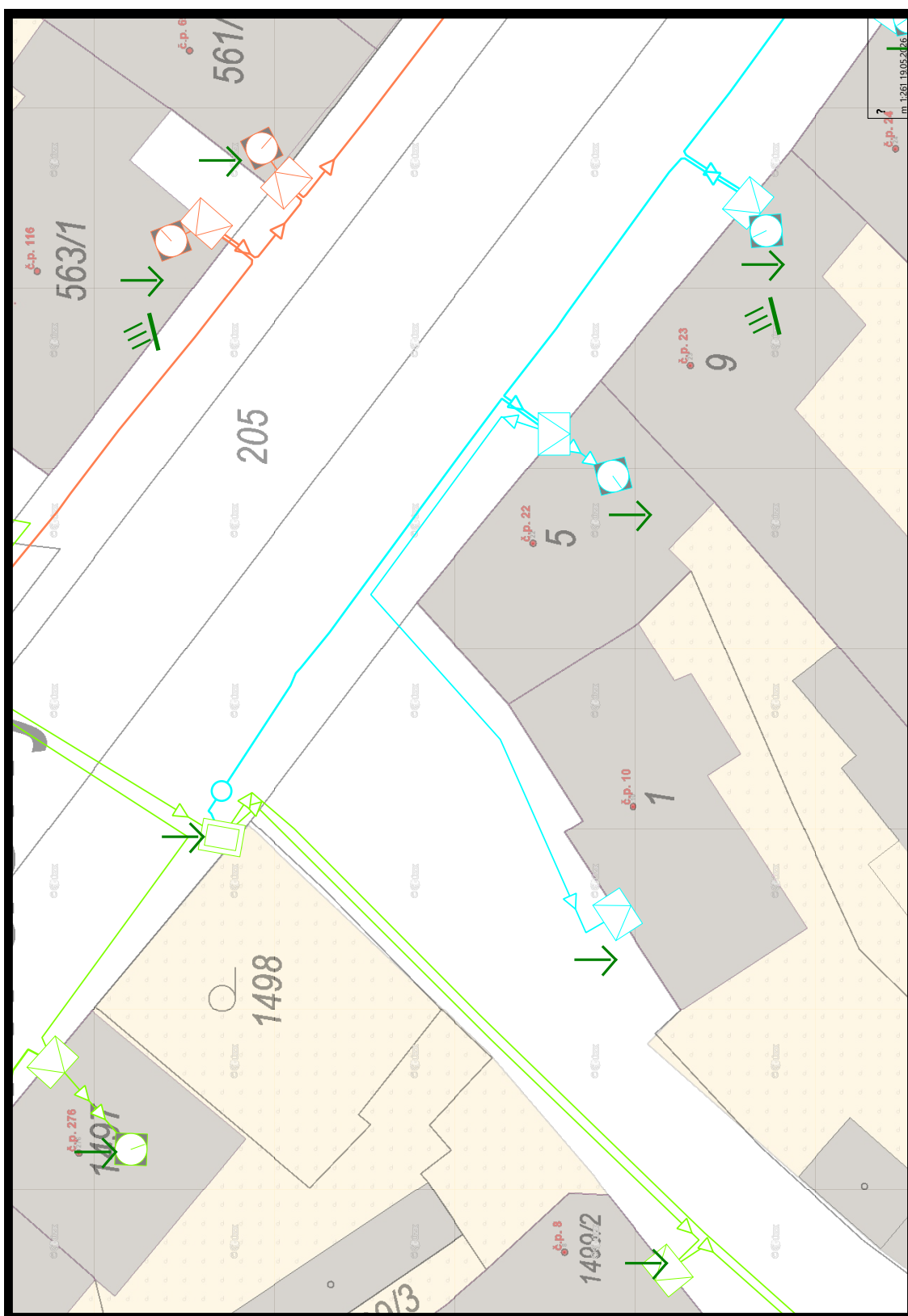
Příloha C.2: Navrhnuté zapojení budoucích odběrných míst



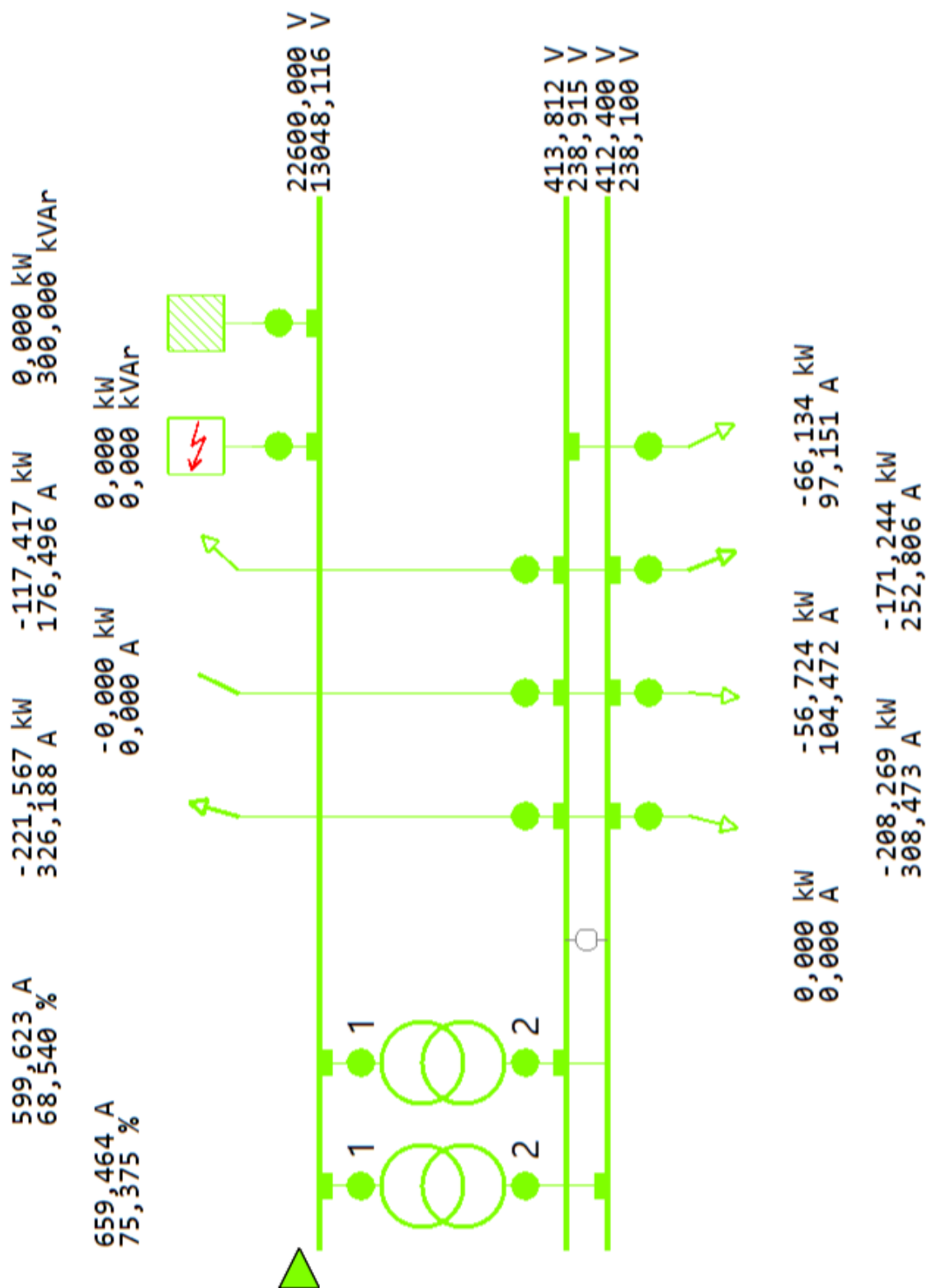
Příloha C.3: Zapojení mezní rozpojovací skříně na distribuční úrovni



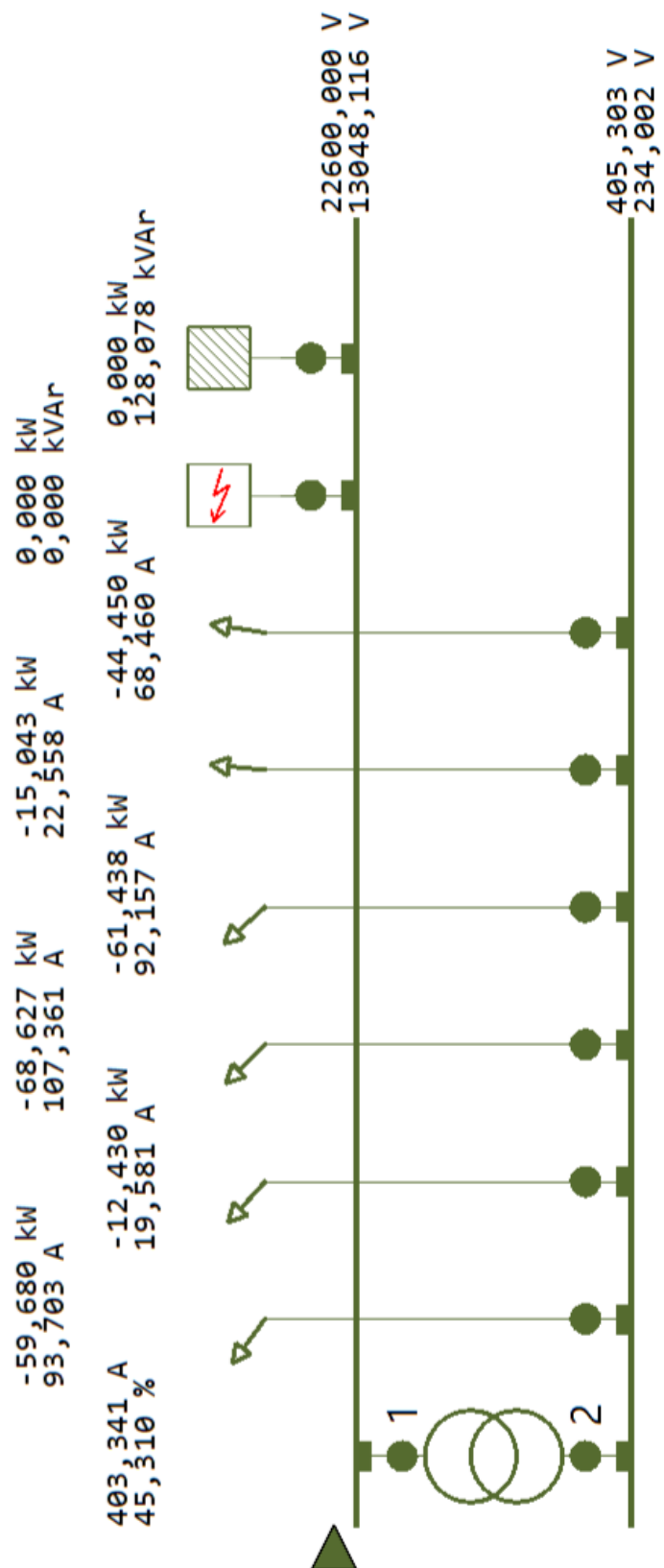
Příloha C.4: Zapojení mezní rozpojovací skříně na napájecí úrovni



Příloha C.5: Vyvedení paprsku z připojovací skříňe



Příloha D.1: Schéma zapojení DTS OBEC



Příloha D.2: Schéma zapojení DTS ZÁHUMENNÍ