



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

VLIV SAMONOSNÉHO OPTICKÉHO KABELU NA MECHANIKU VENKOVNÍHO VEDENÍ VN

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

SEMESTRAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Nedoma

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

BRNO 2021



Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Bc. Jakub Nedoma

ID: 195399

Ročník: 2

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Vliv samonosného optického kabelu na mechaniku venkovního vedení VN

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je teoretický popis a výpočet vlivu při umístění samonosného dielektrického optického kabelu (SDOK) na mechaniku venkovního vedení vysokého napětí z pohledu dimenzování podpěrných bodů. Práce bude řešit vliv velikosti rozpětí a námrazových oblastí na možnost podvěšování SDOK na stávající a rekonstruované linky. Součástí práce bude praktický výpočet na reálné lince a vyčíslení zvýšené finanční náročnosti.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího diplomové práce

Termín zadání: 8.2.2021

Termín odevzdání: 24.5.2021

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

Konzultant: Ing. Petr Špičák, Ph.D.

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

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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.

Bibliografická citace práce:

NEDOMA, Jakub. *Vliv samonosného optického kabelu na mechaniku venkovního vedení VN* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/134908>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Michal Ptáček.

Tato práce vznikla pod vedením společnosti EG.D, a.s. na základě nabídky zadání diplomových prací pro akademický rok 2020/2021 zveřejněné na adrese <https://www.eon.cz/kariera/studenti-a-absolventi/studenti/diplomove-prace>.

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Vliv samonosného optického kabelu na mechaniku venkovního vedení VN“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové 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: 24. 5. 2021

.....

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Ing. Michalu Ptáčkovi Ph.D. za jeho pomoc, podnětné rady a příkladný přístup ke společné komunikaci při vedení této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat svému konzultantovi a nadřízenému Ing. Petru Špičákovi Ph.D., jenž mi byl odbornou podporou a inspirací nejenom při tvorbě této práce.

V Brně dne: 24. 5. 2021

.....

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na posouzení vlivu dodatečné montáže samonosného dielektrického kabelu (SDOK) na stávající linku venkovního vedení VN. Tento typ optického kabelu je prostředkem budoucího posílení komunikační infrastruktury distribuční sítě. Jeho mechanické vlastnosti jsou však podstatně odlišné od vlastností kombinovaných lan AlFe, vlivem čehož může být jeho instalace problematická co se týče splnění požadavků kladených normou PNE 33 3301. Teoretická část této práce je rešerší na téma mechaniky venkovního vedení a optických technologií na hladině VN. V praktické části se práce věnuje návrhu instalace SDOK na stávající linku VN a stanovení jeho vlivu na základě posouzení výsledků tohoto návrhu.

KLÍČOVÁ SLOVA: Samonosný dielektrický optický kabel, SDOK, venkovní vedení VN, mechanika venkovního vedení, KZL, ovíjení

ABSTRACT

This thesis is focused on assessing the impact of retrofitting dielectric All Dielectric Self-Supporting Cable (ADSS) to existing MV overhead line. This type of optical cable is a means of future strengthening of the communication infrastructure of the distribution network. However, its mechanical properties are significantly different from the properties ACSR cable, due to which its installation can be problematic in terms of meeting the requirements of the PNE 33 3301 standard. In practical part, this work deals with the design of the ADSS installation on the existing MV line and the determination of its impact based on the assessment of the results of this design.

KEY WORDS: All Dielectric Self-Supporting Fiber Optic Cable, ADSS, overhead medium voltage line, mechanics of overhead lines, optical ground wire, optical cable wrap

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	11
SEZNAM ZKRATEK.....	12
SEZNAM VELIČIN	12
1 ÚVOD.....	15
2 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA.....	16
2.1 VENKOVNÍ VEDENÍ VN.....	16
2.2 STOŽÁRY	17
2.2.1 BETONOVÉ SLOUPY.....	18
2.2.2 DŘEVĚNÉ SLOUPY	18
2.2.3 OCELOVÉ STOŽÁRY	18
2.3 KONZOLY.....	19
2.4 VODIČE	19
2.5 IZOLÁTORY	20
2.6 LEGISLATIVA PRO NAVRHOVÁNÍ VENKOVNÍHO VEDENÍ VN	21
2.6.1 ČESKÉ TECHNICKÉ NORMY.....	21
2.6.2 PODNIKOVÉ NORMY ENERGETIKY.....	22
2.6.3 TECHNICKÉ NORMY SPOLEČNOSTI	22
2.6.4 OCHRANNÉ PÁSMO.....	23
2.6.5 PŘÍSTUP K TECHNICKÉ INFRASTRUKTUŘE	23
3 ZATÍŽENÍ VENKOVNÍHO VEDENÍ.....	24
3.1 ZATÍŽENÍ PŮSOBÍCÍ NA PODPĚRNÝ BOD.....	24
3.1.1 ZATÍŽENÍ VĚTREM.....	25
3.1.2 ZATÍŽENÍ NÁMRAZOU.....	28
3.1.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ VĚTREM A NÁMRAZOU	30
3.1.4 ZABEZPEČOVACÍ ZATÍŽENÍ.....	31
3.2 MEZNÍ STAVY.....	31
3.3 TEPLOTA VODIČE.....	32
3.4 VÝPOČET MECHANIKY VENKOVNÍHO VEDENÍ.....	32
3.5 STANOVENÍ ELEKTRICKÝCH VZDÁLENOSTÍ	34
4 ROZVOJ DATOVÉ KOMUNIKACE NA HLADINĚ VN.....	36
4.1 STÁTNÍ ENERGETICKÁ KONCEPCE.....	36
4.2 NÁRODNÍ AKČNÍ PLÁN.....	36
4.3 PLÁN ROZVOJE EG.D, A. S.	37
4.4 PLÁN ROZVOJE ČEZ DISTRIBUCE, A. S.....	37
5 OPTICKÉ KABELY NA HLADINĚ VN.....	38
5.1 KOMBINOVANÉ ZEMNÍ LANO (KZL)	39
5.2 SAMONOSNÝ DIELEKTRICKÝ OPTICKÝ KABEL (SDOK)	40
5.2.1 UCHYCENÍ SDOK	41

5.2.2 UMÍSTĚNÍ SDOK.....	42
5.2.3 KONZOLA 4VODIČ	45
5.2.4 TECHNICKÉ VZDÁLENOSTI SDOK	45
5.2.5 REZERVY SDOK	46
5.2.6 KMITÁNÍ SDOK.....	46
5.2.7 PRAKTICKÉ DOPADY POUŽITÍ SDOK	47
5.2.8 PILOTNÍ PROJEKT PODVĚŠENÍ SDOK EGD, A.S.	47
5.3 OVÍJENÍ OPTICKÝM KABLEM METODOU SKYWRAP®	48
6 SOFTWARE SPIDER-EN.....	50
7 ANALÝZA VLIVU SDOK NA STÁVAJÍCÍM VEDENÍ VN	54
7.1 VSTUPNÍ PŘEDPOKLADY ANALÝZY	55
7.2 POSTUP ANALÝZY.....	56
7.2.1 REKONSTRUKCE STÁVAJÍCÍHO VEDENÍ	57
7.2.2 STANOVENÍ POČÁTEČNÍHO NAMÁHÁNÍ, PODVĚŠENÍ SDOK.....	57
7.2.3 I. OPTIMALIZACE – STANOVENÍ VÝŠKY NOSNÝCH SVOREK / KOTEVNÍCH OBJÍMEK	57
7.2.4 II. OPTIMALIZACE – PŘEDIMENZOVÁNÍ PB	58
7.3 TERÉNNÍ PŘEKÁŽKY TRASY	58
7.4 ZHODNOCENÍ OBDRŽENÝCH DAT.....	59
7.4.1 NEJVYŠŠÍ NÁVRHOVÁ TEPLOTA.....	60
7.4.2 ZATÍŽENÍ EXTRÉMNI NÁMRAZOU.....	61
7.4.3 NADLEHČOVÁNÍ SVOREK A IZOLÁTORŮ.....	62
7.4.4 VLIV DÉLKY ROZPĚTÍ A NÁMRAZOVÉ OBLASTI	62
7.4.5 KONZOLA 4VODIČ.....	65
7.4.6 ZATÍŽENÍ PB	66
7.5 EKONOMICKÁ NÁROČNOST INSTALACE.....	67
7.5.1 NACENĚNÍ VÝSTAVBY NOVÉ LINKY BEZ SDOK	67
7.5.2 NACENĚNÍ PODVĚŠENÍ SDOK	68
7.5.3 NACENĚNÍ OPTIMALIZACÍ PB	68
7.5.4 VYČÍSLENÍ ZVÝŠENÉ FINANČNÍ NÁROČNOSTI.....	68
8 ZÁVĚR.....	69
9 BIBLIOGRAFIE.....	71
A OBRÁZKOVÉ PŘÍLOHY.....	75
B TABULKOVÉ PŘÍLOHY	76
C ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY	103

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Konzola pařát III - nosná, rohová a kotevní (Zdroj: [9])</i>	19
<i>Obrázek 2: Větrová mapa (Zdroj: [15])</i>	25
<i>Obrázek 3: Síly větru na vodiče – obecný případ (Zdroj: vlastní zpracování dle: [26])</i>	28
<i>Obrázek 4: Mapa námrazových oblastí ČR (Zdroj: [15])</i>	29
<i>Obrázek 5: Znázornění průhybové křivky (Zdroj: vlastní zpracování dle [5])</i>	33
<i>Obrázek 6: Souměrný závěs (Zdroj: vlastní zpracování dle [5])</i>	34
<i>Obrázek 7: Řez optickým kabelem (Zdroj: vlastní zpracování dle: [35])</i>	38
<i>Obrázek 8: Řez SDOK (Zdroj: vlastní zpracování dle: [19])</i>	40
<i>Obrázek 9: Detail kotevního závěsu SDOK</i>	42
<i>Obrázek 10: Studie EGÚ Brno - možnosti upevnění SDOK (Zdroj: [36])</i>	42
<i>Obrázek 11: Umístění SDOK mezi fázovými vodiči (Zdroj: [36])</i>	43
<i>Obrázek 12: Umístění SDOK na úrovni paty izolátoru (Zdroj: [36])</i>	44
<i>Obrázek 13: Umístění SDOK pod konzolou (Zdroj: [36])</i>	44
<i>Obrázek 14: Konzola 4vodič pro SDOK (Zdroj: [39])</i>	45
<i>Obrázek 15: Malý (vlevo) a velký (vpravo) držák rezervy SDOK včetně spojek (Zdroj: [39])</i>	46
<i>Obrázek 16: Linka VN9 (v popředí) s podvěšeným SDOK</i>	48
<i>Obrázek 17: Nainstalovaný kabel AccesWrap®</i>	49
<i>Obrázek 18: Přípravek pro ovíjení optického kabelu</i>	49
<i>Obrázek 19: Prostředí Spider-EN v MicroStation V8i</i>	51
<i>Obrázek 20: Správce výkresů</i>	51
<i>Obrázek 21: Databázová nabídka prvků</i>	52
<i>Obrázek 22: Parametrizace podpěrného bodu</i>	52
<i>Obrázek 23: Parametrizace úseků vedení</i>	53
<i>Obrázek 24: Námrazové a větrové oblasti v lokalitě analyzovaného vedení</i>	54
<i>Obrázek 25: Postup analýzy podvěšení SDOK v softwaru Spider-EN</i>	56
<i>Obrázek 26: Úsek trasy s terénní překážkou (Zdroj: [45])</i>	59
<i>Obrázek 27: Původní profil trasy s terénní překážkou</i>	59
<i>Obrázek 28: Srovnání vzájemné polohy SDOK a AIFe při nejvyšší návrhové teplotě</i>	60
<i>Obrázek 29: Srovnání průhybů a vlivu počátečního namáhání při nejvyšší návrhové teplotě</i>	61
<i>Obrázek 30: Závislost namáhání vodičů na rozpětí pole</i>	63
<i>Obrázek 31: Závislost průhybů vodičů na rozpětí pole</i>	64
<i>Obrázek 32: Znázornění vlivu námrazové oblasti a délky rozpětí na průhyby SDOK</i>	65

<i>Obrázek 33: Závislost tahů vyvozených vodiči na rozpětí pole</i>	<i>65</i>
<i>Obrázek 34: Srovnání užití konzol 4vodič a Pařát-III.....</i>	<i>66</i>

PŘÍLOHY:

<i>Obrázek A.1: Poloha analyzovaného úseku linky VN (Zdroj: [48])</i>	<i>75</i>
---	-----------

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Vymezení ochranného pásma (Zdroj: [22])</i>	23
<i>Tabulka 2: Zatěžovací stavy venkovního vedení (Zdroj: [26])</i>	25
<i>Tabulka 3: Hodnoty referenční rychlosti větru (Zdroj: [26])</i>	26
<i>Tabulka 4: Kategorie terénu (Zdroj: [26])</i>	26
<i>Tabulka 5: Referenční zatížení námrazou dle průměru vodiče (Zdroj: [26])</i>	29
<i>Tabulka 6: Nejkratší vnitřní a vnější vzdálenosti (Zdroj: [26])</i>	35
<i>Tabulka 7: Vnější vzdálenosti od země (Zdroj: [26])</i>	35
<i>Tabulka 8: Parametry SDOK</i>	40
<i>Tabulka 9: Srovnání mechanických vlastností AlFe, KZL a SDOK (Zdroj: [36])</i>	41
<i>Tabulka 10: Srovnání výchylek vodičů pro dané větrové oblasti (Zdroj: [37])</i>	41
<i>Tabulka 11: Popis jednotlivých úseků trasy</i>	55
<i>Tabulka 12: Zhodnocení mechaniky SDOK a AlFe</i>	63
<i>Tabulka 13: Srovnání změny zatížení PB</i>	67

PŘÍLOHY:

<i>Tabulka B.1: Parametrizace původních PB a jejich zatížení bez SDOK</i>	76
<i>Tabulka B.2: Parametrizace a zatížení PB při podvěšení SDOK s poč. namáháním 6 MPa</i>	79
<i>Tabulka B.3: Parametrizace a zatížení PB při podvěšení SDOK s poč. namáháním 12 MPa</i>	82
<i>Tabulka B.4: Parametrizace a zatížení PB při podvěšení SDOK s poč. namáháním 18 MPa</i>	85
<i>Tabulka B.5: Využití konzoly 4vodič pro SDOK s poč. namáháním 6 MPa</i>	88
<i>Tabulka B.6: Využití konzoly 4vodič pro SDOK s poč. namáháním 12 MPa</i>	91
<i>Tabulka B.7: Využití konzoly 4vodič pro SDOK s poč. namáháním 18 MPa</i>	94
<i>Tabulka B.8: Vliv délky rozpětí a námrazové oblasti na mechanické namáhání lan/kabelu</i>	97
<i>Tabulka B.9: Vliv délky rozpětí a námrazové oblasti na průhyby lan/kabelu</i>	99
<i>Tabulka B.10: Vliv délky rozpětí a námrazové oblasti na tahy lan/kabelu</i>	101

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACSR	Aluminium Cable Steel Reinforced (AlFe lano)
ADSS	All Dielectric Self-Supporting Fiber Optic Cable (SDOK)
AL3	Ocel s povrchovou hliníkovou úpravou
AlFe	Kombinované lano s ocelovou duší a hliníkovým opletením
CENELEC	Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice
ČNI	Český normalizační institut
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
DS	Distribuční soustava
DTS	Distribuční transformační stanice
HDPE	Vysokohustotní polyethylen
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise
IT	Síť s izolovaným uzlem transformátoru
JIV	Jednoduché izolované vodiče
Ko	Koncový podpěrný bod
KZL	Kombinované zemnicí lano
LED	Světlo emitující dioda
MV	Medium voltage (vysoké napětí)
N	Nosný podpěrný bod
NAP SG	Národní akční plán pro chytré sítě
NN	Nízké napětí
O	Odbočný podpěrný bod
PB	Podpěrný bod
PE	Polyethylen
PNE	Podniková norma energetiky
PVC	Polyvinylchlorid
R	Rohový podpěrný bod
SDOK	Samonosný dielektrický optický kabel
SEK	Státní energetická koncepce
SR	Slovenská republika
TNS	Technická norma společnosti
TSDŘ	Technologická síť dispečerského řízení
ÚNMZ	Ústav pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
UV	Ultrafialové záření
V	Výztužný podpěrný bod
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí
Yn	Zapojení transformátoru do hvězdy s uzemněným středem
ZVN	Zvláště vysoké napětí

SEZNAM VELIČIN

A_X	Průmět plochy uvažované složky vedení do roviny kolmé na směr větru	(m^2)
c_0	Součinitel orografie	(-)
C_c	Součinitel aerodynamického odporu pro vodič	(-)
c_{dir}	Součinitel směru větru	(-)
C_{pol}	Součinitel aerodynamického odporu pro sloupy	(-)
C_t	Součinitel aerodynamického odporu pro stožár	(-)
C_X	Součinitel aerodynamického odporu	(-)
D	Ekvivalentní průměr	(m)
d	Průměr vodiče	(m)
D_{el}	Vzdálenost mezi fázovým vodičem a předmětem na potenciálu země	(m)
D_{pp}	Vzdálenost mezi fázovými vodiči	(m)
g	Gravitační zrychlení	($m \cdot s^{-2}$)
G_c	Součinitel konstrukce pro vodič	(-)
G_{pol}	Součinitel konstrukce pro sloupy	(-)
G_t	Součinitel konstrukce pro stožáry	(-)
G_X	Součinitel konstrukce pro uvažovanou složku vedení	(-)
h	Referenční výška vedení nad zemí	(m)
I	Zatížení námrazou na jednotku délky vodiče	($N \cdot m^{-1}$)
I_{50}	Výpočtové zatížení námrazou	($N \cdot m^{-1}$)
I_{d1} a I_{d2}	Zatížení námrazou na jednotku délky v přilehlých rozpětích	($N \cdot m^{-1}$)
I_{R50}	Referenční zatížení námrazou	($N \cdot m^{-1}$)
I_v	Intenzita turbulence	($N \cdot m^{-1}$)
$K_h(h)$	Součinitel výšky pro zatížení námrazou	(-)
K_{Ic}	Součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou	(-)
k_T	Součinitel terénu	(-)
L_1, L_2	Délky sousedních dvou rozpětí	(m)
L_{W1} a L_{W2}	Délky váhového rozpětí přilehlých rozpětí v rovinatém terénu	(m)
m	Hmotnost	(kg)
q_h	Střední tlak v referenční výšce	(Pa)
QI	Zatížení vodičů námrazou	($N \cdot m^{-1}$)
$q_{lh}(h)$	Dynamický tlak větru spojený s námrazou	(Pa)
$q_{lp}(h)$	Maximální tlak větru s uvažováním turbulence	(Pa)
q_p	Maximální tlak větru v referenční výšce	(Pa)
Q_{Wpol}	Síla větru na sloupy	(N)
Q_{Wt}	Síla větru působící na příhradový stožár	(N)
Q_{Wx}	Síla větru na libovolnou složku vedení	(N)
T	Teplota	($^{\circ}C$)
V_{b0}	Referenční rychlost větru	($m \cdot s^{-1}$)
V_h	Střední rychlost větru	($m \cdot s^{-1}$)
z_0	Parametr drsnosti terénu	(-)
γ	Měrná tíha vodiče	($N \cdot mm^{-2} \cdot m^{-1}$)

θ_1, θ_2	Úhel změny směru trasy	(°)
ρ	Hustota vzduchu	(kg·m ⁻³)
ρ_I	Hustota námrazy	(kg·m ⁻³)
Φ	Úhel mezi směrem větru a podélnou osou konzoly	(°)

1 ÚVOD

V současné době stojí elektroenergetika na počátku období velkých změn. Snaha o rozšíření a využití moderních technologií v podobě chytrých sítí, rychlý rozvoj elektromobility a její rozšíření mezi širokou veřejnost znamenají nejen pro správce distribučních sítí nutnost rychlého zpracování velkého množství dat. K jejich zpracování je nutný i jejich spolehlivý přenos mezi spotřebitelem, distributorem a na jejich spojnicí – jednotlivými prvky v síti. Stávající distributorská infrastruktura, především pak ta na hladině VN, se v oblasti přenosu dat od svého prvotního rozvoje po současnost vyvinula pouze ve smyslu schopnosti dálkového ovládní síťových prvků radiovým nebo mobilním signálem. Rychlé tempo příchodu zmíněných změn vyvíjí tlak na provozovatele distribučních soustav v podobě hledání řešení posílení jejich komunikační infrastruktury. Za nejperspektivnější cestu se v současnosti považuje umístění dodatečných samonosných dielektrických optických kabelů (SDOK) na stávající linky a připravenost nových linek na jejich budoucí vyzbrojení, spolu s příploží zemních optických kabelů v případě kabelového vedení VN.

Mechanické vlastnosti SDOK jsou oproti konvenčním lanům AlFe, doposud využívaným na hladině VN, značně rozdílné. Jeho instalace na nové a zejména na v současnosti provozované linky venkovního vedení VN tak může představovat značné problémy v podobě nedodržení vzdáleností stanovených příslušnými normami. Projektová příprava i samotná instalace SDOK jsou tak spojeny s novými postupy, metodikou, ale i překážkami. Tato diplomová práce má za cíl ve své teoretické části shrnout teoretické znalosti spojené se samonosnými optickými kabely, jejich uplatněním a požadavky na instalaci na venkovní vedení hladiny VN a dosavadními zkušenostmi. Praktickou částí této práce je posouzení vlivu dodatečné montáže SDOK na stávající linku venkovního vedení VN a kalkulace zvýšené finanční náročnosti takové instalace.

2 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA

Distribuční soustava je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení napěťových hladin 110, 35, 22, 10, 6, 3, 1,5 a 0,4/0,23 kV (vyjma vybraných zařízení a vedení 110 kV, jež jsou součástí přenosové soustavy). Jejím úkolem je zajištění distribuce elektrické energie na vymezeném území ČR k jejímu spotřebiteli. Její součástí jsou také systémy měření, ochran, řízení, zabezpečovací a telekomunikační techniky. [1]

S ohledem na výkonové toky je hlavním pilířem distribuční soustavy síť napěťové hladiny 110 kV – síť velmi vysokého napětí (VVN). Přes transformátory (zpravidla autotransformátory) je síť 110 kV spojena s nadřazenou sítí 400 kV (méně často také se sítí 220 kV) spadající do přenosové soustavy. Energetické potřeby velkoodběratelů, jakými mohou být např. průmyslové objekty, továrny a jiné, jsou zajištěny připojením na síť hladiny VVN. Pro potřeby distribuce elektrické energie za účelem napájení menších spotřebitelů, měst, městských částí a obcí slouží síť o napěťové hladině 22, nebo 35 kV – síť vysokého napětí (VN). Rozsahem jsou sítě VN podstatně hustší než síť velmi vysokého napětí. To je dáno zejména vyšším množstvím spotřebitelů. Ve správě distributora elektrické energie EG.D, a.s. tvoří síť VN zhruba devítinásobek délky vedení a kabelů sítí velmi vysokého napětí. [2] Většinu provozovaných sítí VN na území ČR tvoří ty o napěťové hladině 22 kV. Sítě VN napěťové hladiny 35 kV jsou z historických důvodů provozovány pouze v několika lokalitách a nové již nejsou budovány. Nižší napěťové hladiny, jakými jsou ty o napětí 10, 6, popř. 3 kV, se kromě průmyslových aplikací pro potřeby distribuční soustavy téměř nepoužívají a již nejsou nadále rozvíjeny. Pro energetické potřeby většiny drobných spotřebitelů slouží distribuční síť napěťové hladiny NN – 0,4/0,23 kV. [1]

2.1 Venkovní vedení VN

Neuvažujeme-li hladinu 0,4 kV, tak je majoritní podíl všech venkovních i kabelových vedení distribuční soustavy provozován na napěťové hladině 22 kV. K roku 2020 je u společnosti ČEZ Distribuce, a.s., provozovatele nejrozsáhlejší distribuční sítě v tuzemsku, evidováno 51 tis. km venkovního i kabelového vedení VN. [3] U EG.D, a.s. se pak jedná téměř o 22 tis. km. [2]. Linka 22 kV začíná na distribučním transformátoru 110/22 kV dané rozvodny, nejčastěji jako kabelový vývod. V případě menších měst a přilehlých obcí je takovou rozvodnou velice často tzv. „H-rozvodna“. Oblasti, z pohledu distribuční a přenosové soustavy významnější, jsou pak sítě VN obslouženy z rozvodny klasického uspořádání. Distribuční transformátory 110/22 kV jsou zpravidla zapojeny Yn/Yn, s uzlem sekundáru nepřímo uzemněným přes zhášecí tlumivku nebo odporník (v případě kabelové sítě). Síť je tedy provozována jako síť IT a vedeny jsou pouze tři fázové vodiče. Na rozdíl od sítí vyšších napěťových hladin není zpravidla součástí vedení VN zemnicí, popř. kombinované zemnicí lano. [4] Linka VN končí v distribuční trafostanici 22/0,4 kV, ze které je napájena distribuční síť NN, nebo přímo objekt odběratele. [1]

Venkovní vedení je oproti vedení kabelovému stále více zastoupeným prostředkem distribuce elektrické energie na hladině VN, přestože v posledních letech narůstá podíl kabelizovaných linek. Jedná se o soubor komponentů, jenž má za cíl bezpečně a za dodržení kvalitativních parametrů vyhovět požadavkům pro distribuci el. energie. Tyto komponenty musí odolávat mechanickým i chemickým vlivům prostředí, el. poli tvořenému vodiči a mechanickému namáhání, jež vodiče svou tíhou a působením okolních vlivů vyvoluje. Venkovní vedení je zavěšené mezi podpěrnými body (PB). Každý podpěrný bod je tvořen souborem několika konstrukčních celků. [1]

2.2 Stožáry

Stožár je základním nosným prvkem venkovního vedení a každého podpěrného bodu. Jeho tvar, a především výška, závisí na napěťové hladině, povaze terénu, druhu a počtu fázových vodičů, zemních lan a jejich vzájemném uspořádání. [5]

Dle účelu dělí norma PNE 33 3301 podpěrné body na:

- **„N“ – nosné** – vybavené podpěrnými izolátory v přímé trase vedení. Navrhují se na účinky zatěžovacích stavů 1 a 3a (viz Tabulka 2). Směr působení větru je uvažován kolmo na trasu vedení. Pro krátká rozpětí je nutné provést ověření pro zatěžovací stav 4 (viz Tabulka 2).
- **„R“ – rohové** – vybavené podpěrnými, nebo kotevními izolátorovými závěsy. Používají se v případě lomu trasy. Nemají výztužnou funkci. Navrhují se na zatížení výslednicí tahů vodičů a zemnicích lan při uvažování zatěžovacího stavu 1 a 3a (viz Tabulka 2). Směr působení větru je uvažován stejný jako výslednice tahů. Pro krátká rozpětí je nutné provést ověření pro zatěžovací stav 4 (viz Tabulka 2).
- **„V“ – výztužné** – zajišťují pevný bod pro omezení lavinového šíření poruchy v přímých i lomených částech trasy. Navrhují se na zatížení výslednicí tahů vodičů a zemnicích lan při uvažování zatěžovacího stavu 1 a 3a (viz Tabulka 2). Směr působení větru je uvažován stejný jako výslednice tahů. Pro krátká rozpětí je nutné provést ověření pro zatěžovací stav 4 (viz Tabulka 2). Dále musí vyhovovat jednostrannému zatížení vodiči dle článku 4.8.3.3 normy PNE 33 3301.
- **„Ko“ – koncové** – vybavené kotevními izolátory se umísťují na konce daného úseku, kde jsou zatíženy jednostranným tahem vodičů. Navrhují se na zatížení jednostranným tahem omrzlých vodičů a zemnicích lan spolu se zatěžovacím stavem 3a (viz Tabulka 2). Směr větru je uvažován kolmo, nebo ve směru vodičů podle toho, kdy dochází k nejvyššímu namáhání spolu se zatěžovacím stavem 1. Pro krátká rozpětí je nutné provést ověření pro zatěžovací stav 4 (viz Tabulka 2).
- **„O“ – odbočné** – představují body trasy, z kterých jsou vedeny vedení alespoň třemi různými směry. Navrhují se na zatížení výslednicí tahů omrzlých vodičů a zemnicích lan spolu se stavem 3a, nebo 1 (viz Tabulka 2). Směr větru se uvažuje takový, kdy působí nejvyšší namáhání. Pro krátká rozpětí je nutné provést ověření pro zatěžovací stav 4 (viz Tabulka 2). Pokud vodiče odbočky způsobí snížení namáhání PB vyvozené vodiči hlavního (kmenového) vedení, není zatížení vodiči odbočky uvažováno.
- **Výztužné varianty rohových a odbočných PB – „RV a OV“**

Části stožáru jsou definovány terminologií zahrnutou v normách ČSN EN 50341, ČSN EN 50423 ED. 2. Terminologie byla v rámci jednotlivých typů stožárů upřesněna příslušnými PNE. Podle norem PNE 34 8240 a ČSN EN 1993-3-1 (pro příhradové stožáry) popisují stožár následující termíny:

- **Dřík stožáru** – ocelový stožár bez konzol a držáku zemního lana.
- **Výzbroj stožáru** – představuje díly: konzoly, držák zemního lana apod.
- **Hlava stožáru** – horní část dříku stožáru nesoucí výzbroj stožáru.
- **Vrchol stožáru** – horní hrana dříku stožáru.
- **Pata stožáru** – dolní hrana dříku stožáru.
- **Délka stožáru** – celková délka stožáru měřená v ose (od paty po vrchol).
- **Typová délka** – celková délka stožáru přiřazená z typové řady délek.

2.2.1 Betonové sloupy

Nejvíce zastoupené jsou na hladině VN a NN sloupy betonové. Jsou vyhotoveny zpravidla s kruhovým průřezem postupně se zužujícím ve směru nahoru. Jako materiál je použit beton s armováním předpjatými ocelovými pruty a dodatečným ocelovým armováním v případě sloupů se jmenovitým vrcholovým tahem 6 kN a vyšším. Složení betonu a jeho přísad musí odpovídat ČSN EN 206-01. [6] Jejich nevýhodou je značná hmotnost, jež komplikuje jejich dopravu a zvyšuje nároky na montáž. [5] V ose sloupu vede zpravidla dutina, která ústí v jeho dolní části a slouží pro uložení zemniče. V sítích VN EG.D, a. s. se však této dutiny zpravidla nevyužívá, a to zejména z důvodu umožnění optické kontroly zemničího pásku, který se místo do dutiny klade na povrch sloupu a kotví příslušnými sponami typu Bandimex.

Betonové sloupy se vyrábí v mnoho modifikacích. Důležitými parametry sloupu jsou hodnota jmenovité vrcholové síly a délka (výška). Obvyklé délky jsou z řady 9; 10,5; 12; 13,5 a 15 m. [6] Pro jednoduší orientaci se podle normy PNE 33 8220 sloupy s různou hodnotou vrcholové síly barevně odlišují značením na vrcholu sloupu:

- sloupy 6 kN – zelená,
- sloupy 10 kN – červená,
- sloupy 12 kN – podle technických podmínek výrobců,
- sloupy 15 kN – modrá,
- sloupy 20 kN – fialová.

V sítích distributora EG.D, a.s. se používají sloupy s vrcholovým tahem do 15 kN včetně, standardně v délkách 10,5 a 12 m. Sloupy v délkách 12 m a 13,5 m musí být vybaveny provozním žebříkem pro výstup na hlavní konzolu. Z důvodu častého stloukání námrazy v těžších námrazových oblastech mohou být upřednostněny sloupy s výškou 9 a 10,5 m pro usnadnění dosažitelnosti vodičů. [4] Předním výrobcem betonových sloupů v ČR je Sloupárna Majdaléna, s. r. o. v SR pak ELV Produkt, a. s.

2.2.2 Dřevěné sloupy

Dřevěné sloupy jsou tvořeny jedním celistvým kusem dřeva – opracovaného kmenu. Obvykle se jako materiál používá dřevo jehličnatých dřevin, nejčastěji smrku, jedle a borovice. Dřevěné spojovací prvky (kolíky hmoždinky apod.) se pak zhotovují ze dřeva listnatých dřevin (zpravidla buk, dub). Dřevo je nutné ošetřit impregnací proti hnilobě a jiným škodlivým vlivům ve smyslu normy ČSN EN 12 465. Je možné jeho vetknutí přímo do země, nebo jeho kotvení k betonové patce. Za předpokladu usazení sloupu do suché, popř. skalnaté země je dovolené výjimečně dřevo neošetřovat. Stožár by však neměl být do země zabetonován. V současnosti se používají jen v odůvodněných případech, zejména pak v chráněných krajinných oblastech apod. [7]

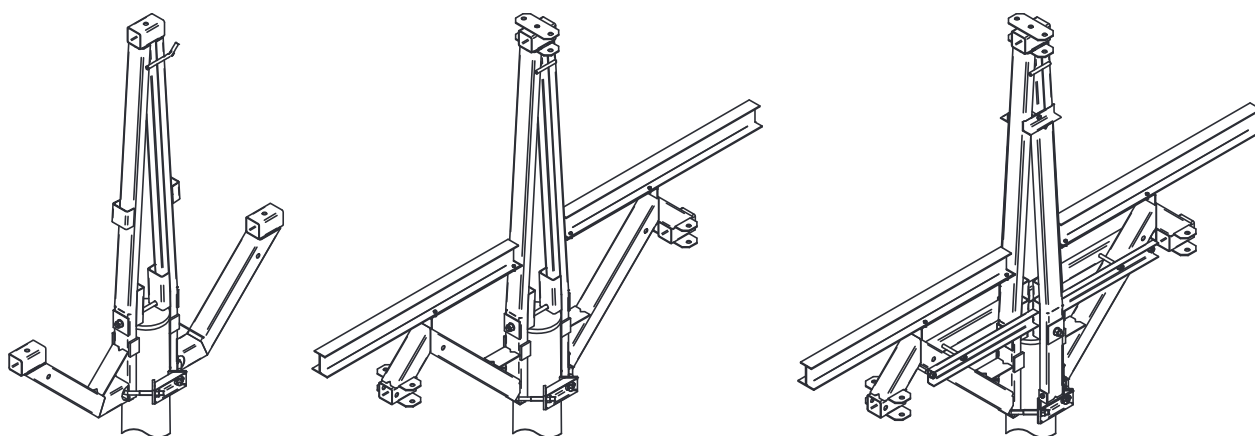
2.2.3 Ocelové stožáry

Jedná se zpravidla o příhradové konstrukce, méně často je možné setkat se s celoplášťovým (ohraňovaným), nebo stáčeným provedením. Jednotlivé díly a profily příhradoviny jsou montovány šroubovanými spoji, svářeními nebo nýtováním. Jednotlivé celky jsou, zejména v případě vyšších stožárů, spojovány na místě stavby šroubováním. Jejich výhodou je snadná montáž a doprava, jelikož je možné stožár rozdělit na segmenty. Nevýhodou je vysoká náchylnost ke korozi, z čehož plyne potřeba opatřit stožáry povrchovou úpravou žárovým zinkováním, nebo nátěrem a tento nátěr udržovat. Ocelové stožáry se používají na všech napětíových hladinách. V prostředí přenosové soustavy jsou pak jedinou používanou technologií. [5]

2.3 Konzoly

Konzola tvoří důležitou mechanickou část podpěrného bodu. Skrze izolátory se přes konzolu na sloup PB přenáší veškeré silové účinky vyvozené tahy vodičů. Norma PNE 34 8601 definuje konzolu jako „nosník pro upevnění izolátorů a vodičů na sloupy“. Jedná se o zpravidla kovovou konstrukci z FeZn segmentů. Nejjednodušším typem jsou konzoly rovinné. Tento typ konzoly však bez doplňků nedokáže spolehlivě zamezit dosedání ptáků. Z tohoto důvodu se krom případů úsekových odpojovačů a izolovaných vedení používají výhradně konzoly Delta, nebo Pařát. [8]

Konzoly Delta svým trojúhelníkovým uspořádáním vodičů minimalizují riziko současného kontaktu obou fází s ptáky. Riziko spočívající ve spojení živých částí s armaturou konzoly dosedajícími ptáky je omezeno dodatečnou instalací plastových pásů. V nových instalacích se konzoly Delta již nepoužívají. V současnosti jsou instalovány konzoly typu Pařát, rovněž s trojúhelníkovým uspořádáním. Aktuální verze Pařát III se od předešlé verze Pařát II liší zejména vyšší vzdáleností mezi horními a spodními vodiči. Ta byla zvýšena z 1 300 na 1 500 mm za účelem dalšího snížení rizika současného dotyku obou vodičů s ptactvem. Konzoly typu Pařát vyrábí česká společnost ENERGETIKA SERVIS s.r.o., a to v několika modifikacích. Obrázek 1 znázorňuje modifikace konzoly Pařát III pro jednoduché betonové sloupy (nosná, rohová a koncová). Konzoly se od sebe liší zejména svým mechanickým dimenzováním, kdy rohové a koncové konzoly mají dovolené namáhání na tah až 28 kN. Konzoly se zpravidla doplňují dosedací tyčí pro ptactvo, která rizika spojená s dosedáním ptactva dále minimalizuje. Poslední verzí navazující na Pařát III je konzola Pařát IV, jež se vyrábí pouze v modifikaci rohové a kotevní.



Obrázek 1: Konzola pařát III - nosná, rohová a kotevní (Zdroj: [9])

2.4 Vodiče

Vodiče v podobě lan jsou nejdůležitější částí venkovního vedení, po ekonomické stránce představují rozhodující složku celého vedení. Jelikož jsou vodiče vystaveny různým klimatickým a chemickým vlivům, jsou na ně kladeny následující, často i protichůdné požadavky. [8] Dle [8] jimi jsou:

- Malá měrná hmotnost vodiče vzhledem k dopravě a montáži, ale velká z důvodu namáhání větrem.
- Malý průřez z důvodu minimalizace namáhání větrem, ale zároveň malý měrný odpor.
- Velká mechanická pevnost a odolnost vůči kmitání.
- Velká odolnost vůči chemickým vlivům.
- Nízká cena.

Na venkovní vedení VN se používají hlavně lana, dále závěsné kabely, jednoduché izolované vodiče (JIV) a výjimečně dráty. Jako materiál lan se používá měď, bronz, hliník, ocel a jejich slitiny. Nejvíce rozšířenými vodiči na všech napěťových hladinách jsou kombinovaná lana AlFe. Toto lano kombinuje vysokou pevnost ocelové duše a dobré elektrovodné schopnosti hliníkového pláště. Mezi materiálové parametry závěsných vodičů patří modul pružnosti, teplotní roztažnost, měrná tíha, pevnost (dovolené namáhání na tah), přenosová kapacita a měrný odpor. [5]

Kódové značení lan dle normy PNE 34 7509 popisuje jeho fyzické parametry, tedy rozměry a použitý materiál. Kód 401-AL1/28-ST1A tak popisuje lano tvořené dráty z hliníku AL1 okolo duše z ocelových pozinkovaných drátů ST1 s pozinkováním třídy A. Průřez hliníkových drátů zaokrouhlený na celé číslo je 401 mm² a pozinkovaných ocelových pak 28 mm². [10]

2.5 Izolátory

Izolátory jsou komponenty, jejichž úkolem je elektrické oddělení a mechanické spojení částí vedení s rozdílným elektrickým potenciálem. Mají tak významný dopad na spolehlivost a bezpečnost celého systému. Jsou vyrobeny z rozličných materiálů, nejčastěji však z keramiky (porcelánu), skla, plastů jako epoxidy, silikon a kompozitních materiálů. [8]

Izolátory z hlediska použití dělíme na:

- **Podpěrné** – nesou vodiče vedení a jsou tak vystavené namáhání v tahu, tlaku a v ohybu. [11]
- **Kotevní (závěsné, tahové)** – instalují se na konzoly rohových a kotevních podpěrných bodů a jsou tak namáhané hlavně na tah. [11]

Podle použitého materiálu dělíme izolátory zejména na:

- **Porcelánové (keramické)** – doposud nejčastěji používaný typ materiálu, kdy se používá tzv. elektrotechnická keramika. V sítích do 35 kV se nejčastěji můžeme setkat s podpěrnými izolátory, které jsou zpravidla dimenzovány na 2,5násobek síly vyvolané tahem vodiče. Kotevní PB jsou vybaveny zpravidla izolátory závěsnými, jež jsou dimenzovány až na 3násobek tahu vodiče. Oba typy izolátorů je možné vyhotovit jako plnojádrové (podpěrné – typ VPA a tyčové – typ VZL) nebo spirálové (typ „spirelec“). Na hladině VN se nejčastěji používají podpěrné izolátory typu VPA 135 (na hladině 22 kV) a VPA 180 (na hladině 35 kV). Nové instalace jsou velmi často osazeny podpěrnými izolátory s výřezem pro pouzdro typu VPAv 135 a 180. Na kotevních úsecích se využívají závěsné izolátory typu VZL 50/435 (na hladině 22 kV) a VZL 70/530 (na hladině 35 kV). [8]
- **Kompozitní** – klasické porcelánové izolátory jsou v poslední době nahrazovány moderními izolátory z kompozitních materiálů a polymerů. Klasický kompozitní izolátor je vyroben ze dvou různých materiálů pro jádro a plášť. Jako jádro se používá sklolaminátová tyč s vysokou pevností a odolností vůči tahu. Vnější část (stříšky) může být vyrobena z různých materiálů. Používají se různorodé polymery (EPM, EPDM), epoxidy, živice. Jako nejperspektivnější materiál se však ukázal silikon, jenž tvoří plášť většiny v současnosti vyráběných kompozitních izolátorů. Mezi značné výhody silikonových kompozitních izolátorů patří jejich nízká hmotnost, menší příčná plocha, nízká cena, vysoká odolnost vůči přírodním faktorům jako UV záření, kyselé prostředí, prach, a především pak hydrofobní vlastnosti povrchu. [8]

2.6 Legislativa pro navrhování venkovního vedení VN

Pro zajištění spolehlivosti a bezpečnosti provozu venkovních vedení VN je nutné při návrhu, provozování a údržbě těchto linek vycházet z příslušných technických norem ČSN, PNE a TNS daného distributora elektrické energie a legislativních požadavků daných příslušnými zákony. Následující výčet uvádí nejdůležitější normy a legislativní požadavky vztahující se k řešení dané problematiky v prostředí ČR a distribuční soustavy distributora EG.D, a. s.

2.6.1 České technické normy

Normy ČSN jsou technické normy vydávané Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), dříve Českým normalizačním institutem (ČNI). Pro prostředí elektrotechniky jsou relevantní normy, jejichž šestičíselné označení začíná dvojčíslím 32-38. Harmonizované evropské normy jsou za označením „ČSN“ doplněny kódem „EN“ nebo „IEC“ apod. Relevantními normami ČSN jsou:

ČSN 33 3301 Stavba elektrických venkovních vedení s jmenovitým napětím do 52 kV – norma byla platná do roku 2005, kdy byla nahrazena harmonizovanou normou ČSN EN 50423-1. Pro vedení navrhovaná dle této, v současné době neplatné, normy je však stále při případných obměnách/rekonstrukcích možné z ní vycházet. [12]

ČSN EN 50423 ED. 2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV do AC 45 kV včetně – popisuje společné obecné požadavky pro navrhování venkovních vedení o napětí 1 až 45 kV vč. a kmitočtu do 100 Hz. Výchozím podkladem této normy vydané roku 2005 byla norma ČSN EN 50341 vydaná roku 2002, jež byla platná pouze pro napěťové hladiny nad 45 kV. [13] Norma je rozdělena na tři části:

ČSN EN 50423-1 ED. 2 – část 1 popisuje všeobecné požadavky a společné specifikace.

ČSN EN 50423-2-19 ED. 2 – část 2 obsahuje seznam národních dodatků členů seskupení CENELEC.

ČSN EN 50423-3-19 ED. 2 – část 3 je národním dodatkem pro ČR.

ČSN EN 50341 ED.2 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV – popisuje společné obecné požadavky pro navrhování venkovních vedení napětí nad 1 kV a kmitočtu do 100 Hz. Norma, jež vznikla roku 2002, byla původně určena pouze pro napěťové hladiny nad 45 kV (tedy zejména VVN a ZVN). V roce 2012 však byla ve své druhé edici rozšířena o pasáže odpovídající normě ČSN EN 50423 ED. 2, čímž pokryla celou problematiku navrhování venkovního vedení všech napěťových hladin od 1 kV výše. Tímto rozšířením došlo také ke zrušení dosavadní normy ČSN EN 50423 ED. 2. V roce 2017 byl doplněn národní dodatek pro ČR. Jeho přílohou je také mapa námrazových oblastí ČR. [14] Norma je rozdělena na tři, později dvě části:

ČSN EN 50341-1 – část 1 popisuje všeobecné požadavky a společné specifikace.

ČSN EN 50341-2 (do roku 2012) – část 2 obsahuje seznam národních dodatků členů seskupení CENELEC.

ČSN EN 50341-3 (do roku 2012) – část 3 je národním dodatkem pro ČR.

ČSN EN 50341-2 ED. 2 (od roku 2017) – část 2 je národním dodatkem pro ČR.

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem – popisuje požadavky a pokyny pro stanovení zatížení pozemních inženýrských staveb větrem. Důležitou přílohou normy je větrová mapa ČR, na jejímž základě se při návrhu venkovního vedení stanovuje zatížení větrem. [15]

ČSN EN 61140 ED. 3 Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení – popisuje požadavky na ochranu osob a zvířat před úrazem elektrickým proudem při navrhování elektrických zařízení a sítí. [16]

2.6.2 Podnikové normy energetiky

Podnikové normy energetiky (PNE) vychází většinou z příslušných technických norem ČSN a jsou jim legislativně podřízeny. Tyto normy a spojenou legislativu spravuje České sdružení regulovaných elektroenergetických společností (ČSRES), jehož členy jsou správci distribuční a přenosové soustavy ČR: EGD, a. s., ČEZ Distribuce, a. s., PREdistribuce, a. s. a ČEPS, a. s. Relevantními normami PNE pro tuto práci jsou:

PNE 33 3301 ED. 4 + Opr. 1 Elektrická venkovní vedení s napětím nad 1 kV AC do 45 kV včetně – popisuje základní požadavky pro navrhování venkovních vedení příslušné napěťové hladiny. Poslední – čtvrtá – edice normy vychází z evropské normy ČSN EN 50341 ED. 2, oproti které však obsahuje výrazná zjednodušení. Rovněž byla touto opravou doplněna problematika optických vodičů instalovaných na hladině VN.

PNE 34 8210 ED. 2 Dřevěné sloupy a dřevěné sloupy na patkách pro elektrická venkovní vedení do 45 kV – popisuje materiálové požadavky na dřevěné sloupy a požadavky na jejich využití při navrhování venkovního vedení. [7]

PNE 34 8220 ED. 3 Odstřed'ované betonové sloupy pro elektrická venkovní vedení do 45 kV – popisuje materiálové požadavky na betonové odstřed'ované sloupy a požadavky na jejich využití při navrhování venkovního vedení. [6]

PNE 34 8240 ED. 3 Příhradové stožáry pro elektrická venkovní vedení do 45 kV – popisuje materiálové požadavky na ocelové příhradové odstřed'ované sloupy a požadavky na jejich využití při navrhování venkovního vedení. [17]

PNE 33 0000-1 ED. 6 Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribučních soustavách a přenosové soustavě – popisuje požadavky na ochranu osob a zvířat před úrazem elektrickým proudem při navrhování elektrických zařízení a sítí. [18]

2.6.3 Technické normy společnosti

Metodika a specifika příslušná jednotlivým distribučním společnostem jsou zpracovány do vlastních Technických norem společnosti (TNS) a podnikových typizačních směrnicí. Tyto normy vychází z nadřazených norem ČSN a PNE, jsou však doplněny o konkrétní požadavky, jakými mohou být např. typizovaný konstrukční materiál nebo postup montáže. Rovněž jejich obsah podléhá oproti nadřazené legislativě častější obměně z důvodu např. změny dodavatele nebo výrobce konkrétní technologie. Tato práce cituje pouze TNS společnosti EGD, a. s. v aktuálních zněních. Jsou jimi zejména:

TNS 16 1910.03 Sdělovací vedení na venkovních vedeních VN – Samonosné dielektrické optické kabely a kombinovaná zemnicí lana – stanovuje podmínky použití nosné technologie optických vedení na podpěrných bodech venkovních vedení VN, samonosných dielektrických optických kabelů, kombinovaných zemních lan s optickými vlákny. Dále shrnuje pravidla, postupy použití elektronických telekomunikačních a informačních systémů na stávající nebo nové podpěrné body VN při investiční výstavbě nebo opravách stávajících technologií VN a SDOK. [19]

TNS 19 1611.00 Sdělovací vedení – Samonosný dielektrický optický kabel 48 vláken – jedná se o materiálovou TNS popisující parametry 48vláknového SDOK. [20]

TNS 19 1612.00 Sdělovací vedení– Samonosný dielektrický optický kabel 96 vláken – jedná se o materiálovou TNS popisující parametry 96vláknového SDOK. [21]

2.6.4 Ochranné pásmo

K zajištění spolehlivého provozu a ochraně života, zdraví a majetku osob nacházejících se v blízkosti zařízení elektrizační soustavy stanovuje §46 zákona č. 458/2000 Sb. vyměření tzv. ochranného pásma (OP) kolem těchto zařízení. Ochrannými pásmy jsou chráněna nadzemní a podzemní vedení, elektrické stanice, výroby elektřiny a vedení měřicí, ochranné, řídicí zabezpečovací, informační a komunikační techniky. Pro nadzemní vedení je OP definováno jako souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo od vedení na obě strany od krajního vodiče. Tyto vzdálenosti uvádí Tabulka 1. [22] Hodnoty jsou platné od 1. 1. 1995. Pro vedení VN s holými vodiči starší tohoto data platí OP 10 m dle [23], na což je nutné brát ohled v případě jejich obnov.

Podle §79 odst. 2 písmena s) zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) není nutné vyžadovat rozhodnutí o umístění stavby ani územní souhlas pro výměnu vedení technické infrastruktury, pokud se nemění jeho trasa a nedochází k překročení hranice stávajícího ochranného nebo bezpečnostního pásma. [24]

Tabulka 1: Vymezení ochranného pásma (Zdroj: [22])

Kategorie venkovního vedení	OP
a) napětí nad 1 kV a do 35 kV včetně	
1. pro vodiče bez izolace	7 m
2. pro vodiče s izolací základní	2 m
3. pro závěsná kabelová vedení	1 m
b) napětí nad 35 kV do 110 kV včetně	12 m
1. pro vodiče bez izolace	12 m
2. pro vodiče s izolací základní	5 m
c) napětí nad 110 kV do 220 kV včetně	15 m
d) napětí nad 220 kV do 400 kV včetně	20 m
e) napětí nad 400 kV	30 m
f) závěsného kabelového vedení 110 kV	2 m
g) zařízení vlastní telekomunikační sítě držitele licence	1 m

2.6.5 Přístup k technické infrastruktuře

Podle §4 odst. 1 zákona č. 194/2017 Sb., o opatřeních ke snížení nákladů na zavádění vysokorychlostních sítí elektronických komunikací a o změně některých souvisejících zákonů je povinná osoba – provozovatel DS povinen umožnit přístup k fyzické infrastruktuře pro účely zavedení vysokorychlostní sítě elektronických komunikací oprávněné osobě na základě její žádosti a na její náklady, a to za spravedlivých, přiměřených a nediskriminačních podmínek včetně ceny. Oprávněnou osobou se rozumí provozovatel veřejné komunikační sítě nebo povinný orgán.

Dle §6 tohoto zákona má oprávněná osoba právo na poskytnutí souboru minimálních údajů o fyzické infrastruktuře v rozsahu plánovaného projektu zavedení prvku vysokorychlostní sítě elektronických komunikací.

Dle §5 pak může být žádost oprávněné osoby zamítnuta z důvodů technické nevhodnosti fyzické infrastruktury, právní překážky, rizika vzájemného rušení systémů, dostupnosti jiných možností přístupu k fyzické infrastruktuře nebo i z důvodu nepřiměřenosti požadavku. [25]

3 ZATÍŽENÍ VENKOVNÍHO VEDENÍ

Z důvodu proměnlivé povahy venkovního prostředí je nutné počítat s jeho nepříznivými klimatickými vlivy na mechaniku venkovního vedení. Za tyto vlivy se považuje působení větru a teploty s eventuální možností vzniku námrazy na vedení, popř. kombinace těchto vlivů. Řešení nutnosti zahrnutí klimatických vlivů spočívá ve stanovení typizovaných případů na základě dlouhodobého sledování počasí. [11] Pro tyto konkrétní případy se pak podle literatury [11] provádí kontrolní výpočty ověřující dodržení:

- **Nejvyšší dosažené teploty** – pro holé vodiče při zatížení 80 °C, při přetížení 180 °C a při zkratu 300 °C.
- **Elektrické pevnosti** – dodržení minimálních vzdáleností mezi fázovými vodiči a mezi vodiči a zemí.
- **Mechanické pevnosti** – dodržení maximálního dovoleného namáhání všech komponent venkovního vedení stanoveného jejich výrobcí.

Zatížení vedení může být krom své podstaty definováno také dobou nepříznivého působení na vedení. Norma PNE 33 3301 rozděluje zatížení na stálá a nahodilá:

Stálá zatížení

Jedná se o kontinuálně působící zatížení, za něž můžeme považovat:

- Zatížení podpěrných bodů, vodičů z přilehlých rozpětí, konzol, izolátorů a ostatní trvalé výzbroje (vč. leteckých varovných bojů, antén, spínačů, transformátorů apod.).
- Tahy z předpětí kotevních lan trvale kotvených PB.
- Tahy vodičů (za referenční teploty).

U stožárů do výšky 12 m nad zemí s rozpětími mezi dvěma PB kratšími než 120 m se tíha vyvozená nosnou konstrukcí a dalších součástí neuvažuje.

Nahodilá zatížení

Vyjadřuje zatížení, jež působí krátkodobě a převážně nahodile. Jsou způsobena zejména vlivy montážními a klimatickými. Patří mezi ně:

- Zatížení způsobená meteorologickými podmínkami (námrazou, větrem, kombinací).
- Montážní zatížení způsobená výstavbou nebo rekonstrukcí vedení.
- Zatížení tíhou pracovníka údržby s náradím.

3.1 Zatížení působící na podpěrný bod

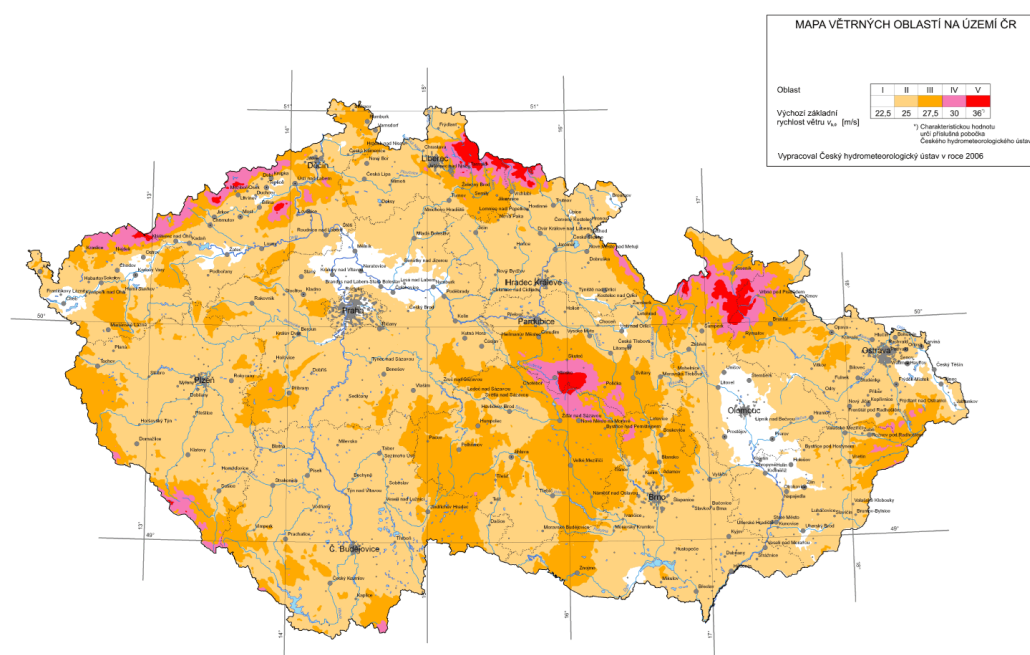
Zatížení působící na podpěrné body je možné rozdělit na dílčí zatížení působící ve třech složkách. Ve směru svislém k PB působí stálá tíha stožáru, výzbroje a vodičů (vč. nahodilého zatížení námrazou). Zbylé dvě složky jsou způsobeny jak působením nahodilého zatížení větrem, tak stálého zatížení tahem vodičů. V závislosti na jejich různé orientaci, která může být způsobena jak různým směrem větru, tak např. odbočkou z trasy vedení, může zatížení působit ve směru vedení, nebo kolmo na něj. [11] Zatížení venkovního vedení napěťové úrovně VN definovaná normou PNE 33 3301 shrnuje Tabulka 2.

Tabulka 2: Zatěžovací stavy venkovního vedení (Zdroj: [26])

ZS	Popis zatěžovacího stavu
1	Zatížení extrémním větrem
2a	Rovnoměrné zatížení extrémní námrazou (I_T)
3a	Kombinované zatížení větrem a námrazou: - rovnoměrné zatížení extrémní námrazou (I_T) - zatížení větrem o rychlosti s vysokou pravděpodobností V_{IH} překročení ($\psi W = 0,25$)
4	Minimální teplota bez dalších klimatických zatížení
5a	Zabezpečovací zatížení, kroucení: - uvolnění vodiče při zatížení vodičů sníženou námrazou (0,4 I50)
5b	Zabezpečovací zatížení, podélný ohyb: - nevyrovnané tahy vodičů, způsobené fiktivním přetížením rovným vlastní tíze všech vodičů ve všech rozpětích v jednom směru od podpěrného
5c	Zabezpečovací zatížení, podélný ohyb - uvolnění všech vodičů v jednom směru od podpěrného bodu při zatížení vodičů sníženou námrazou.
6a	Bezpečnostní zatížení, montážní a údržbová zatížení.
6b	Bezpečnostní zatížení, vztahující se k tíze montérů.

3.1.1 Zatížení větrem

Působí jako vodorovná složka zatížení vedení. Stanovuje se na základě postupu uvedeného v normě PNE 33 3301. Na počátku návrhu je stanovení dané větrové oblasti, kdy se v praxi vychází z mapy větrových oblastí ČR a SR z roku 2007 (viz Obrázek 2), jež je přílohou č. 1 normy ČSN EN 1991-1-4. Pro dané oblasti jsou uvažovány hodnoty referenční rychlosti větru V_{b0} z Tabulka 3 pro výšku 10 m nad zemí (platí pro kategorii terénu II). Tyto rychlosti vyjadřují 10minutovou střední rychlost větru s dobou návratu 50 let. [26]



Obrázek 2: Větrová mapa (Zdroj: [15])

Tabulka 3: Hodnoty referenční rychlosti větru (Zdroj: [26])

Větrová oblast	Barevné označení oblasti v mapě	Referenční rychlost větru V_{b0} (m·s ⁻¹)
I.	□ bílá	22,5
II.	■ světle hnědá	25,0
III.	■ tmavě hnědá	27,5
IV.	■ růžová	30,0
V.	■ červená	36,0

Pozn.: V_{b0} pro referenční výšku 10 m nad zemí.

Na základě znalosti základní rychlosti větru V_{b0} je možné stanovit střední rychlost větru V_h , jež do výpočtu zahrnuje působení dalších vlivů jako jsou: povaha terénu, směr větru a výška vodiče. Pro její stanovení se vychází ze vztahu (3-1). Pro jiné kategorie terénu, než kategorii II se hodnoty referenční rychlosti větru přepočítají s využitím dat uvedených v Tabulka 4. V případě kategorie terénu II tak platí $V_h = V_{b0}$. Za účelem úspory výpočtů je možné pro sítě VN zavést zjednodušení spočívající v nahrazení skutečné výšky sloupu nebo zavěšení vodiče za výšku referenční. Ta je rovna 10 m v případě podpěrných bodů s výškou nad zemí do 24 m a 30 m v případě podpěrných bodů o výšce mezi 24 a 40 m nad zemí. Uvedené výšky je možné vztahovat i k výšce zavěšení vodiče nad zemí. V případě podpěrných bodů nebo zavěšení vodičů, které jsou výše než 40 m nad zemí, se použijí postupy platné pro hladinu VVN. [26]

$$V_h = k_T \cdot c_{dir} \cdot c_0 \cdot \ln \frac{h}{z_0} \cdot V_{b0} \quad (3-1)$$

kde je:

V_{b0}	referenční rychlost větru v 10 m nad zemí pro kategorii terénu II (m·s ⁻¹)
k_T	součinitel terénu (-)
z_0	parametr drsnosti terénu (-)
h	referenční výška vedení nad zemí (v místě zavěšení na PB) (m)
c_{dir}	součinitel směru větru
c_0	součinitel orografie

Součinitele směru větru a orografie se v současné době uvažují rovny 1. Jejich vyčíslení na ploše celé ČR je komplikované a podklady pro jejich aplikaci tak nejsou stále dostatečně připraveny.

Tabulka 4: Kategorie terénu (Zdroj: [26])

Kategorie terénu	Charakteristika terénu	k_T (-)	z_0 (-)
I.	Rovná krajina bez překážek, velké vodní plochy	0,169	0,01
II.	Zemědělské plochy s rozptýlenou zástavbou, porosty	0,189	0,05
III.	Předměstské a průmyslové plochy, trvale zalesněná území	0,214	0,30
IV.	Městské plochy s plochou pokrytou min. 15 % objekty s výškou > 15 m	0,233	1,00
V.	Hornatý a více členitý terén	Individuálně	

Na území ČR norma doporučuje užívat zejména kategorie terénu II. III. a IV.

Střední tlak větru v referenční výšce h nad zemí se následně stanoví podle rovnice (3-2).

$$q_h = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_h^2 \quad (3-2)$$

kde je:

V_h střední rychlost větru ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
 ρ hustota vzduchu ($1,25 \text{ kg/m}^3$)

Ze středního tlaku větru se rovnicí (3-3) stanoví intenzita turbulence v referenční výšce h .

$$I_v = \frac{1}{c_0 \cdot \ln \frac{h}{z_0}} \quad (3-3)$$

kde je:

c_0 součinitel orografie (-)
 h referenční výška (m)
 z_0 parametr drsnosti terénu (-)

Maximální tlak větru v referenční výšce h , vč. intenzity turbulence I_v , je dán rovnicí (3-4).

$$q_p = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot q_h \quad (3-4)$$

Podle rovnice (3-5) se stanoví síla větru na libovolnou složku vedení. Součinitele rovnice se stanoví ze vztahů uvedených v normě PNE 33 3301.

$$Q_{Wx} = q_p \cdot G_x \cdot C_x \cdot A_x \quad (3-5)$$

kde je:

G_x součinitel konstrukce pro uvažovanou složku (-)
 C_x součinitel aerodynamického odporu, dle tvaru uvažované složky vedení (-)
 A_x průmět plochy uvažované složky vedení do roviny kolmé na směr větru (-)

Složky síly působící na podpěrný bod vyvozené působením větru na vodiče vedení ve dvou sousedních úsecích vyjadřují obecně rovnice (3-6) a (3-7).

Složka síly působící ve směru konzoly:

$$Q_{Wc_v} = q_p \cdot G_c \cdot C_c d \cdot \left[\pm \frac{L_1}{2} \cos^2 \left(\phi + \frac{\theta_1}{2} \right) \cos \left(\frac{\theta_1}{2} \right) + \frac{L_2}{2} \cos^2 \left(\phi - \frac{\theta_2}{2} \right) \cos \left(\frac{\theta_1}{2} \right) \right] \quad (3-6)$$

Složka síly působící kolmo na konzolu:

$$Q_{Wc_U} = q_p \cdot G_c \cdot C_c d \cdot \left[\pm \frac{L_1}{2} \cos^2 \left(\phi + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \left(\frac{\theta_1}{2} \right) - \frac{L_2}{2} \cos^2 \left(\phi - \frac{\theta_2}{2} \right) \sin \left(\frac{\theta_1}{2} \right) \right] \quad (3-7)$$

kde je:

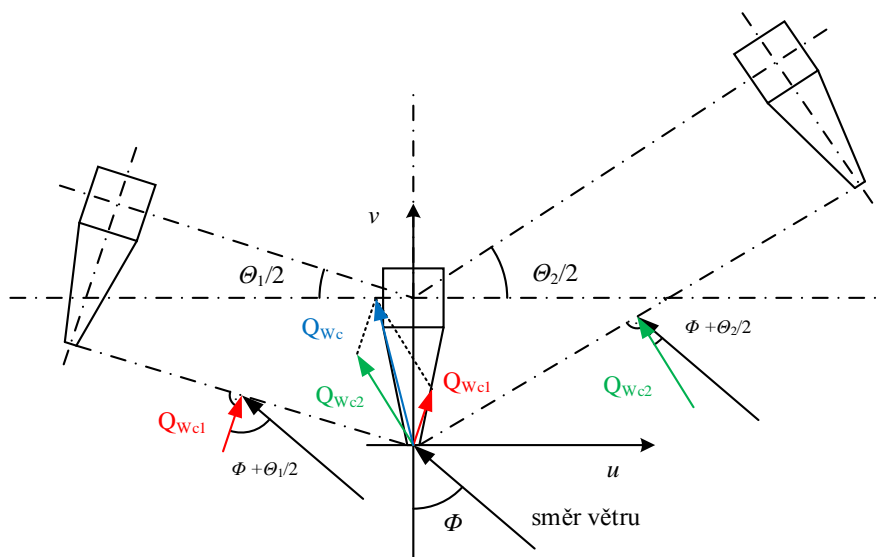
q_p maximální tlak větru dle rovnice (3-4) (Pa)
 h referenční výška vodiče (m)
 G_c součinitel konstrukce pro vodič (-)
 C_c součinitel aerodynamického odporu pro vodič (-)
 d průměr vodiče (m)
 L_1, L_2 délky sousedních dvou rozpětí (m)
 Φ úhel mezi směrem větru a podélnou osou konzoly ($^\circ$)
 θ_1, θ_2 úhel změny směru trasy ($^\circ$)

Sílu větru působící na příhradový stožár lze stanovit z rovnice (3-8).

$$Q_{Wt} = q_p \cdot G_t \cdot C_t \cdot A_t \quad (3-8)$$

kde je:

- q_p maximální tlak větru dle rovnice (3-4) (Pa)
- G_t součinitel konstrukce pro stožáry ($G_t = 0,9$) (-)
- C_t součinitel aerodynamického odporu pro stožár (-)



Obrázek 3: Síly větru na vodiče – obecný případ
(Zdroj: vlastní zpracování dle: [26])

Sílu větru na sloupy (ocelové, betonové, dřevěné apod.) je možné stanovit dle rovnice (3-9).

$$Q_{Wpol} = q_p \cdot G_{pol} \cdot C_{pol} \cdot A_{pol} \quad (3-9)$$

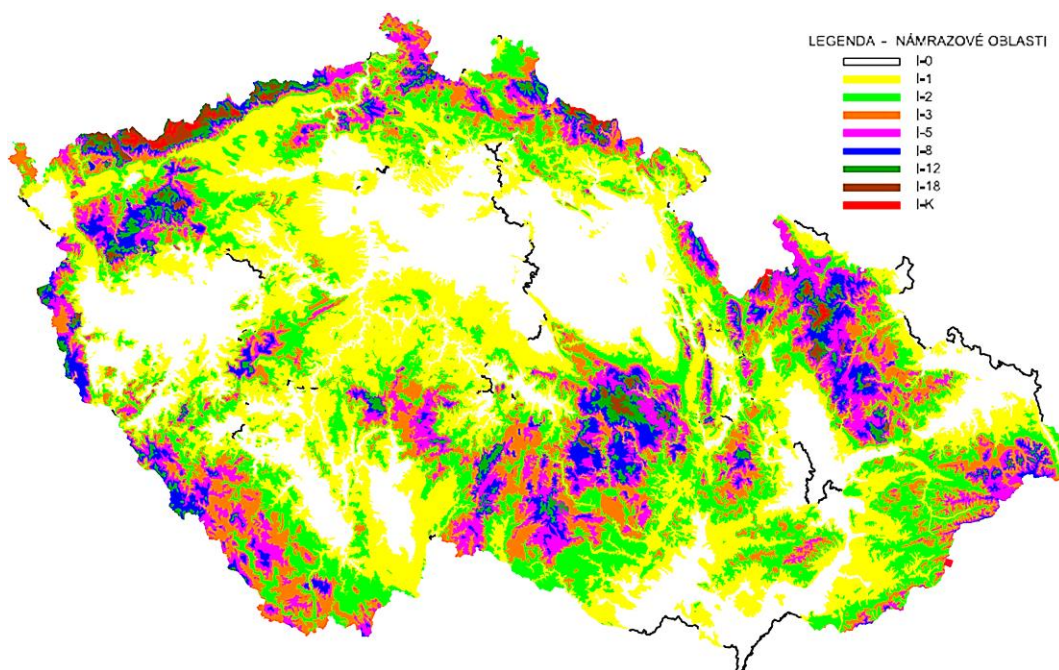
kde je:

- q_p maximální tlak větru dle rovnice (3-4) (Pa)
- G_{pol} součinitel konstrukce pro sloupy ($G_t = 0,9$) (-)
- C_{pol} součinitel aerodynamického odporu pro sloupy (-)

3.1.2 Zatížení námrazou

Stejně jako zatížení větrem se i zatížení námrazou stanovuje na základě postupu uvedeného v normě PNE 33 3301. Zatížení předpokládá vznik námrazy z oblačnosti ve formě těžké jinovatky o hustotě $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ při referenční teplotě $-5 \text{ }^\circ\text{C}$. Při stanovení zatížení námrazou se vychází z „Mapy námrazových oblastí ČR“ tvořící normativní přílohu S/CZ Národních normativních aspektů ČR uvedených v normě ČSN EN 50341-2-19 (Obrázek 4), viz kapitola 2.6.1 věnující se legislativě. Mapa, která je přílohou této normy, je v měřítku 1:1 000 000. Mapy námrazových oblastí v měřítku 1:50 000, jež jsou podrobnější, jsou ve správě EGÚ Brno, a.s.

U vedení, u nichž je předpoklad budoucího aktivního odstraňování námrazy např. vyhříváním a stíráním, je možné dle normy navrhované zatížení námrazou úměrně snížit. Rovněž norma zanedbává zatížení podpěrných bodů a izolátorových závěsů námrazou. Naopak však uvažuje působení námrazy vzniklé na leteckých bojích, a to jako ekvivalent námrazy vzniklé na vodiči o průměru 30 mm s parametry odpovídající dané oblasti. [26]



Obrázek 4: Mapa námrazových oblastí ČR (Zdroj: [15])

Zatížení extrémní námrazou s dobou návratu 50 let se určí z rovnice (3-10):

$$I_{50} = K_{Ic} \cdot K_h(h) \cdot I_{R50} \quad (3-10)$$

kde je:

I_{R50} referenční zatížení námrazou viz Tabulka 5 (N/m)

K_{Ic} součinitel místních podmínek pro zatížení námrazou ($K_{Ic} = 1$) (-)

$K_h(h)$ součinitel výšky pro zatížení námrazou ($K_h = 1$) (-)

Na základě dlouhodobých zkušeností provozovatele DS v konkrétní vymezené oblasti může součinitel místních podmínek a součinitel výšky pro zatížení nabývat i jiných hodnot než = 1.

Zatížení vodičů námrazou se stanoví podle rovnice (3-11).

$$Q_I = I_{d1} \cdot L_{W1} + I_{d2} + L_{W2} \quad (3-11)$$

kde je:

I_{d1} a I_{d2} zatížení námrazou na jednotku délky v přilehlých rozpětích (N/m)

L_{W1} a L_{W2} jsou délky váhového rozpětí přilehlých rozpětí v rovinatém terénu do sklonů 30° postačí uvažovat polovinu přilehlých rozpětí (m)

Tabulka 5: Referenční zatížení námrazou dle průměru vodiče (Zdroj: [26])

Námrazová oblast	$d \leq 30$ mm	$d > 30$ mm
□ I-0	1,064 + 0,1280 d	3,963 + 0,0314 d
■ I-1	3,175 + 0,2212 d	8,515 + 0,0432 d
■ I-2	8,861 + 0,3653 d	17,53 + 0,070 d
■ I-3	15,00 + 0,481 d	25,46 + 0,132 d
■ I-5	29,00 + 0,668 d	43,84 + 0,174 d
■ I-8	51,70 + 0,893 d	73,89 + 0,153 d
■ I-12	83,66 + 1,135 d	107,8 + 0,330 d
■ I-18	133,53 + 1,435 d	176,58
■ I-K	stanoví se individuálně případ od případu	

3.1.3 Kombinace zatížení větrem a námrazou

Pokud není v PS uvedeno jinak, je uvažována pouze kombinace zatížení námrazou I_{50} spolu se zatížením uvažujícím 50% rychlost větru V_{IH} podle uvažované úrovně spolehlivosti Y_w . Uvažování kombinace zatížení námrazou a větrem reflektuje zejména změnu průřezu a hmotnosti vodiče v důsledku tvorby námrazy, z čehož plynou i jiné účinky působení zatížení větrem. U PB a izolátorových závěsů se zvětšení jejich plochy v důsledku působení námrazy neuvažuje. Proces výpočtu je obdobný stanovení dílčího zatížení větrem a námrazou. Nejdříve se podle rovnice (3-12) stanoví dynamický tlak větru spojený námrazou. [26]

$$q_{Ih}(h) = 0,5 \cdot \rho \cdot V_{Ih}^2 \quad (3-12)$$

kde je:

ρ hustota vzduchu (kg/m^3)
 V_{Ih} střední rychlost větru v referenční výšce nad terénem (m/s)

Maximální tlak větru s uvažováním turbulence se stanoví z rovnice (3-13).

$$q_{Ip}(h) = [1 + 7 \cdot I_v(h)] \cdot q_{Ih}(h) \quad (3-13)$$

kde je:

$q_m(h)$ střední tlak větru (Pa)
 $I_v(h)$ intenzita turbulence (N/m)

Námraza na vodiči změni jeho průměr. Tento nový – ekvivalentní průměr se stanoví podle rovnice (3-14).

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4I}{g \cdot \pi \cdot \rho_I}} \quad (3-14)$$

kde je:

d původní průměr vodiče (m)
 I zatížení námrazou na jednotku délky vodiče (N/m)
 g gravitační zrychlení $g = 9,81$ (m/s^2)
 ρ_I hustota námrazy $\rho_I = 500$ (kg/m^3)

Zatížení podpěrného bodu silou větru působícího na vodiče pokryté námrazou se pak stanoví podle rovnice (3-15) a (3-16), obdobně jako při uvažování pouze zatížení větrem.

Složka síly působící ve směru konzoly:

$$Q_{WIC_v} = q_{Ip} G_c \cdot C_{IC} D \cdot \left[\pm \frac{L_1}{2} \cos^2 \left(\phi + \frac{\theta_1}{2} \right) \cos \left(\frac{\theta_1}{2} \right) + \frac{L_2}{2} \cos^2 \left(\phi - \frac{\theta_2}{2} \right) \cos \left(\frac{\theta_1}{2} \right) \right] \quad (3-15)$$

Složka síly působící kolmo na konzolu:

$$Q_{WIC_u} = q_{Ip} G_c \cdot C_{IC} D \cdot \left[\pm \frac{L_1}{2} \cos^2 \left(\phi + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \left(\frac{\theta_1}{2} \right) - \frac{L_2}{2} \cos^2 \left(\phi - \frac{\theta_2}{2} \right) \sin \left(\frac{\theta_1}{2} \right) \right] \quad (3-16)$$

kde je:

q_{Ip} maximální tlak větru při uvažování námrazy dle rovnice (3-13) (Pa),
 h referenční výška vodiče (m),
 G_c součinitel konstrukce pro vodič (-),
 C_{IC} součinitel aerodynamického odporu pro vodič (-),

D	ekvivalentní průměr vodiče (m),
L_1, L_2	délky sousedních dvou rozpětí (m),
Φ	úhel mezi směrem větru a podélnou osou konzoly ($^\circ$),
Θ_1, Θ_2	úhel změny směru trasy ($^\circ$) [26].

3.1.4 Zabezpečovací zatížení

Za účelem zamezení kaskádového šíření poruch mechanické povahy na venkovních vedeních se část PB daného vedení dimenzuje na vyšší návrhové hodnoty. Jedná se o PB s výztužnou funkcí. Norma PNE 33 3301 definuje tzv. zabezpečovací zatížení a zabezpečovací stavy, které slouží pro kontrolu schopnosti těchto PB plnit výztužnou funkci. Zabezpečovací stavy jsou definovány jako:

- **Podélná zatížení** – působí na všechny PB současně. Je uvažováno jako nesouměrné zatížení PB vyvolané tahy vodičů v rozpětí v jednom směru od PB a fiktivního zatížení tíhou vodičů ve směru druhém. Na účinky podélného zatížení se kontrolují jak PB s výztužnou, tak bez výztužné funkce. U PB bez výztužné funkce se uvažuje fiktivní jednostranné přetížení při teplotě $-5\text{ }^\circ\text{C}$. Pro rozpětí s délkou mezi výztužnými PB kratší než 3 km není třeba podélné zatížení ověřovat. U PB s výztužnou funkcí je uvažováno uvolnění všech vodičů strany, kde jejich uvolnění vede k vyššímu namáhání. Uvažuje se teplota $-5\text{ }^\circ\text{C}$, bezvětří a přítomnost námrazy redukované na 50 %. [26]
- **Torzní zatížení** – uvažuje uvolnění jednoho lana venkovního vedení (konkrétně toho, které vlivem svého uvolnění způsobí nejvyšší zatížení PB). Zatížení PB a tahy zbývajících vodičů se ověřují při teplotě $-5\text{ }^\circ\text{C}$ při bezvětří a námraze redukované na 40 % původní hodnoty ($I_s = 0,4 \cdot I_{50}$). Torzní zatížení není nutné ověřovat je-li délka mezi dvěma výztužnými PB kratší než 3 km a je-li zároveň vyložení konzol menší než 1,5 m.

3.2 Mezní stavy

V případě špatného návrhu vedení, změny provozních podmínek nebo jiných nepříznivých okolností může dojít k překročení tzv. mezních stavů vedení. [26] Tyto stavy jsou normou PNE 33 3301 definovány jako:

- **Mezní stav únosnosti** – vyjadřuje mezní stav vyvolaný provozními poruchami, jakými mohou být deformace PB a obdobné konstrukční poruchy způsobené nadměrným přetvořením, ztrátou stability, přetržením vodiče, vybočením z trasy apod. Jedná se o stavy, které předcházejí zhroucení konstrukce.
- **Mezní stav použitelnosti** – je dán stavy, při kterých vedení již nadále nespĺňuje definované provozní požadavky. Tyto požadavky se týkají zejména mechanické funkčnosti podpěrných bodů, základů, vodičů a výzbroje a elektrické vzdálenosti. Mezi tyto stavy typicky patří deformace a vychýlení (dočasné i trvalé) mající vliv na vzhled a využití PB a dále poškození mající nepříznivý vliv na funkčnost nebo trvanlivost vedení.

3.3 Teplota vodiče

Pro potřeby navrhování venkovních vedení od 1 kV do 45 kV stanovuje norma PNE 33 3301 referenční teplotu -5 °C . Projekt s návrhem venkovního vedení musí obsahovat vyjádření tahu v každém z vodičů při této teplotě bez vlivu dalších zatížení. Pro různé návrhové situace se uvažují následující teploty:

- a) minimální teploty bez dalších klimatických zatížení:
- Mezní stav použitelnosti: -30 °C
 - Mezní stav únosnosti:
 - úroveň spolehlivosti 1: -30 °C
 - úroveň spolehlivosti 2: -35 °C
 - úroveň spolehlivosti 3: -40 °C
- b) minimální teploty při uvažování působení klimatických zatížení:
- zatížení větrem: -5 °C
 - zatížení námrazou -5 °C
 - kombinované zatížení -5 °C

3.4 Výpočet mechaniky venkovního vedení

Pro účely výpočtu mechaniky venkovního vedení je nutné popsat reálný zavěšený vodič odpovídající matematickou rovnicí. Křivka, kterou zavěšený vodič vykresluje, blízce odpovídá parabole a je tak možné ji matematicky popsat rovnicí paraboly. Nahrazení vodiče parabolou však vychází z předpokladu, že tíha elementu vodiče je stálá a je rovnoměrně rozložena podél spojnice mezi místy zavěšení vodiče. Ve skutečnosti však její rozložení není rovnoměrné podél spojnice závěsných bodů, ale podél celé délky vodiče mezi těmito body. Platí tedy $dl \cdot g = \text{konst.}$ Grafickou demonstraci obou průhybových křivek znázorňuje Obrázek 5. Při respektování tohoto předpokladu je pak průhybová křivka vyjádřena rovnicí řetězovky. Skutečnosti nejvíce odpovídá popis křivky vodiče rovnicí tzv. pružné řetězovky, kdy uvažujeme, že tíha elementu vodiče není stálá, jako v obou předešlých rovnicích, ale závisí na jeho protažení. Pro praktické výpočty se však rovnice pružné řetězovky nepoužívá.

Rovnice (3-17) je rovnicí paraboly a vychází z podmínky rovnováhy sil a momentů v ose y .

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot c} \quad (3-17)$$

kde je:

- x vzdálenost v ose x (m), $x = a/2 - e$,
 c parametr křivky (-).

Rovnice (3-18) popisuje průhybovou křivku řetězovkou. Je vyjádřením rovnováhy sil a momentů v bodě ležícím na elementu délky vodiče dl . Na rozdíl od paraboly je nutné tento předpoklad řešit v obou rovinách y i x , jelikož element délky nabývá velikosti v obou z nich.

$$y = c \cdot \cosh \frac{x}{c} \quad (3-18)$$

kde je:

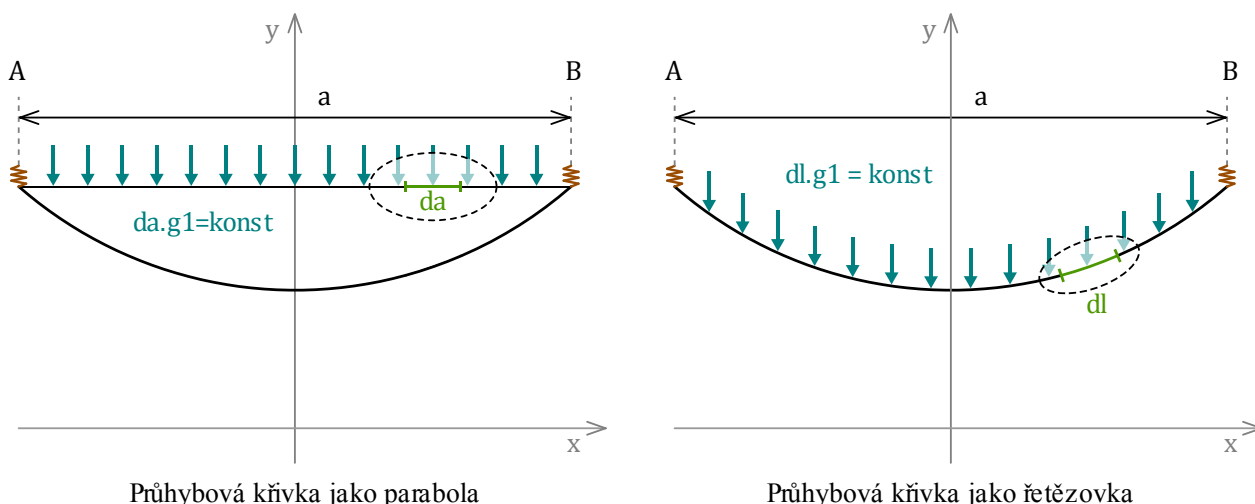
- x vzdálenost o bodu zavěšení vodiče (m), $x = a/2 - e$,
 c parametr křivky (-).

Parametr křivky c se stanoví na základě mechanických vlastností vodiče podle rovnice (3-19).

$$c = \frac{\sigma_H}{\gamma \cdot z} \quad (3-19)$$

kde je:

- σ_H horizontální napětí ve vrcholu křivky (MPa),
- γ měrná tíha vodiče ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{m}^{-1}$),
- z přetížení vodiče námrazou, větrem, nebo kombinované .



Obrázek 5: Znárodnění průhybové křivky (Zdroj: vlastní zpracování dle [5])

Cílem výpočtu je nejčastěji zjištění průhybu vodiče, potažmo výšky vodiče nad terénem, a také zjištění průhybu v libovolném bodě průhybové křivky za účelem stanovení namáhání vodiče a závěsných bodů. Výpočet maximálního průhybu pro parabolu popisuje rovnice (3-20), pro řetězovku pak rovnice (3-21). Vzdálenosti a mechanická namáhání na souměrném závěsu znázorňuje Obrázek 6.

$$f_m = \frac{a^2}{8c} \quad (3-20)$$

$$f_m = c \cdot \left(\cosh \frac{a}{2c} - 1 \right) \quad (3-21)$$

kde je:

- a rozpětí mezi dvěma body zavěšení vodiče (m),
- c parametr křivky (-).

Průhyb v libovolném bodě křivky je pak možné stanovit dle rovnice (3-22) pro parabolu a dle rovnice (3-23) pro řetězovku.

$$f_x = \frac{e \cdot (a - e)}{2c} \quad (3-22)$$

$$f_x = c \cdot \left(\cosh \frac{a}{2c} - \cosh \frac{a - 2e}{2c} \right) \quad (3-23)$$

kde je:

- a rozpětí mezi body zavěšení vodiče (m),
- c parametr křivky (-),
- e vzdálenost mezi bodem zavěšení a zkoumaným místem (m).

Délka křivky se stanoví na základě rovnice (3-24) pro parabolu a rovnice (3-25) pro řetězovku.

$$l_s = a + \frac{a^3}{24c^2} \quad (3-24)$$

$$l_s = 2c \cdot \sinh \frac{a}{2c} \quad (3-25)$$

kde je:

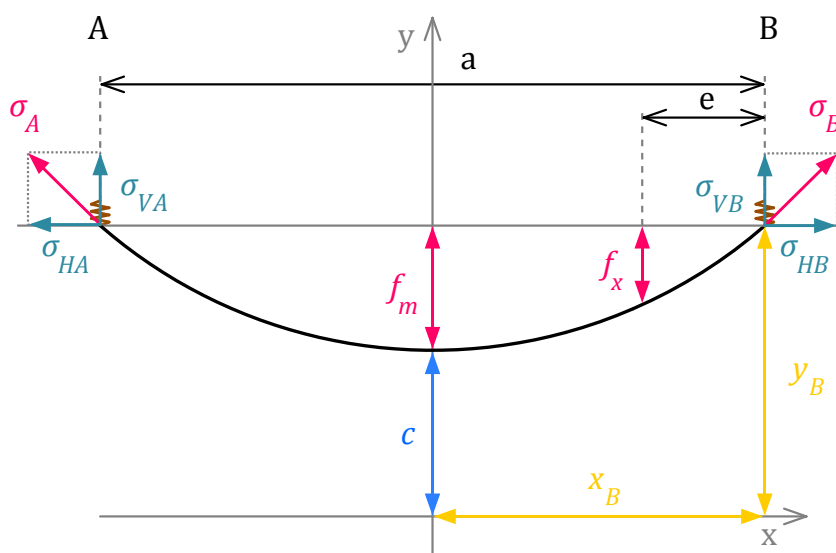
- a rozpětí mezi body zavěšení vodiče (m),
 c parametr křivky (-).

Celkové mechanické napětí ve vodiči se stanoví podle rovnice pro rovnice (3-26).

$$\sigma_B = \sigma_H \cdot \left(\frac{f_m}{c} + 1 \right) \quad (3-26)$$

kde je:

- f_m maximální průhyb (m),
 c parametr křivky (-),
 σ_H horizontální napětí ve vrcholu křivky (MPa).



Obrázek 6: Souměrný závěs (Zdroj: vlastní zpracování dle [5])

3.5 Stanovení elektrických vzdáleností

Nedodržení dostatečných elektrických vzdáleností mezi jednotlivými částmi venkovního vedení může vyústit ke vzniku elektrického oblouku, zkratu, nebezpečného napěťového potenciálu a dalších nežádoucích účinků majících za následek škody na zdraví a majetku. Nejkratší vzájemné vzdálenosti byly stanoveny empirickou metodou na základě dlouhodobých provozních zkušeností. Tyto vzdálenosti popisuje Tabulka 6. Jsou platné pro nadmořské výšky do 1 000 m. n. m a holé vodiče. Pro vyšší polohy je nutné vzdálenost zvětšit o 1 % na každý metr nad 1 000 m. n. m. Norma definuje dvě elektrické vzdálenosti – D_{el} a D_{pp} . D_{el} je vzdálenost mezi fázovými vodiči a předmětem na potenciálu země (stožár, konzola, KZL a také samotný terén – země). D_{pp} je pak vzdálenost mezi fázovými vodiči stejného, nebo i jiného vedení. Rozlišovány jsou dále tzv. vnitřní vzdálenosti, které určujeme na technologii dané linky (např. stožár, konzoly, vodiče dané linky), a vzdálenosti vnější, jež jsou určovány mezi objekty mimo zkoumanou technologii (vodiče jiných vedení, země a další). Cílem vymezení vnějších vzdáleností je zejména zabránit vzniku škod a úrazu

el. proudem u osob nacházejících se v blízkosti silového vedení nebo na něm provádějících údržbu. Za tímto účelem jsou normou PNE 33 3301 samostatně definovány vnější vzdálenosti vodičů od země (viz Tabulka 7), porostů, komunikací, budov, železnic, tramvajových, trolejbusových, lanových drah a dalších objektů. Ověření těchto vzdáleností je tak klíčovým krokem při navrhování venkovních vedení (nejenom) hladiny VN [26].

Tabulka 6: Nejkratší vnitřní a vnější vzdálenosti (Zdroj: [26])

Nejvyšší napětí sítě U_s (kV)	Vnitřní vzdálenosti		Vnější vzdálenosti	
	D_{el} (m)	D_{pp} (m)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
25,0	0,23	0,26	0,60	0,70
38,5	0,38	0,45	0,60	0,70

Tabulka 7: Vnější vzdálenosti od země (Zdroj: [26])

Zatěžovací stav	Vzdálenost k zemi ve volné krajině (m)					
	Běžný terénní profil			Skalní stěna / strmý svah		
	B	C	I	B	C	I
Nejvyšší teplota vodiče	6,0	6,0	5,6	3,0	3,0	3,0
Extrémní zatížení námrazou	6,0	6,0	5,6	3,0	3,0	2,5
Jmenovité zatížení větrem	6,0	6,0	5,6	3,0	3,0	2,5
Zatížení větrem a námrazou	6,0	6,0	5,6	3,0	3,0	2,5

Pozn.: B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní kabely, nebo optické kabely

Pro stanovení a ověření elektrických vzdáleností jsou normou PNE 33 3301 definovány následující zatěžovací stavy:

1) Nejvyšší navrhovaná teplota vodičů:

- + 60 °C pro fázové vodiče,
- + 40 °C pro zemnicí lana a vodiče nepřenášející provozní proud (není-li uvedeno jinak),
- - 30 °C bez námrazy a větru pro kontrolu vnitřních vzdáleností na PB a podchodů.

2) Zatížení větrem:

- bezvětrí (kontrolovány jsou jiné vlivy – zejména max. teplota, nebo max. námraza),
- jmenovité zatížení větrem střední 10minutovou rychlostí větru s dobou návratu $T = 3$ roky (0,76 V_h dle tabulky 4.3 normy PNE 33 3301),
- extrémní zatížení větrem střední 10minutovou rychlostí větru s dobou návratu $T = 50$ let (viz hodnoty V_h dle tabulky 4.3 normy PNE 33 3301).

Při výpočtu zatížení je uvažován součinitel konstrukce $G_X = 1$. Pro stanovení minimálních vzdáleností mezi jednotlivými lany (tzv. vnitřní vzdálenosti) se uvažuje s teplotou vodičů +40 °C a -5 °C bez námrazy. Je třeba dodržet minimální vzdálenosti, viz Tabulka 6.

3) Zatížení námrazou

Je uvažováno zatížení rovnoměrnou námrazou s dobou návratu $T = 50$ let při referenční teplotě -5 °C bez účinku zatížení větrem.

4) Kombinované zatížení větrem a námrazou

Je uvažována teplota vodičů - 5 °C, zatížení vodičů rovnoměrnou námrazou s dobou návratu $T = 50$ let a zatížení vodičů jmenovitým větrem. Tento zatěžovací stav se uvažuje pouze pro případy, kdy je průhyb vodiče při zatížení námrazou vyšší než při nejvyšší navrhované teplotě.

4 ROZVOJ DATOVÉ KOMUNIKACE NA HLADINĚ VN

Stávající optické sítě, instalované zejména na hladině VVN a ZVN ve formě KZL, plní především roli technologické sítě dispečerského řízení (TSDŘ). V důsledku postupných změn v energetice, jimiž jsou zejména nově vznikající sítě smart-grids a příchod elektromobility, vyvstává potřeba datového pokrytí i nově dotčené hladiny VN. Řešení těchto změn je předmětem plánů koncepčního rozvoje jednotlivých provozovatelů distribuční soustavy [27] - [28], Národního akčního plánu pro Smart-Grids (NAP SG) [29] a také Státní energetické koncepce (SEK). [30]

4.1 Státní energetická koncepce

Státní energetická koncepce (SEK) je dokument, jenž stanovuje cíle a priority v hospodaření státu v energetickém hospodářství v 30letém horizontu. Tato koncepce byla schválena vládou v březnu roku 2004 a je součástí §3 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. [30]

V únoru roku 2010 byla SEK aktualizována. Nově jsou její součástí pasáže věnující se inteligentním sítím (smart-grids) ve dvou částech. První část se věnuje zákazníkům spolu s měřeními jejich spotřeby a druhá pak řízení sítě. O vznikajících nárocích na datovou síť DS pojednává např. článek č. 4 kap. 4.3 o rozšíření smart grids: „Zajistit do roku 2020 vybavení až 80 % odběrných míst inteligentními měřicími systémy a jejich zapojení do řízení distribučních soustav na podkladě zpracované studie ekonomických dopadů do regulované složky ceny.“ Článek č. 9 kap. 4.5 pak pojednává o „zajištění implementace systémů inteligentních sítí a decentralizovaného řízení umožňující dálkové řízení všech zdrojů nad 1 MW a významné části spotřeby (až 80 %) do roku 2020“. [30]

Poslední významná aktualizace SEK proběhla roku 2015. Její článek č. 3 kap. 4.3: „Priorita III – Strategie do roku 2040“ zmiňuje potřebu „zajistit do roku 2030 v distribučních soustavách obnovu a rozvoj prostředků pro dálkové řízení spotřeby, distribuované výroby a akumulace energie na bázi principů inteligentní sítě a inteligentního měření“. Dílčím cílem „Ak.5.“ Rozvoje distribuční soustavy je pak „provést obnovu a rozvoj distribuční sítě, zajišťující udržení bezpečnosti a spolehlivosti DS“. [31]

Obsah státní energetické koncepce, zejména v pozdějších aktualizacích, tak potvrzuje potřebu rozvíjet datové sítě i v odběrných místech – tedy včetně hladiny VN.

4.2 Národní akční plán

Národní akční plán pro chytré sítě (NAP SG) je dokument vytvořený na základě usnesení vlády České republiky ze dne 4. března 2015. Usnesením vlády byla ministerstvu průmyslu a obchodu uložena povinnost předložit vládě České republiky návrh aktualizace NAP SG do 31. prosince 2019. [29]

V kontextu datové komunikace v energetických sítích pojednává kapitola 4.4 NAP SG o digitalizaci elektroenergetických sítí za účelem „řízení provozu přenosové a distribuční soustavy; dálkového ovládní; měření a signalizace; zavedení automatizačních funkcí a nových generací ochrany“. Dále kapitola zmiňuje nově vzniklé nároky na provozovatele PS a DS způsobené integrací prostředků digitalizace elektroenergetických sítí: „Klíčovou roli při integraci komponent digitální infrastruktury s tradičními fyzickými prvky elektrizační soustavy hrají provozovatelé přenosové a distribuční soustavy.“ Kapitola 4.5 pak popisuje nové nároky na dispečerské řízení a nutnost dodržení kyberbezpečnosti u nově zavedených prvků řízení: „Významné změny a rozvoj úrovně dispečerského řízení znamenají také významné změny a rozvoj v oblastech dispečerské řídicí

techniky, nové požadavky na provozní měření, dálkové ovládání, automatizační techniku a přenosy dat a informací. Nově rozvíjející se oblastí je kybernetická bezpečnost systémů dispečerského řízení elektrizační soustavy.“ Bod 18 kapitoly 7, věnující se projektům, pak přímo definuje podpůrný projekt „Rozvoj a výstavba optické a telekomunikační infrastruktury“. Cílem tohoto projektu je: „Zajistit podmínky pro vytvoření rychlé, robustní a spolehlivé telekomunikační infrastruktury do všech úrovní sítí a vypracovat rámcový plán připojování DTS k optické telekomunikační síti.“ [29]

4.3 Plán rozvoje EG.D, a. s.

V rámci dlouhodobé „Strategie rozvoje smart grids“ distribuční společnost EG.D, a.s. zahájila roku 2017 realizaci výstavby základního pilíře těchto sítí – komunikační infrastruktury založené na optických datových sítích. Rozvoj chytrých sítí také reaguje na Aktualizovanou státní energetickou koncepci. Kromě výstavby a posílení páteřní optické sítě na hladině VVN formou KZL počítá koncepce s vybudováním nové přístupové optické sítě s max. využitím stávající distribuční infrastruktury, zejména hlavních koridorů venkovních vedení napěťové hladiny VN. Předpokládá se vyzbrojení 317 kmenových vedení s celkovou délkou přibližně 7 000 km samonosným dielektrickým optickým kabelem (SDOK). [27]

Podstatnou novinkou v oblasti distribuce elektrické energie na hladině VN distributora EG.D, a.s. je výstavba distribučních trafostanic typu „K1“. DTS typu K1 rozumíme všechny DTS se dvěma, nebo více vývody VN, jež budou vybaveny dálkově ovládanými spínacími prvky na straně VN. Taková DTS pak bude tvořit tzv. přístupové, rozpadové nebo manipulační body v distribuční síti VN. DTS K1 se předpokládají umisťovat u sídelních útvarů nad 500 obyvatel. Měřené veličiny a stavová signalizace provozu DTS K1 budou dálkově přenášeny prostřednictvím nově budovaných optických sítí. Potřebou nových přenosových kapacit pro data distributor řeší důrazem na připravenost nových linek VN na podvěšení vodiče SDOK. [32]

V rámci projektu ACON (Again Connected Networks), jehož podstatou je znovu-propojení stávajících distribučních sítí ČR a SR, připravují distribuční společnosti EG.D, a. s. (za ČR) a Západoslovenská distribuční, a. s. (za SR) vybudování nových distribučních linek spolu s jejich vybavením datovou komunikační infrastrukturou. Pro linky hladiny VN je předpoklad využití optických technologií v podobě KZL a SDOK. [33]

4.4 Plán rozvoje ČEZ Distribuce, a. s.

Obdobný rozvoj předpokládá i koncepce rozvoje společnosti ČEZ Distribuce, a.s. V rámci budování chytrých sítí, nutného posílení řízení soustavy v důsledku rostoucího trendu připojování decentralizované výroby a rozvoje elektromobility, s nímž se očekává nárůst objemu měřených dat, plánuje distributor posílit a vybudovat novou optickou infrastrukturu. Distributor provozuje celkem 236 spínacích stanic VN/VN, z toho 165 dosud nemá zajištěnou žádnou optickou konektivitu. Kromě spojení rozveden 110/22 kV alespoň jednou optickou trasou plánuje propojení i všech spínacích stanic a DTS měst s populací nad 2 500 obyvatel. V důsledku rozvoje rychlé optické konektivity všech klíčových bodů distribuční soustavy bude zajištěno připojení až 70 % ze všech odběrných míst k vysoko-rychlostní datové síti. Obdobně jako distributor EG.D, a. s., plánuje ČEZ Distribuce, a.s. posílit páteřní optickou síť na hladině VVN formou KZL a přístupové optické sítě na hladině VN vyzbrojit samonosnými optickými kabely (SDOK), popř. KZL. [34] Záměrem distributora je za tímto účelem vybudovat 4 000 km nových optických sítí do roku 2025 a navázat s pokračujícím rozvojem pro dalších 3 000 km do roku 2030. [28]

5 OPTICKÉ KABELY NA HLADINĚ VN

Optický kabel je tvořen souborem optických vláken o specifickém počtu. Optické vlákno je světlovod, jímž záření prochází z jednoho konce na druhý. Přenos záření vláknem vychází ze zákona lomu a odrazu světelného paprsku na rozhraní dvou optických prostředí. Je-li úhel dopadu paprsku vyšší než tzv. mezní úhel, dochází k úplnému odrazu paprsku zpět do původního prostředí. Vhodnou volbou úhlu pak dochází pouze k odrazům paprsku a nikoliv lomu – vedení paprsku světlovodem – optickým kabelem. [35]

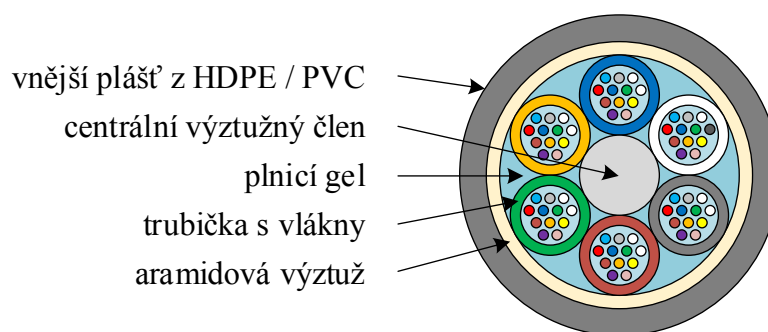
Oproti vodičům metalickým mají dle literatury [35] optické kabely následující výhody:

- Velká šířka přenosového pásma kmitočtů.
- Vysoká přenosová kapacita spolu s vysokou přenosovou rychlostí.
- Elektricky izolované – zajišťují galvanické oddělení a brání zavlečení potenciálu.
- Vysoká úroveň kyberbezpečnosti – komunikaci není možné odposlouchávat.
- Odolnost vůči elektromagnetickému rušení a atmosférickému přepětí.

Naopak mezi nevýhody technologie optických kabelů oproti metalickým patří dle [35]:

- Problematické spojování jednotlivých vláken pramenící z nutnosti používat speciální zařízení určené k jejich svařování a rovněž z nutnosti svařovat každé vlákno zvlášť.
- Vysoké ceny za manipulace s optickým vláknem – zejména spojování a svařování.
- Omezená mechanická odolnost – zejména optických kabelů ve volném prostředí.

Optická vlákna jsou v kabelu uspořádána v geometrii odpovídající typu kabelu. Nejčastěji jsou uspořádána do kruhu kolem centrálního vyztužovacího členu z oceli/aramidu a jsou obklopena vnějším pláštěm, typicky z PVC nebo HDPE. V případě vyššího počtu vláken jsou tato vlákna uspořádána do skupin uložených v samostatných trubičkách z PVC nebo HDPE. Vnější plášť kabelu s vyšším počtem vláken je vyztužen aramidem (neboli Kevlar[®] – registrovaná ochranná známka společnosti DuPont[™]). Vnitřní prostor kabelu je vyplněn plnicím gelem sloužícím zejména proti šíření vody a pro fixaci trubiček. Řez optickým kabelem s vyšším počtem vláken ilustruje Obrázek 7. [35]



Obrázek 7: Řez optickým kabelem
(Zdroj: vlastní zpracování dle: [35])

V oblasti sdělování informací a dat optickou cestou se používají dle literatury [35] dva typy optických vláken v závislosti na tom, kolik světelných paprsků vlákno přenáší:

Jednovidová vlákna

Jednovidová vlákna se používají zejména při přenosu informací na dlouhé vzdálenosti. Jeden paprsek (vid) se ve světlovodu jednovidového vlákna šíří téměř bez odrazů, a to zejména důsledkem velmi malého průměru vlákna 4–10 μm . Jako materiál se používá sklo dotované vhodnými příměsemi. [35]

Mezi hlavní vlastnosti jednovidových vláken patří dle literatury [35]:

- Velmi malý útlum.
- Vysoká šířka pásma.
- Schopnost přenášet vysoký objem informací, jelikož uchovávají vysokou věrnost přenosu.
- Jako zdroj záření se nejčastěji používá laserová dioda s vlnovou délkou nejčastěji v rozmezí 350 až 1 800 nm.
- Oproti mnohovidovým vláknům schopnost přenášet až na 100x větší vzdálenost.

Mnohovidová vlákna

Mnohovidová vlákna se od jednovidových liší zejména vyšším průměrem – 50–2000 μm . Přenosu informací se účastní více paprsků (vidů), jež se odráží od pláště vlákna. Jako materiál se používá sklo nebo plast a jejich kombinace. [35]

Mezi hlavní vlastnosti mnohovidových vláken patří dle literatury [35]:

- Vyšší útlum oproti vláknům jednovidovým.
- Snadnější navazování záření do vlákna – podstatně jednoduší sváry a spoje.
- Možnost použít jako světelné zdroje LED.
- Nižší cena oproti vláknům jednovidovým.

5.1 Kombinované zemnicí lano (KZL)

Kombinovaná zemnicí lana se nejčastěji používají zejména na hladinách VVN a vyšších, na hladinách VN pak pouze výjimečně. Kombinují funkci optického kabelu s jednovidovými vlákny, jež tvoří vnitřní část lana, a zemnicího vodiče v podobě vnějšího opletení dráty ze slitiny AL3 (ocel s povrchovou hliníkovou úpravou). Zemní vodič slouží jako ochrana venkovního vedení před účinky atmosférických přepětí. Výhodou KZL oproti jiným optickým kabelům, zejména samonosným, jsou mechanické vlastnosti velmi podobné vodičům AlFe. Tyto vlastnosti umožňují KZL využít na hladině VN do všech námrazových oblastí, přičemž průhyby a tahy KZL vyvozené přibližně odpovídají lanům AlFe fázových vodičů. Pro hladinu VN se distributorem EG.D, a.s. předpokládají alternativně používat KZL odpovídající lanům primárně určeným pro hladiny VVN a umístěné na příhradových stožárech.

KZL je ke konzole stožáru VN uchyceno příslušným držákem z ocelových profilů a svorkou ze slitiny hliníku. Lano je ve svorce upevněno přes ochrannou spirálu, která ho chrání před utahovacím momentem svorky a také před vibracemi. Ochranná spirála se na lano montuje orientovaná v opačném směru, než je směr stáčení lana. Na jejích koncích se doplňují tlumiče vibrací ze slitiny hliníku. [19]

5.2 Samonosný dielektrický optický kabel (SDOK)

Výraznou odlišností samonosného dielektrického kabelu – SDOK (anglicky All-dielectric self-supporting cable – ADSS) od jiných vodičů venkovního vedení, jsou jeho dielektrické vlastnosti ve spojení se samonosnou schopností. Kabel je konstrukcí podobný standardnímu optickému kabelu, viz Obrázek 7. Rozdíl je zejména v nutnosti zachování jeho dielektrických vlastností, čehož je docíleno nahrazením oceli v centrálním nosném členu aramidem. Kabely jsou standardně vybaveny vlákny blokujícími vodu a vnějším polyethylenovým (PE) pláštěm s vysokou UV stabilitou. Jejich parametry tak umožňují je používat na venkovním vedení VN, a to ve všech námrazových oblastech dle PNE 30 3301. V sítích distributora EG.D, a. s. se používají převážně dva typy kabelu SDOK, a to 48vláknový AT-5BE27DT-048-COAE a 96vláknový AT-5BE27DT-096-COAE. Jejich parametry popisuje Tabulka 8. Řez SDOK obou typů ilustruje Obrázek 8. [19]

Tabulka 8: Parametry SDOK

	AT-5BE27DT-048-COAE [20]	AT-5BE27DT-048-COAE [21]
Počet optických vláken (ks)	48	96
Počet trubiček (ks)	4	8
Průměr kabelu (mm)	15,4	18,0
Zatížení dlouhodobé (kN)	18,00	21,50
Zatížení krátkodobé (kN)	27,78	28,80
Zaručená pevnost (kN)	48,76	53,50
Teplota při montáži (°C)	-5 až +60	-5 až +60
Hmotnost kabelu (kg/km)	180	246
Modul pružnosti (GPa)	14,632	11,48
Součinitel teplotní roztažnosti	0,00000178	0,00000376
Hmotnost kabelu (kg/m)	180	246
Typ optického vlákna	jednovidové	jednovidové



Obrázek 8: Řez SDOK (Zdroj: vlastní zpracování dle: [19])

Naproti KZL a vodičům AlFe má SDOK značně rozdílné mechanické vlastnosti – viz. Tabulka 9. Modul pružnosti, měrná tíha i součinitel tepelné roztažnosti jsou násobně nižší. [36] Tyto mechanické vlastnosti přináší dle zdroje [36] při využívání SDOK následující dopady:

- Vlivem nižšího modulu pružnosti dochází k podstatně vyšším průhybům při zatížení kabelu námrazou.
- Nižší tepelná roztažnost naopak mírní závislost průhybu kabelu na zvyšující se teplotě.
- Nižší měrná tíha vede ke snížení tahů a tím i ke snížení namáhání podpěrných bodů. Naopak však vede ke zvýšení rizika výskytu vibrací při namáhání větrem [36] a také k vyššímu vychýlení vodiče větrem oproti lanům AlFe (viz Tabulka 10). [37]

Tabulka 9: Srovnání mechanických vlastností AlFe, KZL a SDOK (Zdroj: [36])

Mechanický parametr	AlFe 110/22	KZL 48 vláken	SDOK 48 vláken	$\delta_{\text{KZL-AlFe}}$ (%)	$\delta_{\text{SDOK-AlFe}}$ (%)
E (MPa)	77400	93100	14632	-16,86	-81,10
α ($1/^\circ\text{C}$)	1,83E-05	1,80E-05	1,78E-06	1,67	-90,27
γ ($\text{N/m}\cdot\text{mm}^2$)	0,035354	0,041662	0,00948	-15,14	-73,19
m_v (kg/m)	0,477	0,474	0,18	0,63	-62,26
σ_{dov} (MPa)	206,35	100	96,66	106,35	-53,16

Tabulka 10: Srovnání vychylek vodičů pro dané větrové oblasti (Zdroj: [37])

Větrová oblast	AlFe 42/7	AlFe 70/11-1	AlFe 110/22	SDOK 15 mm
I	49,28°	43,83°	34,33°	63,07°
II	55,11°	49,86°	40,16°	67,64°
III	60,25°	55,13°	45,59°	71,23°
IV	64,16°	59,65°	50,54°	74,06°

Ze srovnání mechanických parametrů lana AlFe 110/22, KZL se 48 vlákny a SDOK s 48 vlákny (viz Tabulka 9) je patrné, že kombinovaná zemnicí lana se svými mechanickými parametry od lan typu AlFe odlišují výrazně méně než kabely typu SDOK. Rovněž srovnání vychylek lana/kabelu v dílčích větrových oblastech (viz Tabulka 10) potvrzuje výrazný nárůst vychylyk způsobený výrazně odlišnými mechanickými parametry.

5.2.1 Uchycení SDOK

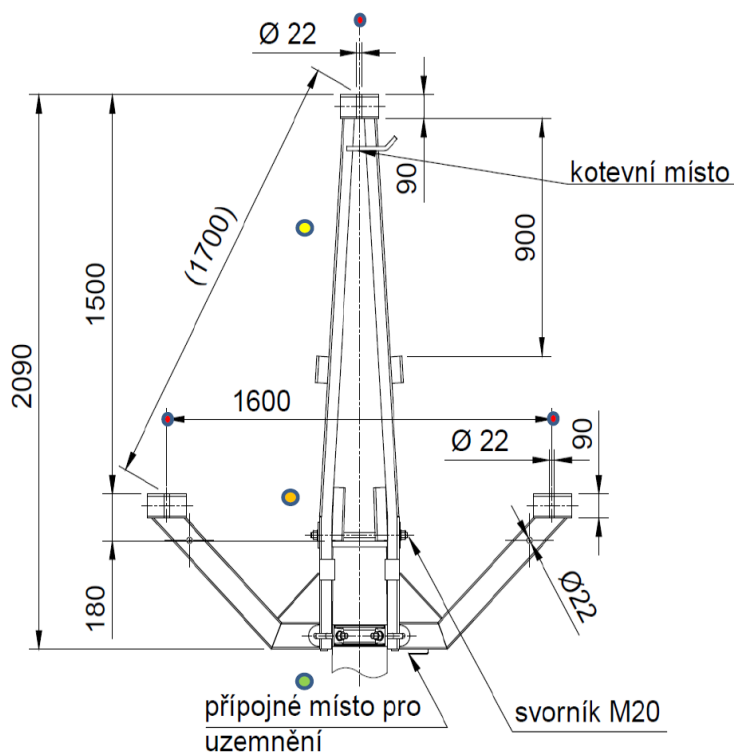
Obdobně jako KZL je i SDOK ke konzole uchycen přes speciální svorku, do které je uložen v ochranné spirále. Mechanické spojení zajišťuje opískování vnitřního povrchu spirály. Přes ochrannou spirálu je SDOK uložen skrze pryžovou vložku v nosné svorce z FeZn pasoviny. V případě kotvení kabelu se využívá kotevní spirála navinutá souvisle na spirálu ochrannou. Pevnost spojení zajišťují zrna nalepená v místě styku obou spirál. Ke konzole je lano kotveno přes uchycení kotevní spirály do kotevní očnice. Pro tlumení a potlačení účinků vibrací, způsobených zejména větrem v oblastech bez stromového porostu, se používají protivibrační spirály. Umisťují se 20 cm od spirály ochranné. [19] Detail koncového závěsu SDOK, sestávajícího z ochranné spirály, na ní instalované spirály kotevní, kotevní očnice a tlumící spirály znázorňuje Obrázek 9.



Obrázek 9: Detail kotevního závěsu SDOK

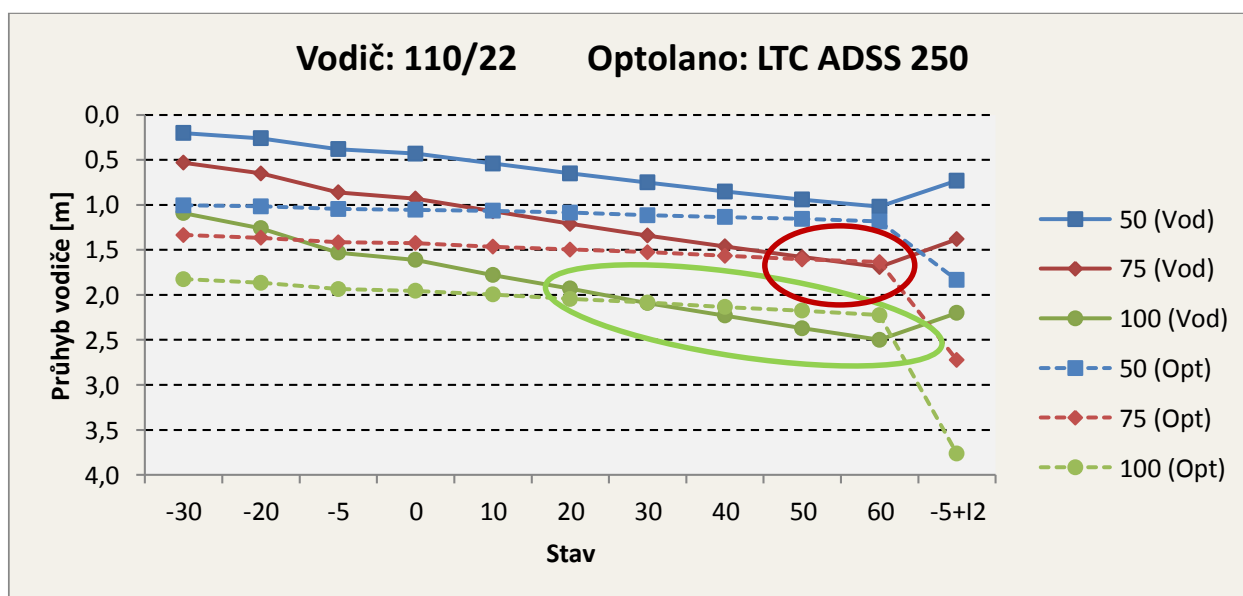
5.2.2 Umístění SDOK

Z uvedených mechanických vlastností je patrné, že problematickým stavem při zavěšení SDOK je zejména značný průhyb v těžkých námrazových oblastech. Nevhodným zavěšením kabelu může snadno dojít k nedodržení minimální výšky nad terénem. Nedodržení výšky se lze vyhnout vhodně zvoleným bodem zavěšení, kdy však musí být zároveň dodrženy minimální vzdálenosti od fázových vodičů. Hledáním vhodného umístění svorek SDOK na existující konzoly typu Pařát III a lehkou rovinnou konzolu se zabývala studie EGÚ Brno z roku 2017. Studie posuzovala několik variant upevnění kabelu přímo na stávajících konzolách nebo na sloupech pod nimi. Jednotlivé varianty upevnění SDOK na konzole Pařát III JB-N, kterou studie posuzovala, znázorňuje Obrázek 10. [36]



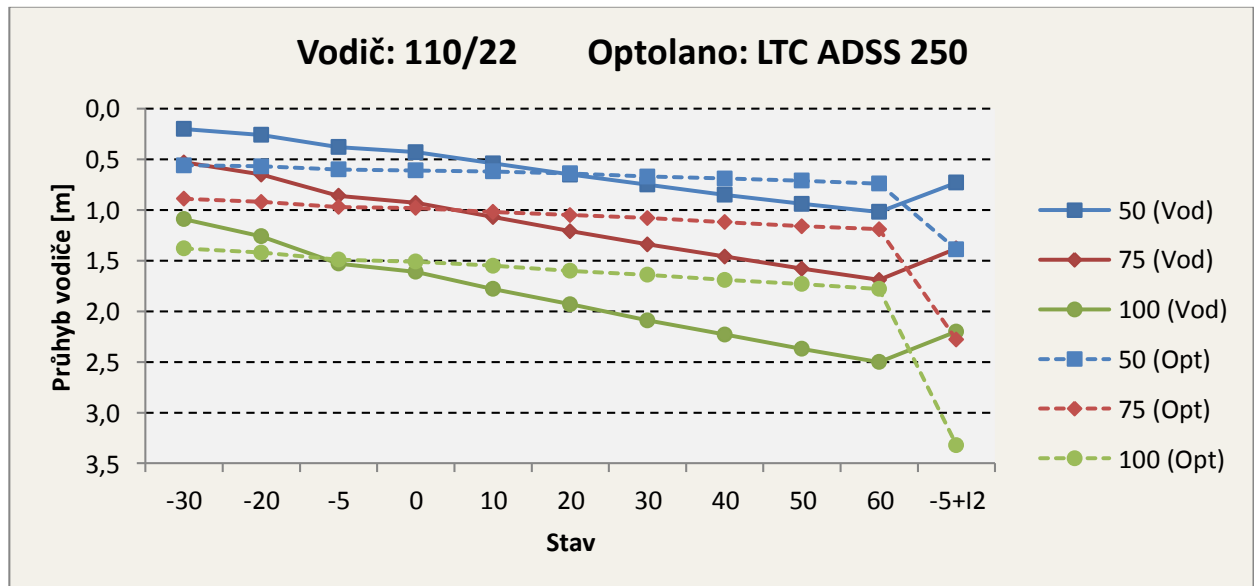
Obrázek 10: Studie EGÚ Brno - možnosti upevnění SDOK
(Zdroj: [36])

Simulaci první varianty (žlutý bod, Obrázek 10) – umístění SDOK uprostřed spojnice mezi horním a spodním lanem venkovního vedení VN – znázorňuje Obrázek 11. Podstatou simulace je ověření průhybu lana AIFe a kabelu SDOK v závislosti na různých provozních podmínkách a při různých rozpětích kotevního úseku. Vzdálenost mezi vodiči AIFe a SDOK je 75 cm. U rozpětí menších než 60 m, na obrázku vykresleno pro 50 m, nedochází k překřížení obou vodičů za žádných provozních podmínek. U vyšších rozpětí, na obrázku vykresleno pro 75 m, již při náročnějších provozních podmínkách – teplotách nad 50 °C – dochází k překřížení (označeno červeným polem). Zejména vlivem působení větru tak může docházet k vzájemným kontaktům obou vodičů. U vyšších rozpětí, na obrázku vykresleno pro 100 m, již dochází k překřížení i při běžných provozních teplotách – přibližně při 25 °C. Tato oblast je na obrázku vyznačena zeleně. Z této simulace plyne, že umístění SDOK na středu vertikální spojnice fázových vodičů VN (žlutý bod, Obrázek 10) je možné použít pouze u kratších rozpětí, a to do 50 m. [37]



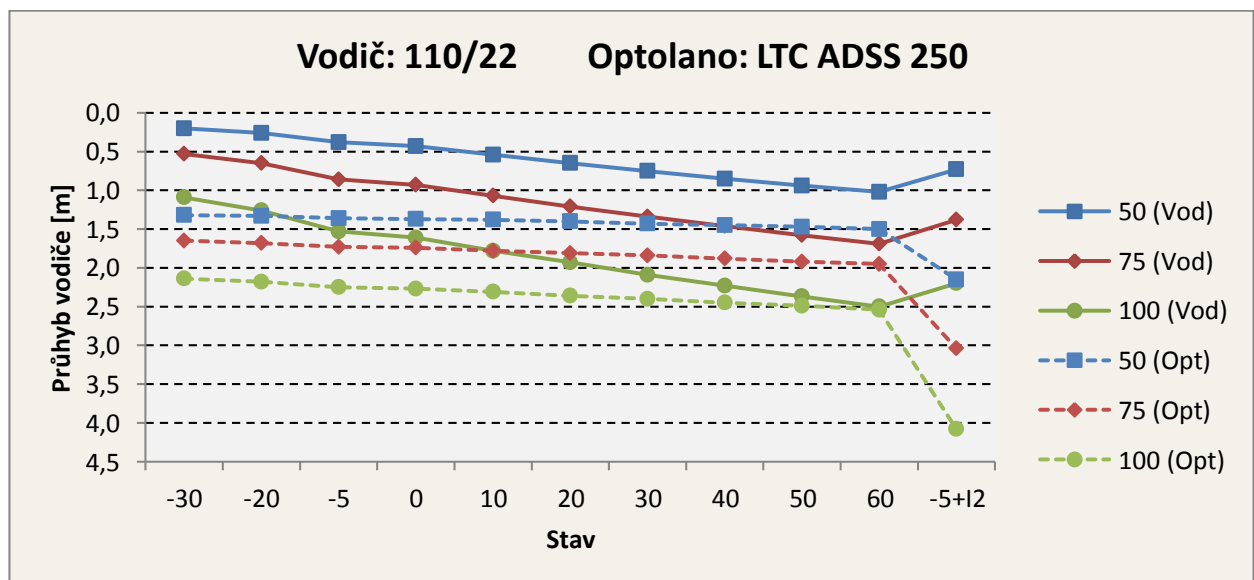
Obrázek 11: Umístění SDOK mezi fázovými vodiči (Zdroj: [36])

Další variantu umístění SDOK (oranžový bod, Obrázek 10) – umístění na úrovni paty krajního izolátoru lana venkovního vedení VN – znázorňuje Obrázek 12. Z výsledků simulace je patrné, že k překřížení lana AIFe a SDOK dochází již od nízkých teplot. Stejně jako v případě předchozí varianty jeho umístění – na středu spojnice horního a spodního lana AIFe – i v tomto případě lze pozorovat negativní působení narůstajícího rozpětí mezi PB. I v případě rozpětí do 50 m však k překřížení dochází již při 15 °C. Varianta zavěšení SDOK na úrovni paty krajního izolátoru je tak nepoužitelná, a to i pro krátká rozpětí. [37]



Obrázek 12: Umístění SDOK na úrovni paty izolátoru (Zdroj: [36])

Poslední variantou, jež studie posuzovala, byla varianta uchycení SDOK pod konzolou – tedy i pod lany venkovního vedení VN (zelený bod, Obrázek 10). Její výsledky znázorňuje Obrázek 14. Vertikální vzdálenost mezi SDOK a krajním vodičem je 1,06 m. Z obrázku je patrné, že ve všech posuzovaných rozpětích kotevního úseku nedošlo, až na jeden případ, k překřížení vodičů. Výjimkou byl pouze případ rozpětí 100 m a působení maximální uvažované teploty 60 °C. Překřížení však lze v těchto případech vyřešit prostou změnou montážní výšky úchytu. Tato varianta je tedy vhodná pro montáž SDOK na posuzovaných konzolách. [37]

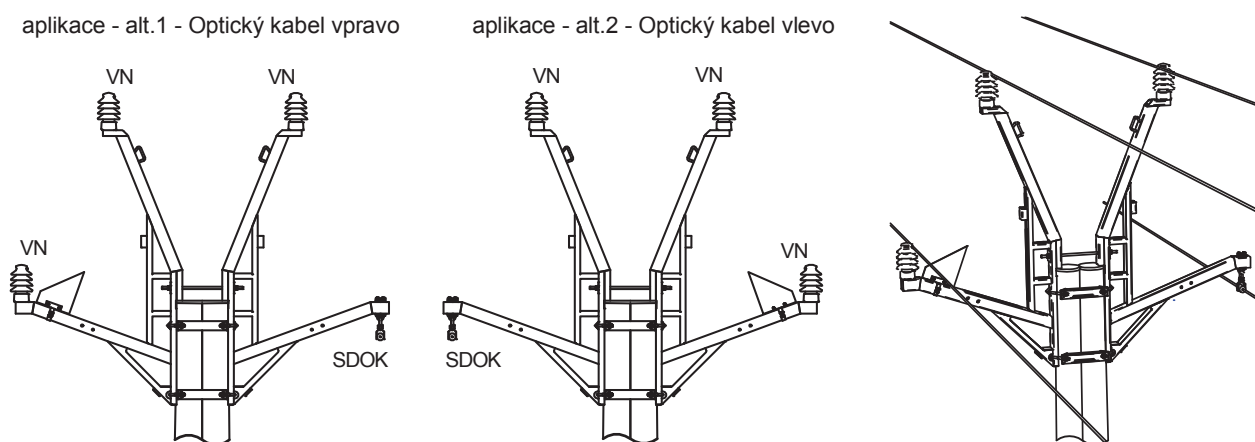


Obrázek 13: Umístění SDOK pod konzolou (Zdroj: [36])

5.2.3 Konzola 4vodič

V nových instalacích nebo v oblastech, kde podvěšení SDOK nevyhoví, je možné využít konzoly „4vodič“ přímo určené pro čtvrté lano v podobě SDOK. Výrobce konzoly je česká společnost ENERGETIKA SERVIS s.r.o. Její podobu ilustruje Obrázek 14. Konzola sestává ze čtyř ramen, z nichž jedno spodní není vybaveno izolátorem, ale svorkou pro uchycení SDOK. Obdobně jako např. konzoly typu Pařát, i konzola 4vodič brání svým tvarem dosedání ptactva na její prvky. Rizikové místo mezi spodním ramenem nesoucím fázový vodič a konzolou samotnou je proti dosedání chráněno plastovým cípem. Nevýhodou konzoly 4vodič je širší vymezení ochranného pásma způsobené větší šířkou konzoly oproti konzole Pařát. [19]

Tento typ konzoly byl poprvé použit roku 2020 v pilotním projektu distributora EG.D, a.s. při modernizaci linky u Lužic na Hodonínsku o délce 4,5 km. Na vývoji konzoly se krom distributorů podíleli i ornitologové spolu s Agenturou ochrany přírody a krajiny. [38]



Obrázek 14: Konzola 4vodič pro SDOK (Zdroj: [39])

5.2.4 Technické vzdálenosti SDOK

Při projektování venkovního vedení s SDOK je nutné kontrolovat dodržení vzdálenosti dané příslušnými normami. Dle literatury [19] se jedná především o tyto vzdálenosti:

1) SDOK od země:

Je stanovena na základě Tabulky 5.6, čl. 5.9.2 normy PNE 33 3301 jako 5 m pro pohyb dopravních prostředků, spolu s 0,6 m D_{el} a 0,4 m jako rezervou. Za každé teploty se tak uvažuje celková vzdálenost od země **6 m**

2) SDOK od vodičů VN a SDOK jiného vlastníka :

Je stanovena Tabulkou 5.17, čl. 5.9.8 normy PNE 33 3301 jako **0,7 m**.

3) SDOK od SDOK stejného vlastníka:

Je dána Tabulkou 5.3 čl. 5.5 normy PNE 33 3301 jako **2x průměr SDOK**.

4) Mezi vodičem VN a SDOK:

Normami ČSN EN 50341, ČSN EN 50423, PNE 33 3300 a PNE 33 3301 nejsou vzdálenosti mezi SDOK a vodiči VN výslovně stanoveny. Podle TNS 19 1610.03 však nesmí vodič VN zavěšený na konzolách Delta, Pařát nebo 4vodič klesnout na, nebo pod úroveň vodiče SDOK.

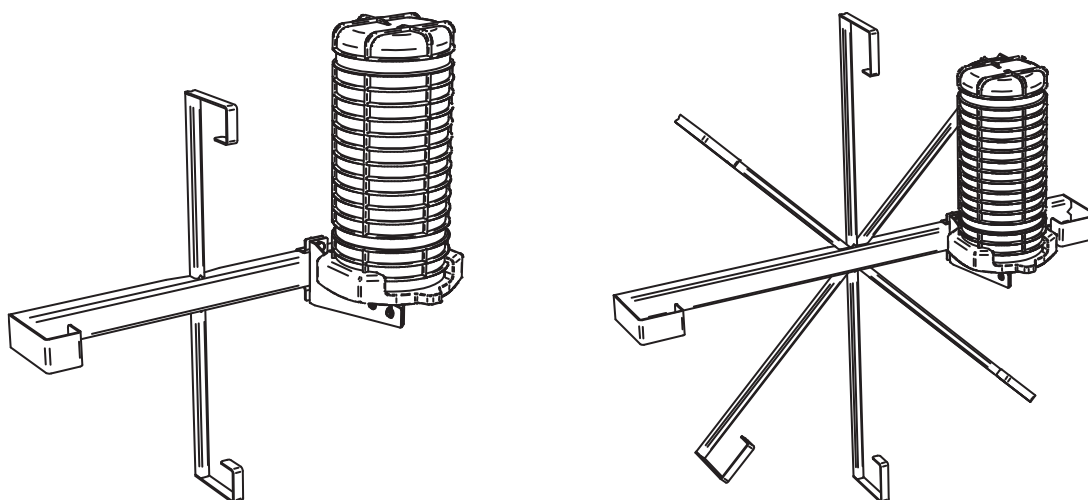
5) Mezi částí VN pod napětím a šablony SDOK:

Dle Tabulky 5.3 čl. 5.5 PNE 33 3301 nesmí klesnout pod **0,23 m**

5.2.5 Rezervy SDOK

Na rozdíl od metalických vodičů vyžaduje každé spojení optického kabelu zvláštní pozornost, a to zejména kvůli vysokému počtu nutných svárů. Je tak kladen důraz na minimalizaci nutných spojení, kdy jednoduchým prostředkem jejich minimalizace je udržování dostatečných rezerv kabelu. Rezervy SDOK jsou vytvořeny přímo na koncových podpěrných bodech v podobě cívky uložené na držáku kabelové rezervy (viz Obrázek 15).

Držáky se umísťují min. 2,5 m od částí VN pod napětím a min. 3 m od země. Délky rezerv SDOK v držáku odpovídají jeho velikosti. Pro malé držáky o průměru 70 cm je rezerva v délce 30 m, přičemž jeden závit má přibližně 2 m. U velkých držáků s průměrem 1 m je rezerva mezi 60 až 90 m kabelu. Jeden závit kabelu na velkém držáku má zhruba 3 m. Minimální délka rezervy je 15 m. [19]



Obrázek 15: Malý (vlevo) a velký (vpravo) držák rezervy SDOK včetně spojek (Zdroj: [39])

5.2.6 Kmitání SDOK

Z důvodu rozdílnosti mechanických vlastností a jiných počátečních podmínek instalace oproti vodičům AlFe, zejména pak jiného počátečního tahu (od 5 MPa oproti 20 MPa – 40 MPa u AlFe), může vlivem působení větru docházet ke kmitání kabelu SDOK a vzniku vibrací. Toto kmitání snižuje v delším časovém horizontu životnost kovových závěsných prvků i samotného kabelu. U nejnámáhavějších instalací může vlivem kmitání dojít až k jejímu selhání. U kabelů SDOK může dojít ke dvěma druhům kmitání – eolickému a přelétavému (tzv. galloping). Eolické kmitání je vysokofrekvenční s nízkou amplitudou. Obvykle k jeho vzniku dochází přerušovaně. Velmi nízká amplituda ve spojení s vysokou frekvencí kmitání může způsobovat to, že kmitání není postřehnutelné, nebo se kabel na pohled zdá rozmazaný. Eolické kmitání způsobuje postupnou únavu závěsných prvků. Druhým typem kmitání je přelétavé. Přelétavé kmitání vzniká zpravidla při odpadávání námrazy z kabelu za specifických větrných poměrů. Je charakteristické vysokou amplitudou kmitání s nízkou frekvencí. Kmitání způsobuje destruktivní utržení kabelu z jeho závěsů a kolaps instalace. Ke gallopingu dochází zpravidla v instalacích, jež jsou provozovány bez dostatečné rezervy v návrhu nebo blízko maximálnímu nominálnímu zatížení. K zamezení vzniku a šíření obou druhů kmitání slouží tlumiče vibrací – tlumící spirály. Tlumiče vibrací mohou eliminovat až 95 % amplitudy kmitání. [40]

5.2.7 Praktické dopady použití SDOK

V důsledku problematiky spojené s mechanikou SDOK přináší požadavek na jeho umístování zvýšené nároky na projektování a samotnou instalaci. Projektová příprava je náročnější zejména u stávajících vedení, kdy umístování SDOK může v důsledku nedodržení průhybů a vrcholových tahů znamenat nutnost předimenzování stávajících PB, a to zejména v těžších námrazových oblastech. Stanovení namáhání PB a průhybů výpočtem nebo grafickým vykreslením podélného profilu trasy pomocí specializovaného softwaru je tak nutnou podmínkou, a to i pro případy nových instalací. Samotná instalace SDOK probíhá obdobně jako v případě lan AIFe, tedy tažením kabelu po rolnách zavěšených na konzolách. Je však třeba klást zvýšený důraz na dodržení poloměru ohybu kabelu daného výrobcem a také na ochranu kabelu proti mechanickému poškození. [37]

5.2.8 Pilotní projekt podvěšení SDOK EGD, a.s.

V rámci posílení datové infrastruktury mezi rozvodnami Uherský Brod a Slavičín se distributor EG.D, a. s. (v té době E.ON Distribuce, a. s.) rozhodl k realizaci pilotního projektu v podobě podvěšení SDOK na linku VN9 mezi danými rozvodnami. Vedení VVN 110 kV v dané lokalitě nemohlo být vybaveno KZL ani SDOK z důvodu nevyhovujícího mechanického stavu jednotlivých stožárů typu Sedlák. Z toho důvodu bylo rozhodnuto o využití vedení VN9.

Vedení VN9 prošlo obnovou mezi lety 1995 až 2005 a bylo tak vybaveno převážně konzolami Pařát a Delta. Jeho celková délka je 25,6 km, přičemž největší rozpětí mezi PB na trase je 148 m. Vedení prochází pouze námrazovou oblastí I1. Celkově je linka vybavena 267 podpěrnými body, z nichž je 30 příhradových. Pro účely instalace SDOK muselo být vyměněno 10 nevyhovujících příhradových stožárů a 51 nevyhovujících sloupů.

Projektová příprava probíhala soudobně s tvorbou zásad a norem společnosti pro projektování a instalaci SDOK, což komplikovalo práce a oddalovalo dokončení projektu. Mezi požadavky byly začleněny technické vzdálenosti odpovídající 1,5 m mezi uchycením SDOK na PB a částmi VN pod napětím a dále 0,7 m mezi SDOK a vodiči VN v rozpětí mezi PB. Za účelem analýzy dodržení těchto technických vzdáleností bylo vypracováno několik variant řešení projektu, které se lišily zejména různými vzdálenostmi mezi oběma systémy. V průběhu zpracování PD bylo zjištěno, že i v případě krajních návrhových teplot bude při nedodržení požadované vzdálenosti obou systémů v rozpětí mezi PB (0,7 m) dodržena prvotně požadovaná vzdálenost 1,5 m u většiny PB. K prosazení zmiňovaných technických vzdáleností do souvisejících norem společnosti proběhly ověřovací montáže na polygonu SŠEE v Sokolnicích.

Při přejímce stavby objednavatelem byly zjištěny nedostatky v podobě úplného přerušování optického vlákna 96vláknového kabelu na vývodu z rozvodny. Postižený kotevní úsek byl lokalizován, demontován a zaslán výrobcem k rozboru. Kromě řady drobných vad, kterými byly zejména poškození vrchního pláště, oděrky nebo deformace kruhového obvodu kabelu, bylo zjištěno přetržení celkem dvou optických vláken. Jejich přetržení bylo způsobeno zřejmě nadměrným namáháním kabelu na tah, které bylo s největší pravděpodobností zapříčiněno najetím vozidla techniky svým kolem na SDOK při jeho tažení.

Stavba měla svůj přínos nejen v úspěšném datovém propojení daných rozvodů, ale zejména v praktickém ověření teoretických předpokladů a aktualizaci příslušných technických norem společnosti a metodiky postupů. V průběhu vývoje koncepce SDOK proběhlo přehodnocení požadované vzdálenosti 1,5 m mezi SDOK a částí VN pod napětím, jež měla zaručit možnou budoucí demontáž a dokončení drobných prací na SDOK v řádných termínech bez nutnosti využití beznapětového stavu. Na základě průběžné fotodokumentace objednavatele a v návaznosti

na vzniklou poruchu vlivem špatné montáže bylo rozhodnuto, že vzdálenost mezi SDOK a VN pod napětím nebude stanovena a vedení budou vždy před započítáním prací a oprav spojených s SDOK uvedena do beznapěťového stavu. Jako problematická se ukázala zejména instalace ochranných a kotevních spirál, kdy při jejich montáži docházelo často k nedodržení zmiňované vzdálenosti 1,5 m, a to i po proškolení montážníků.

V návaznosti na přehodnocení požadavku na vzdálenost 1,5 m mezi uchycení SDOK a částmi VN pod napětím byla část SDOK, původně demontovaného za účelem analýzy zmiňované poruchy, odeslána k mechanickým i elektrickým zkouškám na ZČU v Plzni za účelem ověření dopadů vzájemného styku těchto vodičů. Závěrem elektrických zkoušek bylo, že k zamezení nežádoucím přeskokům postačuje dodržení vzdálenosti dané stávající normou. Závěrem zkoušek mechanických pak bylo, že občasnými kontakty obou vodičů nehrozí jejich mechanické poškození. Jejich trvalý kontakt (případ ovíjení optickým vodičem) však může způsobit trvalé poškození obou z nich. [41]



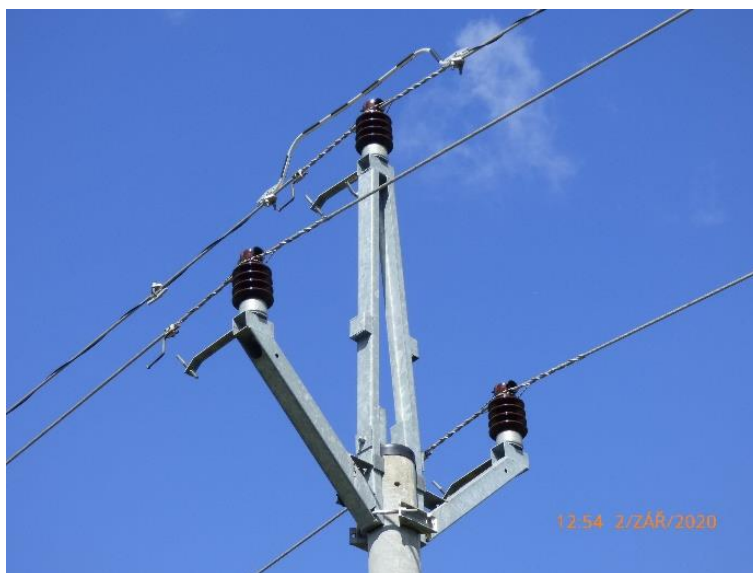
Obrázek 16: Linka VN9 (v popředí) s podvěšeným SDOK

5.3 Ovíjení optickým kabelem metodou SkyWrap®

Poslední novinkou v oblasti optické infrastruktury na hladině VN je ovíjení fázového vodiče optickým kabelem. Technologii ovíjení, pojmenovanou „SkyWrap®“, vyvinula americká společnost America Fujikura Ltd. (zkráceně AFL), spadající do nadnárodního japonského holdingu Fujikura Kabushiki-gaisha, a v současnosti je i jediná, kdo ji instaluje. SkyWrap® umožňuje jednoduchou instalaci standardního dielektrického optického kabelu na jeden nebo více fázových vodičů venkovního vedení. Optický kabel je možné instalovat na vedení do napěťové hladiny až 300 kV. Byť se v prostředí české energetiky jedná o poměrně novou technologii, tak první instalace SkyWrap® v zahraničí proběhla již roku 1982. Pro linky VN do 50 kV nabízí společnost AFL modifikaci technologie pod názvem AccesWrap®, která cílí na minimalizaci nákladů na instalaci. Technologie AccesWrap® umožňuje ovíjení optickým kabelem s až 48 vlákny, obdobnými jako SDOK a KZL na hladinách VN. Jednou z praktických aplikací ovíjení by podle výrobce mělo být i rychlé posílení infrastruktury pro přípravu instalací 5G technologií. [42]

Instalace AccesWrap[®] probíhá na venkovním vedení v beznapětovém stavu prostřednictvím speciálního přípravku, jenž se táhne po ovíjeném vodiči a zároveň se axiálně otáčí (viz Obrázek 18). Přípravek sestává z bubnu nesoucího cívku optického kabelu, protizávaží pro vyrovnávání jeho nesymetrie a elektrického pohonu zajišťujícího axiální rotaci. Pohyb přípravku po fázovém vodiči zajišťuje obsluha na zemi prostřednictvím jeho tažení na laně. Pro instalaci je zapotřebí asistence plošiny pro montáž a demontáž přípravku, jež je nutná k překonání každého podpěrného bodu. Optický kabel je pak spojován a končen s patřičnými rezervami, stejně jako SDOK. [42]

Jedna z prvních aplikací technologie AccesWrap[®] na území ČR byla realizována na přelomu srpna a září roku 2020 na lince VN distributora EG.D, a. s. mezi obcemi Hostěradice a Mackovice v Jihomoravském kraji. Instalován byl kabel se 48 vláknů o délce přibližně 5 km, jenž bude v budoucnosti sloužit k propojení rozvodny Hrušovany nad Jevišovkou a nové spínací stanice v obci Hostěradice. Instalaci provedla společnost ZMES s.r.o. po proškolení na polygonu SŠEE v Sokolnicích odborným personálem společnosti AFL. Ten prováděl i technologický dozor. [43]



Obrázek 17: Nainstalovaný kabel AccesWrap[®]



Obrázek 18: Přípravek pro ovíjení optického kabelu

6 SOFTWARE SPIDER-EN

Projektová dokumentace stavby je výchozím souborem technické dokumentace nutným pro její realizaci. Důležitou součástí projektové dokumentace (PD) je zejména dokumentace výkresová. Tato část dokumentace graficky popisuje současná i navrhovaná technická řešení, která jsou podřízená platné legislativě a příslušným normám. Moderní výpočetní technika a pokročilý software umožňují tvorbu i správu projektové dokumentace, včetně její grafické i textové části, v digitální podobě a s využitím pokročilých databázových struktur.

Pro tvorbu PD v prostředí energetických sítí, včetně sítí distribuční soustavy, vyvinula česká společnost GISOFT, v.o.s. software Spider-EN. Tento software cílí na projekční a dodavatelské společnosti a na oddělení výstavby, obnovy i realizace správců energetických sítí. Kromě standardního prostředí tvorby 2D energetických schémat umožňuje software i kompletní vykreslení podélného profilu navrhovaného venkovního vedení VN. Software implementací soudobé legislativy a příslušných norem v aktuálním znění zajišťuje rovněž výpočty mechaniky venkovních vedení, návrhu jištění NN sítí, výpočty s využitím topologie sítě i zajištění vzájemných vazeb mezi trasou vedení a schématem zapojení. Rovněž kontrolními mechanismy aktivně brání vzniku topologických i logických chyb, které může uživatel do projektu zanést. Aplikace zahrnuje také pravidelně aktualizovaný katalog materiálů s obsahem odpovídajícím dané distribuční společnosti. Veškeré parametry a vlastnosti objektů, včetně jejich vazeb s objekty jinými, software udržuje ve vlastním databázovém prostoru. [44] V této práci je užitá verze Spider-EN 20.07.01.

Kontrolní výpočet mechaniky vedení spolu s vykreslením podélného profilu trasy vychází z požadavků norem (viz kapitola 2.6):

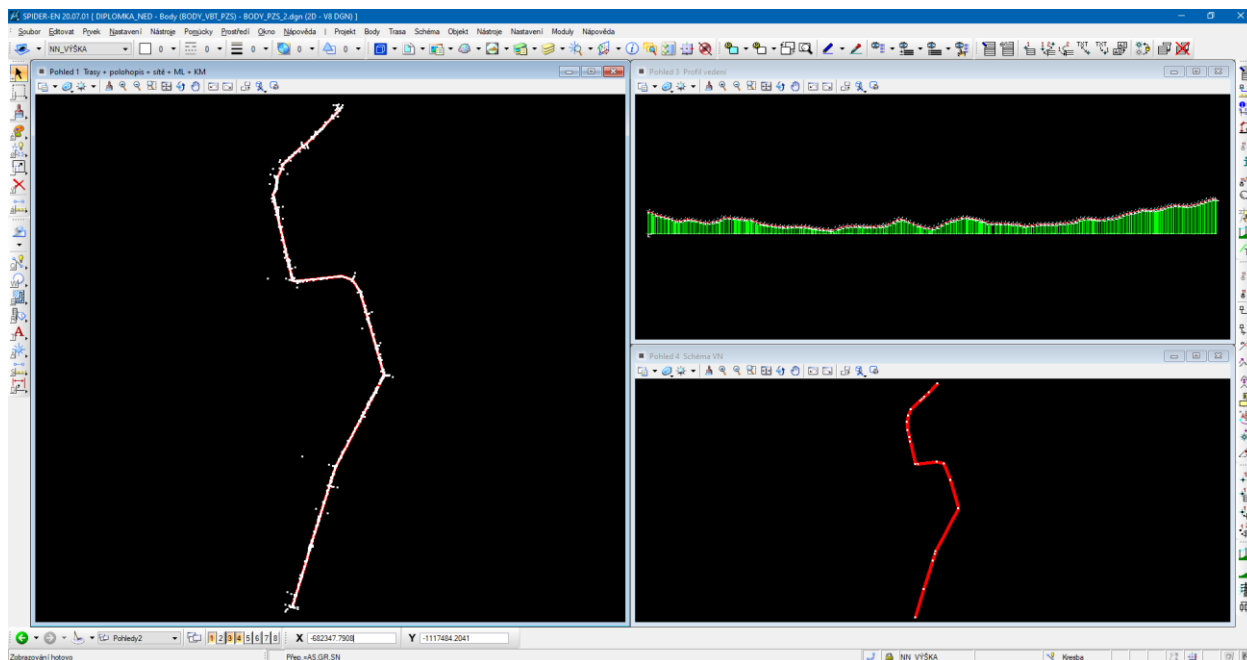
- ČSN 33 3300,
- ČSN 33 3301,
- PNE 33 3301,
- PNE 33 3302 (vycházející z již zrušené ČSN EN 50 423 a platné ČSN EN 50 341).

V rámci kontrolního výpočtu ověření mechaniky venkovního vedení jsou pro dílčí zatěžovací stavy ověřovány následující body:

- mechanika vodiče na základě řešení stavové rovnice pro nesouměrně zavěšený vodič (průhybová křivka je řešena rovnicí paraboly, v novějších verzích i řetězovkou),
- vzdálenosti vodičů od nosné konstrukce,
- vzdálenosti mezi vodiči v rozpětí kotevního úseku,
- výška vodiče nad terénem, vzdálenost od překážek a křížujících objektů v podélném profilu,
- zatížení izolátorů,
- svislé, vodorovné a příčné zatížení konzol,
- zatížení stožáru výslednicí tahů neomrzlých a omrzlých vodičů,
- zatížení větrem na stožár, neomrzlé a omrzlé vodiče,
- mimořádné zatížení při přetržení jednoho fázového vodiče nebo zemního lana.

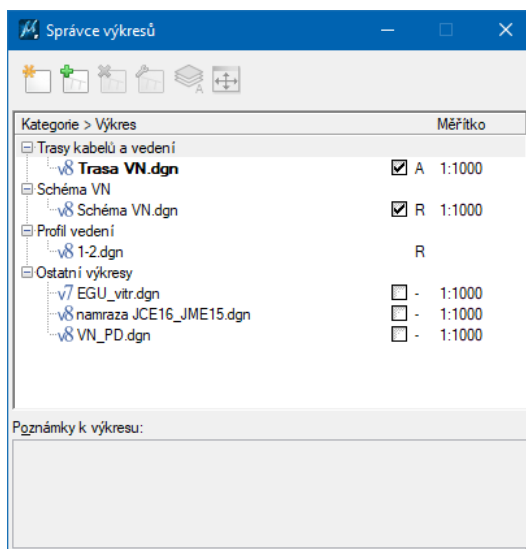
Program pracuje jako nadstavba CAD software MicroStation V8i vyvinuté společnosti Bentley Systems, Inc. Tento software je rozšířeným CAD nástrojem pro tvorbu zejména geodetických, ale také i energetických výkresů. Implementace funkcí SpiderEN do prostředí MicroStation V8i je zajištěna rozšířením ovládacího rozhraní o nabídky a nástroje SpiderEN.

Prostředí programu během přípravy analyzovaného úseku znázorňuje Obrázek 19. Nástroje pro editaci prvků ve výkresech Spider-EN se nacházejí na pravé straně okna. Nabídky pro správu výkresu jsou pak řazeny nahoře za oddělovačem oddělujícím původní nabídky MicroStation. Jednotlivé pracovní prostor (výkresy), kterými jsou v případě návrhu venkovního vedení VN hlavně „Trasa vedení“, „Schéma vedení“ a „Profil trasy“, jsou zobrazovány ve vlastních oknech.



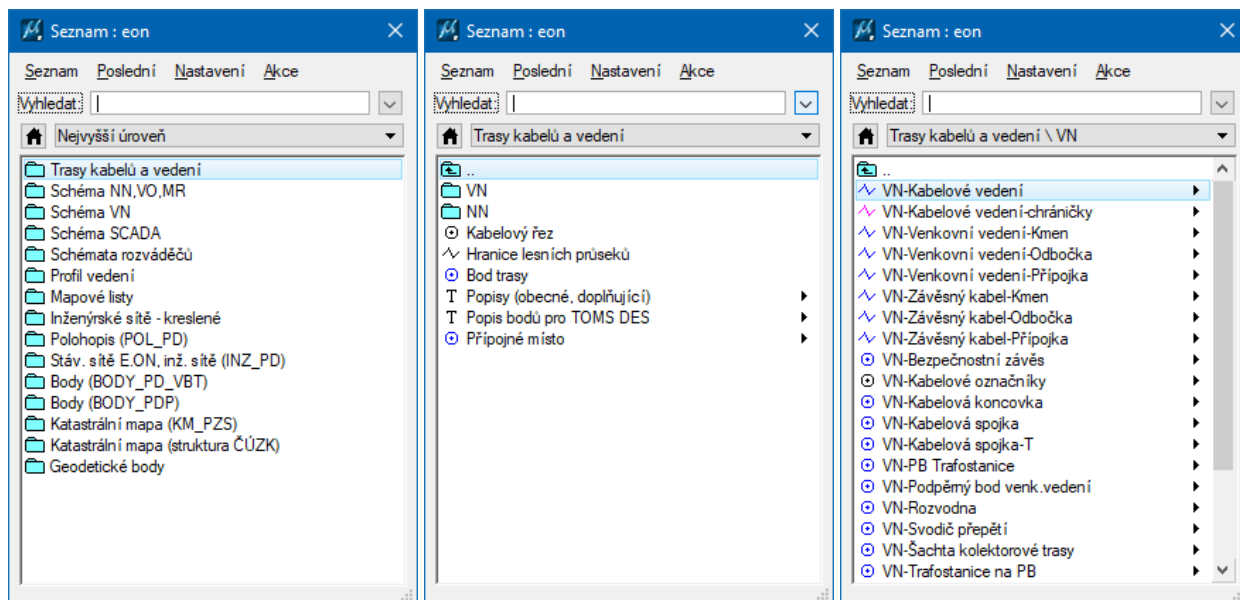
Obrázek 19: Prostředí Spider-EN v MicroStation V8i

Samotný projekt, jenž zahrnuje skupinu dílčích výkresů jednotlivých pracovních prostorů a další podpůrné soubory, je přístupný pouze přes „Správce projektů“. Není tak udržován v jednom souboru, přístupného z prostředí operačního systému, ale formou složky projektu. Výkresy daného projektu jsou pak spravovány „Správcem výkresů“, který je zobrazen na Obrázek 20. Je možné přes něj importovat i externí soubory, jako například referenční (podkladové) mapy námrazových a větrových oblastí nebo mapy katastrální. V tomto správci se také zobrazuje, které výkresy jsou nastaveny jako aktivní, a které jsou referenční (je možné spravovat současně pouze jeden výkres).



Obrázek 20: Správce výkresů

Důležitým nástrojem při tvorbě dílčích výkresů je databázová nabídka prvků, které je do výkresu možné vložit a následně mezi nimi tvořit vazby a parametrizovat je. Databáze prvků zahrnuje obecné položky, jejichž individuální vlastnosti jsou jim posléze přiděleny. Její obsah se může různit dle uživatelů programu. Položky jsou rozděleny podle příslušnosti k jednotlivým výkresům (např. Trasy vedení a Schéma). Nabídku prvků vč. dílčí nabídky pro kreslení trasy venkovního vedení znázorňuje Obrázek 21.



Obrázek 21: Databázová nabídka prvků

Jedním z hlavních prostorů softwaru pro návrh nejen venkovního vedení je výkres Trasy vedení. V tomto výkresu se v souřadnicovém systému a v daném měřítku (zpravidla 1:1 000) umisťují a parametrizují jednotlivé podpěrné body dané trasy. Výchozími podklady jsou výkresy katastrálních map, současného stavu, inženýrských sítí a dalších dotčených technologií (např. souběh s jiným vedením). Individuální parametrizace podpěrných bodů spočívá ve výběru konkrétního typu stožáru a v přiřazení vybavení v podobě konzol, izolátorů a dalšího doplňkového materiálu. Dialogové okno, kterým se PB parametrizuje, zobrazuje Obrázek 22.

Obrázek 22: Parametrizace podpěrného bodu

Výkres Trasy vedení je přímo svázán s výkresem Schématu, jehož podstatou je následné vymezení trasy do jednotlivých úseků dle okolních podmínek a přiřazení konkrétního typu lana/kabelu těmto úsekům. Celková trasa je tak rozdělena na několik dílčích úseků, které se navzájem liší svými charakteristickými vlastnostmi. Každý úsek je vymezen dvěma podpěrnými body, které však mohou být nosné a nejedná se tak o vymezení kotevních úseků venkovního vedení. Úseky jsou graficky definovány kreslením spojnic a uzlů z výše popisované nabídky prvků. Dialogové okno pro parametrizaci jednotlivých úseků zobrazuje Obrázek 23.

Mezi charakteristické vlastnosti každého úseku patří:

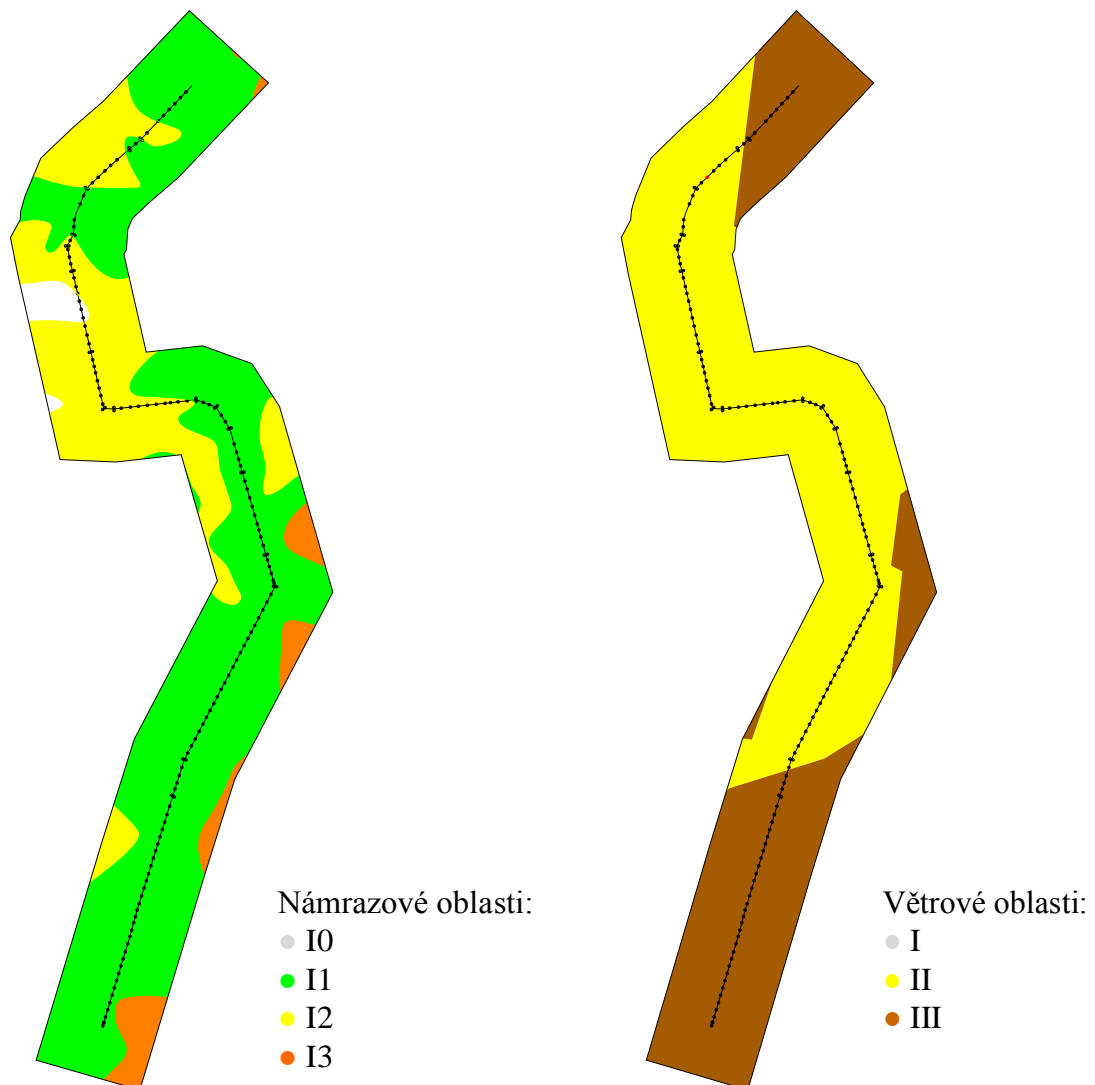
- námrazová a větrová oblast,
- úroveň spolehlivosti,
- typ půdy a kategorie terénu,
- typ lana/kabelu a jeho počáteční namáhání,
- přítomnost odbočky z trasy.

Obrázek 23: Parametrizace úseků vedení

V případě návrhu venkovního vedení se jeho správnost ověřuje pomocí nástrojů „Podélný profil“ a „Zatížení podpěrných bodů“. Nástroj Podélný profil vykreslí do samostatného výkresu podélný profil trasy venkovního vedení a na základě zvoleného kritéria ověří, zda je návrh vyhovující. Ověřovacími kritérii může být stav -5+N nebo maximální teplota 60 °C. K vykreslení profilu je potřebné importovat seznam souřadnic bodů geodetického zaměření terénu. Ověřuje se zejména průhyb lana/kabelu – vzdálenost vodiče od terénu nebo jiných lan/kabelů. Dále nástroj ověřuje vzdálenost mezi jednotlivými lany na základě požadované hodnoty. Nástroj „Zatížení podpěrného bodu“ slouží k ověření namáhání jednotlivých prvků PB (sloup, konzole, izolátory a další) a také tahů jednotlivých lan/kabelů. Výstupem je kontrolní protokol s ověřením pro jednotlivé PB ve formátu .HTML.

7 ANALÝZA VLIVU SDOK NA STÁVAJÍCÍM VEDENÍ VN

Úsek venkovního vedení VN, jenž práce analyzuje, leží v nezastavěném volném terénu mezi obcemi Vystrkov a Sedliště na území okresu Pelhřimov v kraji Vysočina. Trasa vedení dále zasahuje do k. ú. obcí Vyskytná, Častonín, Zachotín, Mysletín, Staré Bříšče, Mladé Bříšče, Záhoří u Humpolce, Komorovice a Vystrkov u Humpolce. Území je ve správě distributora EG.D, a. s., regionální správy Jindřichův Hradec. Úsek byl pro analýzu vlivu SDOK na jeho mechaniku zvolen z důvodu nedávno proběhlé rekonstrukce, při níž nebylo uvažováno umístění SDOK, přičemž však daný úsek splňuje koncepční kritéria pro jeho instalaci. Trasa vedení prochází celkem třemi námrazovými a dvěma větrovými oblastmi (viz Obrázek 24) a je tak vhodná pro srovnání rozdílů mezi jejich různými kategoriemi. Pro potřeby následného definování jednotlivých úseků ve výpočetním softwaru byla trasa vedení rozčleněna do Tabulka 11 na dílčí úseky dle námrazových a větrových oblastí. Za počátek se považuje jižní strana úseku (u obce Sedliště). Výkres trasy je přílohou C18 této práce na přiloženém CD.



Obrázek 24: Námrazové a větrové oblasti v lokalitě analyzovaného vedení

Zkoumaný úsek vedení VN je o napěťové hladině 22 kV s celkovou délkou přibližně 11 km, přičemž byl roku 2018 rekonstruován. Linka je v současnosti vyzbrojena vodiči AlFe 3x110/22 mm² (3x 110-AL1/22-ST1A) uchycenými na izolátorech typu VPAv. Převažují betonové sloupy 10,5/10 (délka 10,5 m a vrcholový tah 10 kN) a konzoly typu Pařát III v modifikacích pro nosné a rohové PB doplněné dosedací tyčí pro ptačtvo. V profilu trasy dochází k několika křížením s ostatními sítěmi. Zhruba polovinu trasy je úsek v souběhu s linkou VVN 110 kV. Z Tabulka 11 je patrné, že v daném úseku vedení převažují námrazové oblasti I2 a větrové oblasti II.

Tabulka 11: Popis jednotlivých úseků trasy

#	Úsek mezi PB	Námrazová oblast	Větrová oblast	Ukončeno odbočením	Délka úseku (m)	Délka od začátku (m)
1	1-18	● I2	● III	PB č. 18	1 127	1 127
2	18-33	● I2	● III	PB č. 33	1 127	2 254
3	33-37	● I2	● III	-	284	2 538
4	37-38	● I2	● II	PB č. 38	81	2 619
5	38-62	● I2	● II	PB č. 62	1 837	4 456
6	62-78	● I2	● II	PB č. 78	1 122	5 578
7	78-87	● I2	● II	PB č. 87	671	6 249
8	87-91	● I2	● II	-	279	6 528
9	91-100	● I1	● II	PB č. 100	683	7 211
10	100-101	● I1	● II	PB č. 101	95	7 306
11	101-113	● I1	● II	-	880	8 186
12	113-115	○ I0	● II	-	162	8 348
13	115-119	● I1	● II	PB č. 119	292	8 640
14	119-124	● I1	● II	-	301	8 941
15	124-128	● I2	● II	PB č. 128	269	9 210
16	128-131	● I2	● II	-	254	9 464
17	131-137	● I1	● II	PB č. 131	472	9 936
18	137-138	● I2	● II	PB č. 138	72	10 008
19	138-139	● I2	● II	-	78	10 086
20	139-140	● I2	● III	PB č. 140	65	10 151
21	140-143	● I1	● III	-	234	10 385
22	143-149	● I2	● III	-	461	10 846

7.1 Vstupní předpoklady analýzy

Na základě teoretických poznatků o mechanických parametrech kabelů typu SDOK (viz kapitola 5.2) je možné předpokládat jejich rozdílné chování při ověřovacích kritériích max. návrhové teploty + 60 °C a zatížení extrémní námrazou při referenční teplotě (kritérium - 5+N), jež jsou výchozím krokem při navrhování venkovního vedení. Důvodem rozdílného chování jsou zejména značné rozdíly v hodnotách materiálových parametrů obou systémů, a to modulu pružnosti a součiniteli tepelné roztažnosti.

Jelikož je modul pružnosti SDOK nižší oproti AlFe o přibližně 80 %, lze předpokládat, že se průhyb SDOK bude podstatně více měnit s tíhovým zatížením v délce jeho rozpětí oproti lanům AlFe, přičemž největších rozdílů v průhybech by mělo být dosaženo při zatížení extrémní referenční námrazou (kritérium -5+N), jelikož tíha působící na jednotku délky lana/kabelu je při tomto zatížení nejvyšší. Ověření průhybů vodičů/lan nad terénem tak bude posuzováno na základě vykreslení podélného profilu trasy v softwaru Spider-EN při zatěžovacím stavu -5+N.

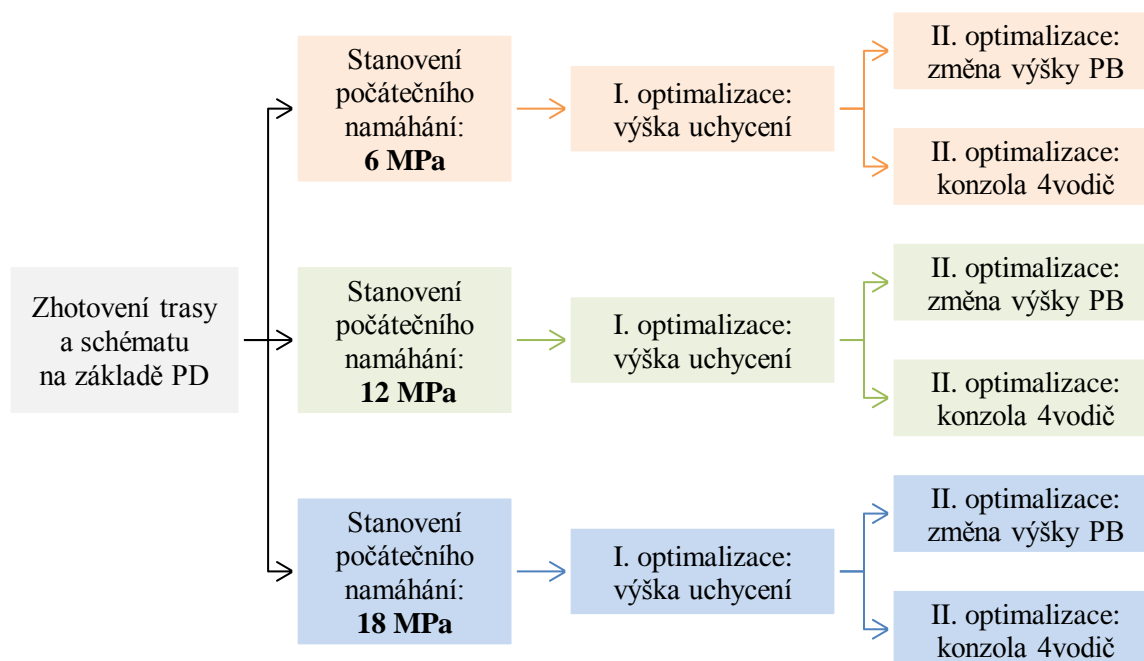
V důsledku nižší montážní výšky uchycení SDOK hrozí časté nedodržení dovolené výšky nad terénem, přičemž z dosavadních zkušeností s instalací SDOK v praxi je známo, že zmiňované nedodržení výšky je problematické zejména u sloupů se jmenovitou výškou 10,5 m a nižších. U sloupů s výškou 12 m a výše je pak ve většině případů výška SDOK nad terénem dostatečná.

Dalším předpokladem, který je možné z mechanických vlastností SDOK vyvodit, je jeho rozdílné chování při maximální návrhové teplotě, tedy ověřovacím kritériu + 60 °C (pro SDOK je dle normy PNE 33 3301 uvažována maximální návrhová teplota + 40 °C). Toto tvrzení pramení z podstatně nižší hodnoty součinitele tepelné roztažnosti SDOK oproti lanům AlFe. V důsledku toho je možné předpokládat, že při maximální návrhové teplotě +60 °C budou průhyby kabelu SDOK znatelně menší než lana AlFe. Jelikož jsou kabely typu SDOK na PB uchyceny pod lany AlFe, hrozí tak klesnutí lan AlFe pod úroveň SDOK, což je v rozporu s požadavky normy TNS 19 1610, jež požaduje nenulovou vzdálenost mezi oběma systémy v poli. Výška uchycení SDOK na PB se tak přímo odvíjí od vzájemné polohy obou systémů při nejvyšší návrhové teplotě.

S ohledem na poměrně nízkou měrnou tíhu SDOK oproti lanu AlFe je možné předpokládat, že dodatečné zatížení PB na tahy vodičů, způsobené vlastní hmotností podvěšovaného SDOK, nebude ve většině případů dosahovat hodnot vyžadujících předimenzování PB s ohledem na jejich dovolené zatížení vrcholovým tahem vodičů. V rámci optimalizace délek PB je možné, že dojde k nárůstu zatížení takto optimalizovaných PB v důsledku působení většího momentu síly. Na velikost nárůstu zatížení PB tahy bude mít přímý vliv zvolené počáteční namáhání SDOK a kategorie námrazové oblasti, jíž vedení prochází. Tíha námrazku, vyvozující tahy SDOK na PB, se totiž přímo odvíjí od kategorie námrazové oblasti, jak bylo uvedeno v kapitole 3.1.2.

7.2 Postup analýzy

Předmětem analýzy je návrh a posouzení vlivu dodatečné montáže SDOK se 48 vlákny na stávající linku vysokého napětí. Pro tyto účely byl vybrán úsek, který lze považovat za typický v rámci distribučního území distributora EG.D, a. s. Analýzu tohoto úseku je možné rozdělit do několika kroků. Postup analýzy níže uvedenými kroky ilustruje Obrázek 25.



Obrázek 25: Postup analýzy podvěšení SDOK v softwaru Spider-EN

7.2.1 Rekonstrukce stávajícího vedení

Na základě podkladů v podobě projektové dokumentace pro provádění stavby analyzované linky byl vypracován a parametrizován model této linky v softwaru Spider-EN. K tomuto modelu byly připojeny soubory obsahující body geodetického zaměření terénu v místech rozpětí pole a příslušných podpěrných bodů. Schéma trasy svým rozčleněním reflektuje rozdělení charakteristických úseků uvedených v Tabulka 11. Výkresy podélného profilu původní trasy bez SDOK pro maximální návrhovou teplotu i pro zatížení extrémní námrazou jsou přílohou C1 této práce na příloženém CD. Pro původní variantu bylo také vypočteno namáhání všech PB trasy, jakožto referenční hodnota pro následné vyčíslení jejich dodatečného zatížení dle předpokladů uvedených v kapitole 7.1. Jejich hodnoty byly spolu s vybavením PB zaznamenány do Tabulka B.1 (viz příloha na straně 76). V rámci tohoto kroku došlo také k přečíslování všech PB oproti původní PD za účelem zjednodušení. Původní číslování je součástí Tabulka B.1.

7.2.2 Stanovení počátečního namáhání, podvěšení SDOK

Jedním z parametrů návrhu, který zásadně ovlivňuje mechaniku vedení, zejména průhyby v rozpětí mezi PB, je zvolené počáteční namáhání lana/kabelu. „Technické podmínky – dodatek pro optické sítě společnosti EGD, a. s.“ doporučuje volit počáteční namáhání SDOK v rozmezí 5 – 20 MPa při referenční teplotě -5 °C. Pro posouzení vlivu volby počátečního namáhání bylo přistoupeno k vypracování celkem tří dílčích návrhů s jejich odlišnými hodnotami. Hraniční hodnoty z uvedeného rozpětí nabývají poměrně extrémních velikostí, které se v praxi ukázaly jako méně vhodné. V důsledku toho se jako počáteční namáhání dílčích analýz stanovily hodnoty 6, 12 a 18 MPa. Prvním krokem analýzy bylo podvěšení SDOK na nosné konzoly nebo kotevní objímky, a to do výšky min. 0,5 m pod čepem sloupu/stožáru. Zvolená vzdálenost vychází jednak z již zmiňovaného požadavku normy TNS 19 1610.03 zachovat nenulovou vzdálenost mezi vodiči VN a SDOK (viz kapitola 5.2.4), jednak z konstrukčního hlediska, kdy není dispozičně možné konzolu SDOK namontovat blíže k již instalované konzole typu Pařát. Pro odbočné, rohové a výztužné PB byly kotevní objímky umisťovány ve vzdálenosti zpravidla min. 0,8 pod čepem sloupu, a to z důvodu kompenzace menší vzájemné vzdálenosti obou systémů v důsledku větších průvěsů kotevních řetězců oproti vyšší vzájemné vzdálenosti mezi SDOK a podpěrnými izolátory VPa.

7.2.3 I. Optimalizace – stanovení výšky nosných svorek / kotevních objímek

Pro vyšší hodnoty zvoleného počátečního namáhání (zejména pro 18 MPa) bylo po vytvoření podélného profilu trasy pro maximální návrhovou teplotu +60 °C zjištěno u zhruba poloviny rozpětí mezi PB nedodržení vzájemné vzdálenosti mezi vodiči VN a SDOK. Pro PB, u nichž na základě výpočtu podélného profilu nevyhověla výška uchycení SDOK, byl závěs posunut do vyšší vzdálenosti od čepu sloupu s krokem 20 – 30 cm. Velikost kroku vychází z praktických poznatků při montáži SDOK, kdy výška uchycení je odměřována až na místě stavby běžným svinovacím metrem. V rámci této optimalizace tak byly voleny výšky závěsu odpovídající délkám od čepu stožáru ve vzdálenosti 0,5; 0,8; 1; 1,2 a 1,5 m. Výstupem tohoto kroku je, kromě stanovení výšky závěsu SDOK, také vytvoření výkresů podélného profilu pro zatížení extrémní námrazou. Na jejich základě bude posouzeno, která rozpětí mezi PB nevyhoví na vzdálenost od terénu a které PB je tedy nutné optimalizovat. Tyto výkresy jsou přílohami C2, C7 a C12 této práce na příloženém CD. Dále bylo vyčísleno mechanické namáhání všech PB, způsobené dodatečným podvěšením SDOK, rovněž pro případy všech počátečních namáhání. Vyčíslení obdržených hodnot pro počáteční namáhání 6 MPa obsahuje Tabulka B.2, pro 12 MPa Tabulka B.3 a pro 18 MPa Tabulka B.4, jež jsou přílohami této práce na stranách 79 až 85.

7.2.4 II. Optimalizace – předimenzování PB

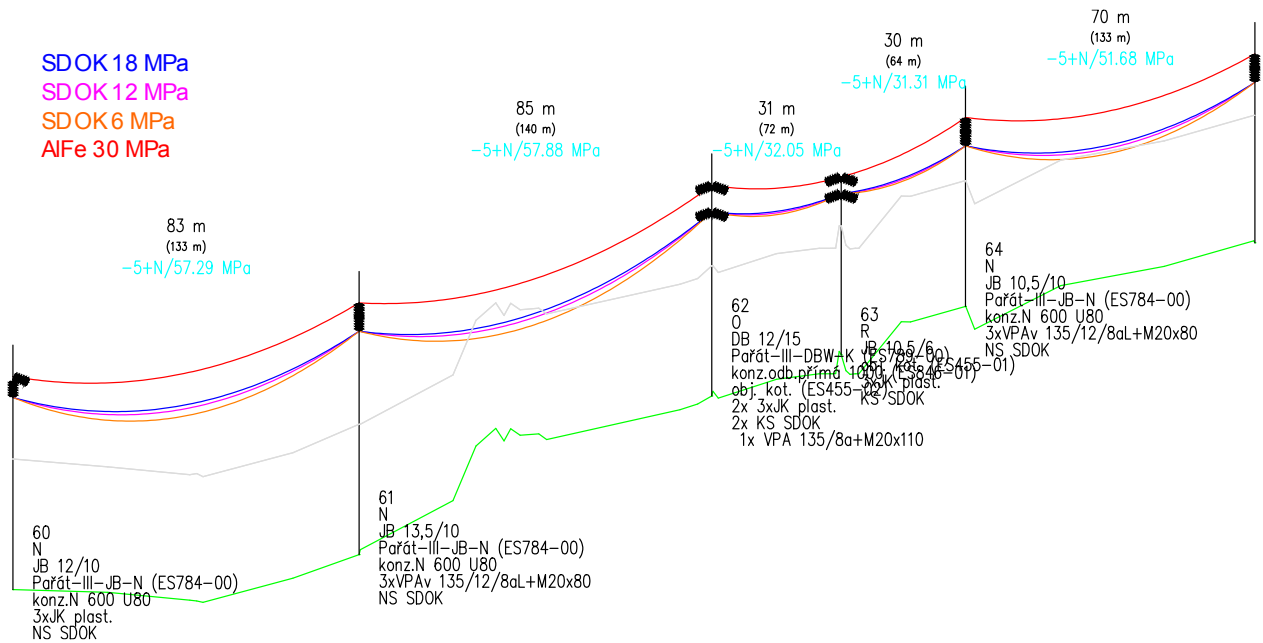
Druhou z kontrolovaných technických vzdáleností SDOK byla jeho vzdálenost od terénu. Kontrola proběhla na základě posouzení podélného profilu trasy pro kritérium $-5+N$. Na základě požadavků norem PNE 33 3301 a TNS 19 1610.03 (viz kapitola 3.5 a 5.2.4) je tato vzdálenost stanovena na 6 m. Zejména pro nižší zvolené počáteční namáhání 6 MPa bylo po zhodnocení profilu trasy pro zatížení extrémní námrazou zjištěno nedodržení této vzdálenosti u většiny polí trasy. Optimalizace nedodržených průhybů spočívá buď v předimenzování PB jeho nahrazením sloupem s vyšší jmenovitou délkou, nebo instalací konzoly 4vodič. Obě možnosti byly posuzovány samostatně v kapitole 7.4.2. Výstupem tohoto kroku analýzy jsou výkresy optimalizovaného podélného profilu trasy pro zatížení extrémní námrazou. Jedná se o elektronické přílohy číslo C4, C6, C9, C11, C14 a C16 této práce umístěné na přiloženém CD. Dále byly vytvořeny i výkresy pro nejvyšší návrhovou teplotu, jež demonstrují korektnost návrhu po optimalizaci výšek, co se týče vzájemné vzdálenosti mezi oběma systémy (ta byla stanovena minulým krokem). Jedná se o výkresy C3, C5, C8, C10, C13 a C15, které jsou taktéž přílohou této práce na přiloženém CD. Rovněž byl znovu proveden kontrolní výpočet zatížení všech PB trasy tahy, a to za účelem posouzení dodatečného zatížení PB způsobeného jejich optimalizací – navýšením. Posouzení vlivu dodatečného zatížení se věnuje kapitola 7.4.5. Vyčíslení tahů pro všechny PB bylo doplněno do příslušných tabulek uvedených v přecházejícím kroku analýzy. Pro varianty návrhu s konzolou 4vodič bylo namáhání vyčísleno do samostatných tabulek, a to pouze pro stav po optimalizaci PB. Variantu s využitím konzoly 4vodič s počátečním namáháním 6 MPa popisuje Tabulka B.5, pro 12 MPa Tabulka B.6 a pro 18 MPa Tabulka B.7. Posouzení těchto variant je věnována kapitola 7.4.5.

7.3 Terénní překážky trasy

Trasa analyzovaného vedení prochází z větší části volným terénem (viz Obrázek A.1), a tak nebylo nutné upravovat její profil z důvodu řešení terénních překážek při podvěšení SDOK. Výjimku tvoří rozpětí mezi PB č. 61 a č. 62, kdy tato část trasy překonává část rybníka u obce Mysletín. PB č. 61 je situován ve svažitém terénu – náspu polní cesty vedoucí na hrázi rybníka. Situaci ilustruje Obrázek 26. Při simulaci podvěšení SDOK došlo při všech zvolených počátečních namáháních k nedodržení minimální výšky nad terénem právě v oblasti náspu hráze. Při volbě počátečního namáhání 18 MPa pak i k nedodržení minimální vzdálenosti mezi vodiči. Nedodržení vzdálenosti od terénu znázorňuje Obrázek 27. Postupnou optimalizací výšky PB č. 61 bylo nalezeno řešení v podobě výměny stávajícího jednoduchého betonového sloupu s výškou 13,5 m a nominálním vrcholovým tahem 15 kN za příhradový stožár o výšce 16,5 m a nominálním vrcholovém tahu 20 kN. Byly zvoleny rovinné konzoly typu A3-U80 pro krajní vodiče VN a B0-U80-R pro prostřední vodič. Pro uchycení SDOK byly zvoleny držáky kotevního závěsu typu 733-00. Alternativně je možné pro příhradové stožáry užít stavitelnou konzolu, jež se kotví závitovými tyčemi k dřívku příhradového stožáru. Kromě řešeného PB byly i PB v přilehlých rozpětích z důvodu povahy terénu vybaveny kotevními závěsnými izolátory, byť se jedná o PB bez výztužné funkce. Povaha terénu, daná zejména těsnou blízkostí polní cesty a svažitostí náspu, neumožňovala přemístění podpěrného bodu v ose trasy. Uvedené řešení bylo realizováno ve všech variantách návrhu, vč. varianty využívající konzolu 4vodič. V případech složitějších terénních profilů se dá předpokládat nutnost řešit obdobné překážky ve vyšší četnosti. Zvláštní pozornost pak vyžadují místa křižující jinou infrastrukturu a objekty definované normou PNE 33 3301 (vodní toky, trakční vedení, lanové dráhy a další vyjmenované v kapitole 3.5). Křížení analyzovaného úseku linkou VVN za PB č. 62 nebylo dispozičně podvěšením SDOK nijak ovlivněno, jelikož se SDOK instaluje pod vodič AlFe, a nebude tak dále komentováno.



Obrázek 26: Úsek trasy s terénní překážkou (Zdroj: [45])



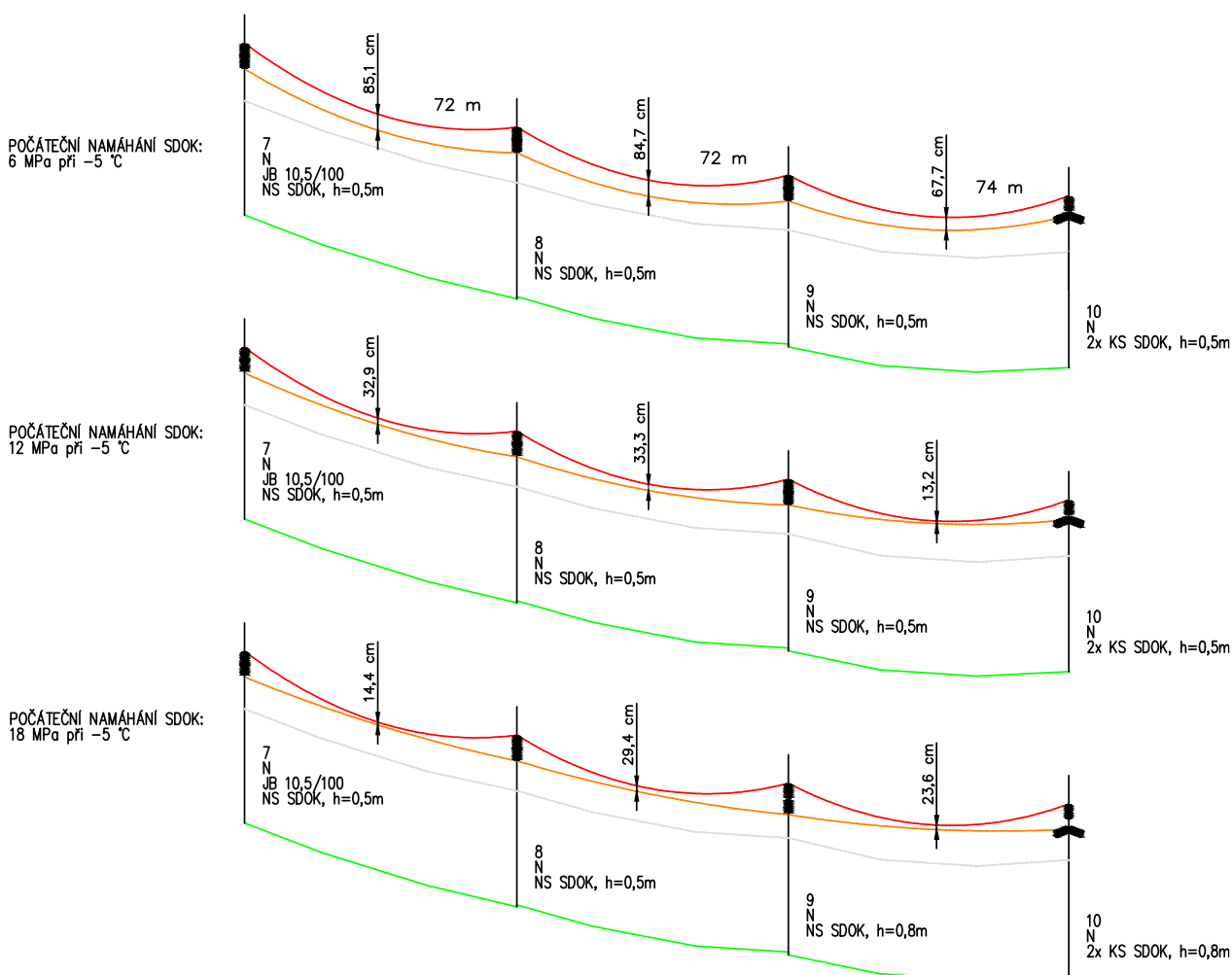
Obrázek 27: Původní profil trasy s terénní překážkou

7.4 Zhodnocení obdržných dat

Data obdržaná při návrhu dílčích variant (viz Obrázek 27) v software SPIDER-EN jsou jak grafické podoby – profily trasy pro nejvyšší návrhovou teplotu a pro zatížení extrémní námrazou při referenční teplotě, tak podoby numerické – vyčíslení namáhání PB pro všechny varianty a montážní tabulky (vyčíslení tahů, průhybů a namáhání lan AIFe a SDOK). Přiřazení jednotlivých souborů uvedených v příloze této práce k jednotlivým variantám návrhu popisuje předchozí kapitola 7.1. Následující podkapitoly jsou věnovány rozboru vlivů dílčích faktorů na mechaniku venkovního vedení v důsledku podvěšení SDOK i na mechaniku vlastního SDOK.

7.4.1 Nejvyšší návrhová teplota

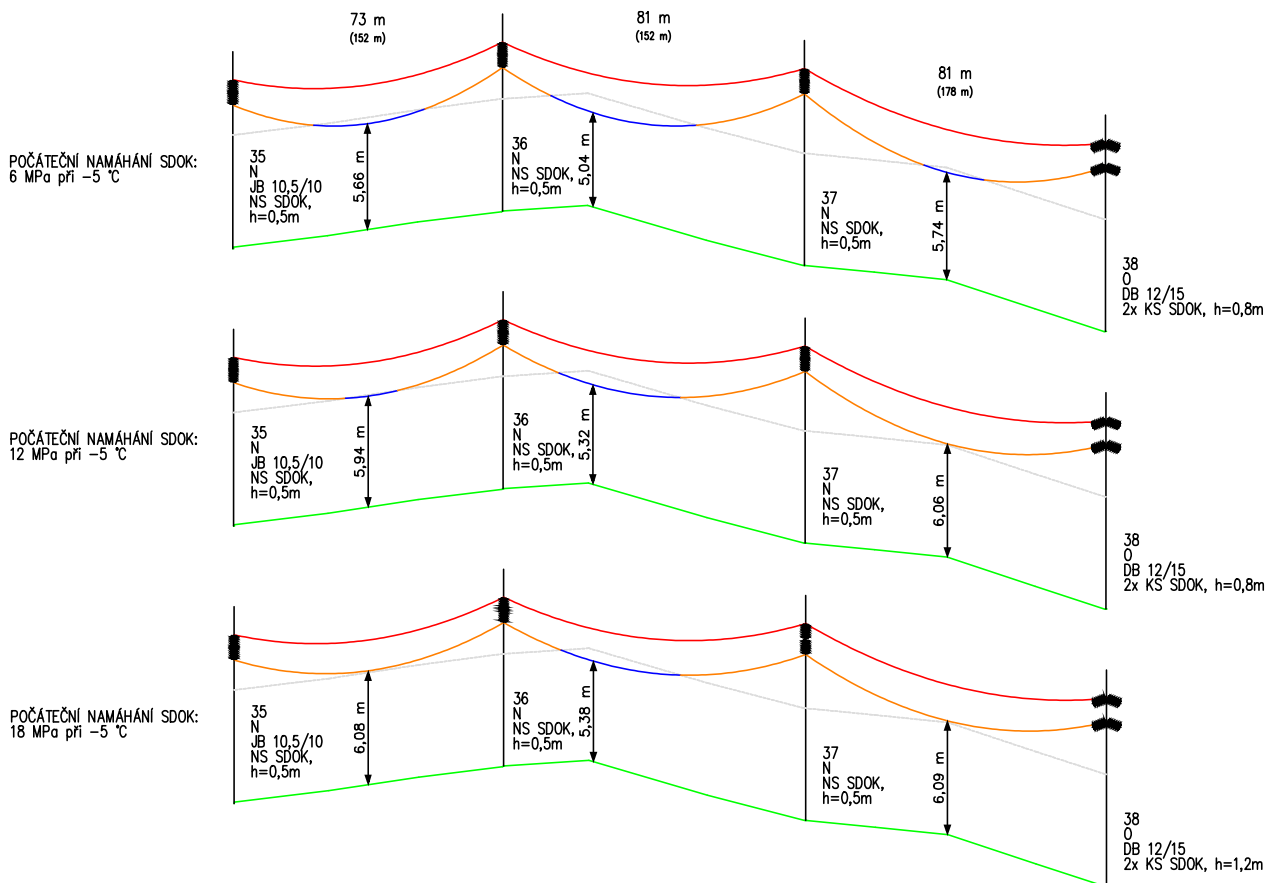
Nejvyšší návrhová teplota má, zcela v souladu s předpoklady stanovenými v kapitole 7.1, rozhodující vliv na vzdálenost mezi SDOK a lanem AlFe, potažmo na stanovení výšky uchycení SDOK. Pro variantu návrhu s počátečním namáháním 6 MPa nebylo třeba měnit výchozí výšku nosných závěsů 0,5 m pod čepem sloupu, jelikož průhyby SDOK byly i při maximální teplotě dostatečně velké, aby zabránily kontaktu obou systémů. V případě počátečního namáhání 12 MPa bylo nutné výšku nosných svorek snížit na 0,8 m pod čepem sloupu u 11 PB. Při počátečním namáhání 18 MPa vyžadovalo obdobné snížení výšky uchycení již 33 PB, dalších 5 PB snížení výšky na vzdálenost 1 m pod čepem a 9 PB na výšku 1,2 m pod čepem sloupu. Značně vyšší počet svorek vyžadujících přemístění u varianty s počátečním namáháním 12 a zejména 18 MPa je zapříčiněn přílišným napnutím kabelu SDOK a tím způsobeným přiblížením obou systémů při maximální návrhové teplotě. Obrázek 28 ilustruje vzájemnou polohu obou systémů pro všechny varianty hodnot počátečního namáhání SDOK. Z obrázku je jasně zřejmé zmenšení vzájemných vzdáleností se zvyšujícím se namáháním (napnutím) kabelu SDOK. V poli mezi PB 9 a 10 tato tendence v případě varianty s počátečním namáháním 18 MPa zřejmá není, jelikož na obou PB došlo ke snížení výšky uchycení SDOK o 0,3 m níže. Namáhání podpěrných bodů v důsledku nejvyšší návrhové teploty nedosahovalo extrémních hodnot, na rozdíl od stavu -5+N, a tak pro hodnocení rozdílu v zatížení PB dodatečnou instalací SDOK nebude dále komentováno.



Obrázek 28: Srovnání vzájemné polohy SDOK a AlFe při nejvyšší návrhové teplotě

7.4.2 Zatížení extrémní námrazou

Z grafických výstupů – profilů trasy po I. optimalizaci (stanovení výšek uchycení SDOK) je u všech navrhovaných variant zřejmé, že značné průhyby SDOK při zatížení extrémní námrazou jsou hlavním problémem spojeným s jeho instalací na stávající linky. V případě varianty s počátečním namáháním 6 MPa nevyhovělo na vzdálenost SDOK od terénu celkem 82 polí mezi PB ze 148 (55,4 %), v případě počátečního namáhání 12 MPa pak 59 polí mezi PB ze 148 (39,8 %) a při počátečním namáhání 18 MPa nevyhovělo 48 polí mezi PB ze 148 (32,4 %). Na rozdíl od ověřování účinků nejvyšší návrhové teploty je v případě ověření extrémního zatížení námrazou možné konstatovat, že vyšší hodnota počátečního namáhání má příznivý vliv na dodržení ověřovaných technických vzdáleností. Srovnání průhybů při zatížení extrémní námrazou na trase po I. optimalizaci ilustruje Obrázek 29. Části křivky, jež se nachází níže, než je dovolená vzdálenost SDOK nad terénem 6 m, jsou zvýrazněny modře. Rovněž byly do profilu pro demonstrační účely doplněny změřené minimální výšky SDOK nad terénem. Z obrázku je zřejmé, že se zvyšujícím se počátečním namáháním SDOK se snižuje jeho průhyb a tím i počet výškově nevyhovujících polí mezi PB.



Obrázek 29: Srovnání průhybů a vlivu počátečního namáhání při nejvyšší návrhové teplotě

Zmiňovaná nedodržení vzdálenosti mezi SDOK a terénem je možné v praxi řešit několika možnými způsoby. Nejjednodušší řešení spočívá ve zvýšení pozice uchycení SDOK. Tuto možnost však v případě této práce není možné využít, jelikož uchycení SDOK již bylo prvním krokem analýzy umístěno do nejvyšší možné výšky s ohledem na vzájemné vzdálenosti mezi SDOK a AIFe. Dalšími možnostmi je předimenzování PB ve smyslu jeho navýšení, nebo využití konzoly 4vodič. Práce se věnuje oběma variantám.

Navyšování PB se analýza věnuje ve své třetí části – II. optimalizace. V případě navýšení PB byly PB zvyšovány vždy o jeden krok z řady nominálních výšek. Počet takto optimalizovaných PB koresponduje s výše uvedenými výsledky počtu nevyhovujících polí. Změny v dimenzi všech PB znázorňují příslušné tabulky, jež jsou přílohou této práce. Pro zvolené počáteční namáhání 6 MPa bylo výškově optimalizováno celkem 67 PB, což je 45 % ze všech 149 PB. Pro počáteční namáhání 12 MPa bylo optimalizováno 52 PB, což odpovídá 34,9 % z celkového počtu PB a pro namáhání 18 MPa vyžadovalo optimalizaci již 49 PB čili 32,9 % z celku. Příznivý vliv vyššího počátečního namáhání je tak promítnut i do nižšího počtu optimalizací PB. Relativně malý rozdíl mezi počtem optimalizovaných PB pro počáteční namáhání SDOK 12 MPa a 18 MPa je způsoben nutností navyšovat PB v důsledku nízké výšky uchycení SDOK u varianty s počátečním namáháním 18 MPa. Zastoupení sloupů s délkou 10,5 m v celkovém počtu optimalizovaných sloupů je pro počáteční namáhání 6 MPa 94 %, pro 12 MPa 96 % a pro 18 MPa 94 %. To odpovídá předpokladům a praktickým zkušenostem z dosavadních instalací, kdy sloupy vyšších délek není zpravidla nutné měnit za delší.

7.4.3 Nadlehčování svorek a izolátorů

V důsledku optimalizace délek PB v přilehlých polích (viz předchozí kapitola) a rovněž v důsledku vyššího počátečního namáhání SDOK došlo u několika PB k nadlehčování podpěrných izolátorů VN a nosných závěsů SDOK. Nadlehčování je pro nosné izolátory/svorky v rozporu s požadavky normy TNS 12 1100.04, jelikož v jeho důsledku může dojít po čase k uvolnění či zničení příslušného izolátoru/svorky. Řešením nadlehčování je výměna nosných izolátorů/svorek za kotevní, nebo výšková optimalizace daného PB. Počty podpěrných izolátorů VN, u nichž došlo k nadlehčování, jsou přímo úměrné počtu optimalizovaných PB, počty nadlehčovaných nosných svorek SDOK pak velikosti počátečního namáhání. Pro variantu návrhu s počátečním namáháním 6 MPa bylo nadlehčování namáháno a následně za kotevní izolátory nahrazeno 11 podpěrných izolátorů VN a žádná z nosných svorek SDOK. Při počátečním namáhání SDOK 12 MPa bylo nadlehčováno 7 podpěrných izolátorů VN a 10 nosných svorek SDOK. Při namáhání 18 MPa pak 8 podpěrných izolátorů VN a 22 nosných svorek SDOK.

7.4.4 Vliv délky rozpětí a námrazové oblasti

Na základě vyhotovení „Kontroly mechaniky PB“ v softwaru Spider-EN byl obdržen soubor dat popisující mechanické namáhání lan AlFe a SDOK (Tabulka B.8), jejich průhyby (Tabulka B.9) a tahy, které vyvozují (Tabulka B.10). Uvedené tabulky jsou přílohou této práce na stranách 97 až 101. Na základě těchto dat byly vypracovány grafické závislosti sledovaných veličin na velikosti rozpětí pole mezi PB. Byla analyzována pouze data námrazové oblasti I2, jelikož pokrývá největší část trasy a tím i největší rozptyl délek rozpětí. Zbývající námrazové oblasti I1 a I0 tak do těchto závislostí graficky zpracovány nebyly. Vynesená data byla v rámci linearizace rozdělena dle délky rozpětí, zprůměrována a zaznamenána do Tabulka 12.

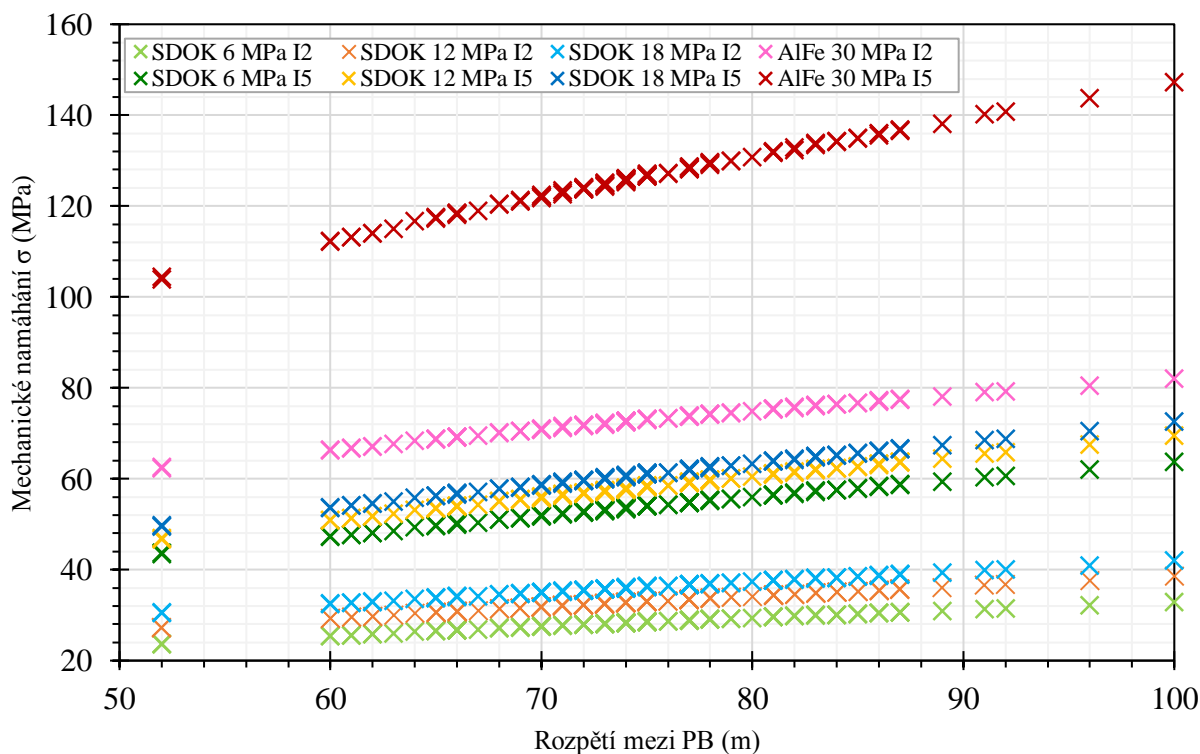
Za účelem posouzení vlivu námrazové oblasti na výše jmenované veličiny byly kategorie námrazové oblasti zvýšeny o dva stupně ve všech úsecích trasy, přičemž kategorie I2 byla povýšena na I5, jelikož kategorie I4 není normou PNE 33 3301 definována. Dále bylo provedeno opětovné přepočtení dat a byl vypracován výkres se vzájemným srovnáním průhybů SDOK dle počátečního namáhání pro původní i zvýšenou námrazovou oblast. Jedná se o přílohu C17 na přiloženém CD. Pro účely tohoto srovnání bylo nutné, aby byly všechny PB stejné délky. Z tohoto důvodu byl výkres vytvořen pro neoptimalizované varianty návrhu. Obrázek 32 je výřezem tohoto výkresu a demonstruje vliv rozpětí, počátečního namáhání a námrazové oblasti na průhyb SDOK.

Tabulka 12: Zhodnocení mechaniky SDOK a AlFe

Rozpětí pole (m)	Namáhání (MPa)				Průhyby (m)				Tahy (kN)			
	AlFe	SDOK			AlFe	SDOK			AlFe	SDOK		
	30 MPa	6 MPa	12 MPa	18 MPa	30 MPa	6 MPa	12 MPa	18 MPa	30 MPa	6 MPa	12 MPa	18 MPa
Námrazová oblast I2 (původní):												
60-69	67,51	25,93	29,92	33,14	1,01	1,60	1,39	1,25	8,93	4,83	5,57	6,17
70-79	72,40	28,22	32,65	35,88	1,32	2,05	1,77	1,61	9,58	5,26	6,08	6,68
80-89	76,69	30,08	34,97	38,24	1,61	2,49	2,14	1,96	10,15	5,60	6,51	7,12
90-100	80,17	31,92	37,39	40,74	1,98	3,01	2,57	2,36	10,61	5,95	6,96	7,59
Námrazová oblast I5 (zvýšená):												
60-69	114,8	48,45	52,18	54,93	1,38	2,19	2,03	1,93	15,19	9,02	9,72	10,23
70-79	125,4	53,37	57,61	60,41	1,76	2,77	2,56	2,44	16,59	9,94	10,73	11,25
80-89	134,1	57,47	62,24	65,18	2,13	3,33	3,07	2,94	17,75	10,70	11,59	12,13
90-100	142,9	61,66	67,08	70,08	2,57	3,98	3,66	3,50	18,91	11,49	12,50	13,05

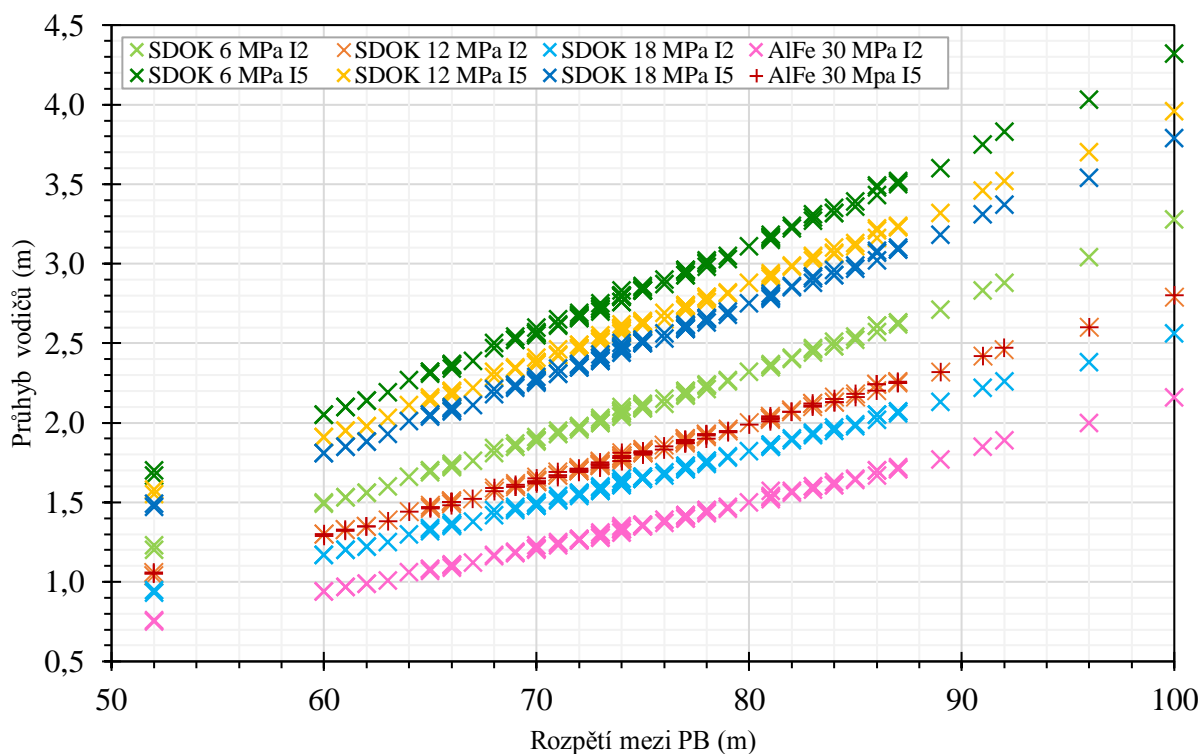
Pozn.: Všechna počáteční namáhání jsou uvažována při teplotě $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ bez námrazku.

Obrázek 30 vyjadřuje závislost namáhání lan AlFe/SDOK na velikosti rozpětí pole mezi PB analyzovaného úseku. Z grafu vyplývá, že grafické závislosti jsou téměř lineární a jejich strmost je pro totožné námrazové oblasti téměř stejná. Je zřejmé, že nejvyšší mechanické namáhání je dosaženo v případě lana AlFe, a to pro obě námrazové oblasti. To je dáno zejména vyšším počátečním tahem 30 MPa při $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a značně vyšším modulem pružnosti (o 80 %) tohoto lana. Pro původní námrazovou oblast I2 v případě analyzovaného úseku roste velikost mechanického namáhání SDOK přibližně o 7 % na 10 m rozpětí. Pro zvýšenou oblast I5 pak o 10 % na 10 m rozpětí. Vliv rozpětí pole je významný tedy zejména v případě zvýšené námrazové oblasti I5. Rozdíl mezi jednotlivými počátečními namáháními se se zvyšujícím se rozpětím mění minimálně.



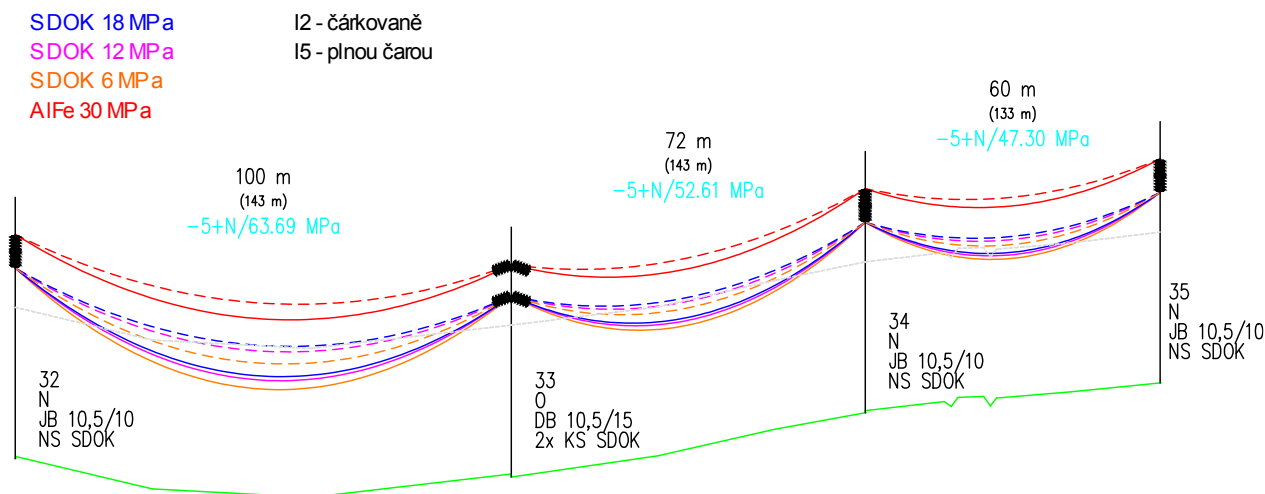
Obrázek 30: Závislost namáhání vodičů na rozpětí pole

Obrázek 31 znázorňuje závislosti průhybů lan AlFe/SDOK na velikosti rozpětí. Byl rovněž vykreslen pro původní námrazovou oblast I2 i pro zvýšenou oblast I5. Z grafu je patrné, že závislosti jsou rostoucího, mocninného charakteru. Délka rozpětí má tak významný dopad na průhyb lan AlFe/SDOK. V souladu s předpoklady platí, že nejvyšší průhyby jsou vyhodnoceny pro variantu návrhu s nejmenším počátečním namáháním 6 MPa. Varianta návrhu SDOK s počátečním namáháním 12 MPa vykazuje ve všech délkách rozpětí pole, při uvažování původní námrazové oblasti I2, téměř stejné průhyby jako pro lano AlFe při zvýšené námrazové oblasti I5.

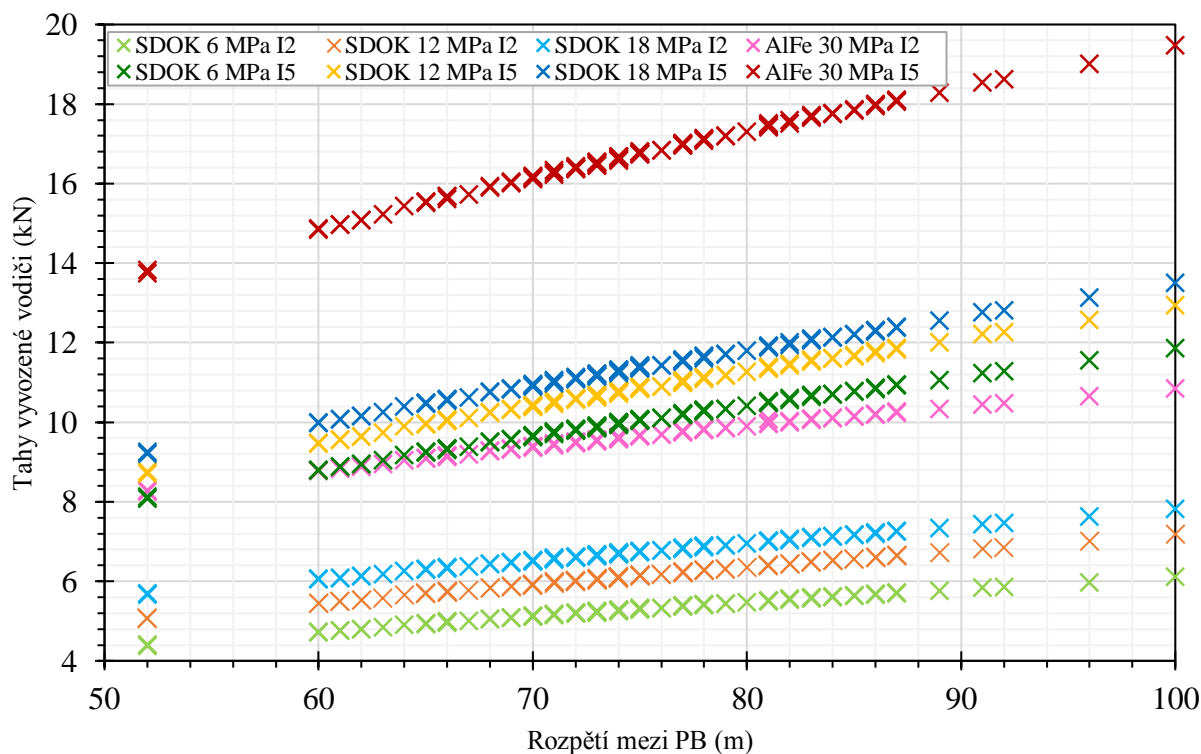


Obrázek 31: Závislost průhybů vodičů na rozpětí pole

Obrázek 33 vyjadřuje závislost vyvozených tahů lan AlFe/SDOK na délce rozpětí pole. Ze závislosti je patrné, že obdobně jako v případě závislosti mechanického namáhání na délce rozpětí pole mají charakteristiky v rámci stejných námrazových oblastí téměř shodnou strmost. Platí tedy taktéž předpoklad, že vyšší námrazová oblast i větší délka rozpětí pole způsobuje vyšší nárůst tahů. V případě SDOK a námrazové oblasti I2 rostou tahy přibližně o 7 % na 10 m délky rozpětí. V případě zvýšené námrazové oblasti I5 pak přibližně o 10 % na 10 m. V grafu je rovněž možné pozorovat odlišný tvar charakteristiky pro lano AlFe a původní námrazovou oblast I2, jež má oproti charakteristikám SDOK zřetelně menší strmost. Naopak strmost charakteristiky AlFe při zvýšené námrazové oblasti I5 je ze všech charakteristik nejvyšší.



Obrázek 32: Znázornění vlivu námrazové oblasti a délky rozpětí na průhyby SDOK

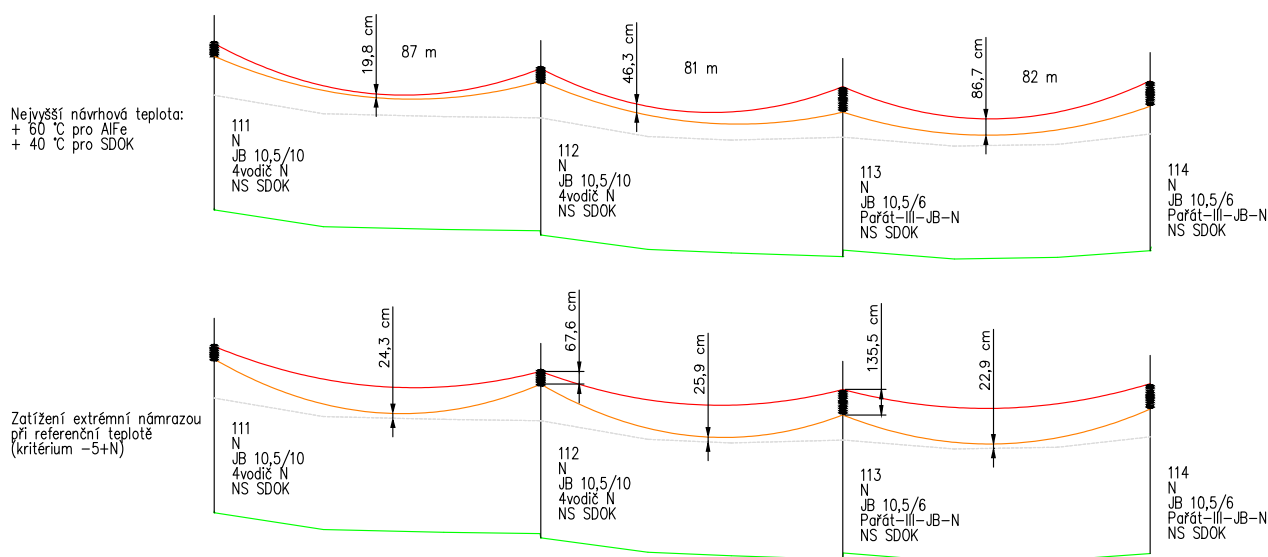


Obrázek 33: Závislost tahů vyvozených vodiči na rozpětí pole

7.4.5 Konzola 4vodič

Konzola 4vodič, jež byla pro uchycení SDOK konstruována a je popsána v kapitole 5.2.3, se normou TNS 19 1610 doporučuje instalovat zejména v případech vypořádání se s terénními překážkami a v situacích, kdy není možné dodržet technické vzdálenosti SDOK [19]. V rámci návrhu však bylo přistoupeno k jejímu využití v úsecích trasy, které vyžadovaly optimalizaci (výměnu) většiny PB daného úseku. Tyto úseky byly vybrány tak, aby bylo minimalizováno časté střídání různých typů konzol a aby počet po sobě jdoucích konzol stejného typu byl alespoň 3 ks. Časté střídání typu konzol, a tedy i dispozice vodičů, které přechod mezi konzolami Pařát a 4vodič obnáší, je z pohledu provozování a údržby venkovního vedení nevhodné. Pro využití konzoly 4vodič byly navrženy rovněž tři varianty lišící se počátečním namáháním SDOK. V rámci těchto

variant byly úseky využívající konzoly 4vodič rozmístěny v různých částech trasy za účelem co nejlepší optimalizace a dodržení výše popsaných požadavků. Stejně jako pro varianty věnující se pouze optimalizaci délek PB byly i pro tuto variantu zpracovány výkresy podélného profilu trasy jak pro nejvyšší návrhovou teplotu + 60 °C, tak pro zatížení extrémní námrazou. Přílohy jsou specifikovány v předchozích kapitolách. Obrázek 34 znázorňuje přechod úseku, u kterého byla využita konzola 4vodič, v úsek využívající konzolu Pařát-III. Z obrázku je zřejmé, že využitím konzoly 4vodič došlo, v případě nosných závěsů a tohoto konkrétního případu, k posunutí místa uchycení SDOK o téměř 68 cm nahoru. Využitím konzoly 4vodič tak nebylo nutné výškově optimalizovat PB v daném úseku. Případy, kdy došlo v důsledku vysokého počátečního namáhání SDOK k jeho vystoupení nad lano ALFe, nejsou v rozporu s požadavky normy TNS 19 1610.03 na nenulovou vzdálenost mezi oběma systémy. Vzájemná horizontální vzdálenost obou systémů, jež je dána rozpětím spodních ramen konzoly 4vodič, je totiž dostatečně velká, a tudíž je takový návrh v souladu s požadavky uvedené normy.



Obrázek 34: Srovnání užití konzol 4vodič a Pařát-III

7.4.6 Zatížení PB

V rámci stanovení počátečních předpokladů v kapitole 7.1 byl zmíněn možný nárůst zatížení podpěrných bodů tahu, vyvozenými dodatečně instalovaným kabelem typu SDOK a taktéž vyšším momentem síly v případě optimalizace délek PB. Pro posouzení tohoto případného zatížení byla analyzována data v podobě zatížení jednotlivých PB, která byla obdržena při prvním a druhém kroku optimalizace PB. Zpracování dat do příslušných tabulek, jež jsou přílohami této práce, popisují kapitoly 7.2.3 a 7.2.4. Vzhledem k malému rozptylu hodnot procentuální změny zatížení byly tyto hodnoty zprůměrovány a shrnuty do Tabulka 13. Z této tabulky je zřejmé, že podvěšení SDOK způsobí dodatečné zatížení většiny PB, a to v průměru o 19 % pro všechny varianty. Dále je možné konstatovat, že v rámci rozdílných hodnot počátečního namáhání SDOK nedochází k výrazné změně zatížení PB a rozdíl mezi nimi je marginální. Využití konzoly 4vodič vyvolá sice vyšší zatížení PB než pouhá optimalizace výšek sloupů, ale stále se jedná o zatížení, jež pro většinu PB pokryje projektová rezerva původního návrhu. V případě 3 PB (pro 18 MPa pak 4) došlo ke snížení zatížení daných PB tahu. Podstatou této změny je eliminace tahů odboček kabelem SDOK, který daný PB namáhá proti směru tahu vodičů odbočky.

Tabulka 13: Srovnání změny zatížení PB

Návrhová varianta SDOK	Počet více zatížených PB	Procentuální změna zatížení	Počet méně zatížených PB	Procentuální změna zatížení
6 MPa	146	+ 18,88 %	3	- 21,16 %
12 MPa	146	+ 19,37 %	3	- 21,10 %
18 MPa	145	+ 19,26 %	4	- 17,36 %
6 MPa - 4vodič	146	+ 21,78 %	3	- 18,91 %
12 MPa - 4vodič	146	+ 22,77 %	3	- 19,45 %
18 MPa - 4vodič	146	+ 19,93 %	3	- 20,41 %

Projektová rezerva v dimenzování vrcholových tahů PB dané trasy byla dostatečná, zejména v první pětině trasy, kdy byly PB dimenzovány na 10 kN vrcholového tahu, přičemž by bylo u většiny PB dostatečné jejich dimenzování na vrcholový tah 6 kN, a to i pro stav po podvěšení SDOK. V rámci celé trasy bylo u všech variant nutné vyměnit PB za typy s vyšším vrcholovým tahem pouze v případě 1 až 2 PB dle varianty návrhu. Další 2 PB, jež vyžadovaly předimenzování z důvodu vrcholového tahu, byly měněny i z důvodu optimalizace jejich délek. Případy nedodržení vrcholových tahů a výměn PB jsou v tabulkových přílohách označeny červeně.

7.5 Ekonomická náročnost instalace

Montáž SDOK, ať už dodatečná, nebo jako součást komplexní rekonstrukce venkovního vedení VN, je spojena s nutnými náklady na vlastní materiál a práci, ale i optimalizaci původní trasy, která by bez požadavku na jeho instalaci nebyla nutná. V rámci této kapitoly bude vyhotoveno zjednodušené nacenění vzniklé finanční náročnosti. K nacenění budou použity náklady vztažené na jednotku délky linky, jež jsou dostupné z veřejných zakázek společnosti EG.D, a. s. (přístupné na portále <https://www.ezak.eon.cz/>). K této metodě nacenění bylo přistoupeno z důvodu požadavku společnosti EG.D, a. s. nezveřejňovat cenové úrovně položek (a to jak položek prací, mechanizací, tak i materiálu) nad rámec již zveřejněných. Z tohoto důvodu je při nacenění dosaženo určitého zobecnění cenové úrovně. Přesné položkové nacenění jednotlivých technických variant však není předmětem této práce. Pro nacenění byla zvolena varianta s počátečním namáháním SDOK 12 MPa a bez využití konzoly 4vodič. Všechny náklady vychází z cenové báze platné pro rok 2017.

7.5.1 Nacenění výstavby nové linky bez SDOK

Za účelem vyjádření navýšení finanční náročnosti oproti výstavbě nové trasy bez uvažování přípravy pro instalaci SDOK je nejprve nutné stanovit její cenu. Z ukázkového rozpočtu veřejné zakázky „Elektromontážní práce – stavby, bo a odstraňování poruch na zařízení vn, nn a dts v období 2022 – 2024“ [46], jež popisuje výstavbu 1 km linky 22 kV s vodiči 3x AlFe 110/22, byly obdrženy následující náklady přepočtené na jednotku délky linky:

Materiál: 501 278,65 Kč/km.
 Práce a mechanizace: 162 220,16 Kč/km.
 Celkové náklady přepočtené na km: **663 498,81 Kč/km.**

Linka analyzovaná touto prací měří 10,846 km. V případě její výstavby by při uvažování výše zmíněných nákladů byla hrubá cena rekonstrukce:

$$663\,498,81 \text{ Kč/km} \cdot 10,846 \text{ km} = \underline{\underline{7\,196\,308,09 \text{ Kč}}}$$

7.5.2 Nacenění podvěšení SDOK

Samotná instalace SDOK podvěšením je ohodnocena na základě dílčích nákladů přepočtených na jednotku délky, které vycházejí z veřejné zakázky na rekonstrukci linky VN podvěšením SDOK – „Rekonstrukce VN112 od 62 po 181 + optika“ [47]:

Práce:.....	107 454,52 Kč/km.
Mechanizace:.....	20 000 Kč/km.
Materiál:	140 359,72 Kč/km.
Celkové náklady přepočtené na km:.....	267 814,24 Kč/km.
Vyhotovení optických spojek a měření optických parametrů:.....	172 896 Kč.

Pro linku analyzovanou touto prací je pak při uvažování 3 ks optických spojek a výše vyčíslených nákladů hrubá cena podvěšení SDOK následující:

$$267\,814,24 \text{ Kč/km} \cdot 10,846 \text{ km} + 172\,896 \text{ Kč} = \underline{\underline{3\,077\,609,24 \text{ Kč}}}$$

7.5.3 Nacenění optimalizací PB

Dodatečné náklady spojené s optimalizací výšek (výměnou nevyhovujících PB) jsou naceněny na základě vzorového položkového rozpočtu veřejné zakázky uvedené v kapitole 7.5.2.:

Materiál	15 680 Kč/ks
Práce, mechanizace a vlastní materiál zhotovitele:	12 829,04 Kč/ks

Výměna sloupu za příhradový stožár 16,5/20 kN nebyla v uvedených materiálech zveřejněna, a tak byla na základě interních cen stanovena zaokrouhlená částka:

$$\text{Výměna sloupu včetně mechanizace} \dots\dots\dots 95\,000 \text{ Kč/ks}$$

V případě návrhové varianty s počátečním namáháním 12 MPa bylo vyměněno 51 sloupů a jeden sloup byl nahrazen příhradovým stožárem. Na základě výše uvedených nákladů by hrubá cena optimalizace trasy představovala:

$$(12\,829,04 + 15\,680) \text{ Kč/ks} \cdot 51 \text{ ks} + 95\,000 \text{ Kč/ks} \cdot 1 \text{ ks} = \underline{\underline{1\,548\,961,04 \text{ Kč}}}$$

7.5.4 Vyčíslení zvýšené finanční náročnosti

Pro stanovení zvýšené finanční náročnosti instalace SDOK podvěšením je jako referenční cena uvažována výstavba nového venkovního vedení VN bez instalace a přípravy SDOK. Ta byla dle hrubé kalkulace v kapitole 7.5.1 ohodnocena na 7 445 766,09 Kč. V případě přípravy této trasy na budoucí podvěšení SDOK by uvedená částka vzrostla o náklady spojené s optimalizací výšek PB, které jsou v kapitole 7.5.3 ohodnoceny na 1 548 961,04 Kč. V takovém případě by zvýšená finanční náročnost odpovídala:

$$(7\,196\,308,09 \text{ Kč} + 1\,548\,961,04 \text{ Kč}) / 7\,196\,308,09 \text{ Kč} \cdot 100 = \underline{\underline{121,5 \%}}$$

Podvěšení SDOK na takto připravenou linku, které bylo hrubou kalkulací v kapitole 7.5.2 ohodnoceno na 3 077 609,24 Kč, by oproti původní rekonstrukci znamenalo následující finanční náročnost:

$$(7\,196\,308,09 \text{ Kč} + 1\,548\,961,04 \text{ Kč} + 3\,077\,609,24 \text{ Kč}) / 7\,196\,308,09 \text{ Kč} = \underline{\underline{164,3 \%}}$$

Na základě výše uvedených kalkulací je možné tvrdit, že podvěšení SDOK s počátečním namáháním 12 MPa spojené s optimalizací původní trasy znamená prodražení výstavby běžné linky venkovního vedení VN o 64,3 %.

8 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo shrnout dosavadní poznatky o optickém kabelu typu SDOK a na jejich základě posoudit dopady jeho instalace na mechaniku stávající linky venkovního vedení VN. Práce je rozdělena na dvě části, kdy první část se zabývá rešerší požadavků a legislativy potřebné pro navrhování venkovního vedení VN a úvodem do optických technologií hladiny VN včetně SDOK. Druhá část se věnuje praktickému návrhu instalace SDOK a rozboru jeho dopadu na analyzovanou linku VN.

První, teoretická část se ve svém úvodu věnuje popisu distribuční soustavy a venkovnímu vedení VN, jež tvoří její důležitou součást. V této kapitole jsou popsány jednotlivé komponenty venkovního vedení a vybavení PB. Následující kapitola rozebírá platnou i historickou legislativu a příslušné normy, které jsou spojeny s procesem návrhu venkovního vedení VN. Hlavní stáří první části je kapitola 3, věnovaná návrhu venkovního vedení VN, zejména stanovení a popisu jednotlivých zatížení dle normy PNE 33 3301. Právě vliv těchto zatížení je klíčový při navrhování venkovního vedení a má přímý dopad na jeho finální podobu. V následující kapitole 4 je rozvedena problematika optických technologií na hladině VN. Úvodem do dané problematiky je představení programu Národního akčního plánu pro smart grids a plánů koncepčního rozvoje společností ČEZ Distribuce, a. s. a EG.D, a.s. Předmětem těchto plánů je zejména reakce daných distribučních společností na příchod elektromobility a smart grids v podobě posílení datové infrastruktury. To bude řešeno zejména budováním nových komunikačních tras s využitím SDOK na venkovních linkách VN. Závěrem první části práce jsou rozebrány poznatky z pilotní instalace SDOK, jež měla dopad na soudobě vznikající normovou základnu a zásady pro instalaci SDOK. Jakožto možná alternativní technologie je poslední kapitolou pospána metoda ovíjení lana AlFe optickým kabelem a poznatky z pilotní akce takové montáže.

Druhá, praktická část této diplomové práce se věnuje návrhu a posouzení instalace SDOK na stávající venkovní linku VN s využitím programu Spider-EN, jenž byl představen v kapitole 6. Analyzovaná linka venkovního vedení, která byla popsána v úvodu kapitoly 7, představuje typickou linku distributora EG.D, a.s., a je tak možné výstupy této práce považovat za obecně uplatnitelné na většinu linek venkovního vedení hladiny VN. Podstatou návrhu je stanovení vlivu SDOK na mechaniku stávajícího vedení. Z dosavadních praktických zkušeností z instalací SDOK je známo, že zásadní vliv na mechaniku vedení má volba počátečního namáhání. Jeho velikost není zatím explicitně doporučena a výchozím podkladem projektantů je distributorem EG.D, a.s. doporučené rozmezí hodnot 5 – 20 MPa. Z uvedeného rozpětí byly vybrány hodnoty počátečního namáhání 6, 12 a 18 MPa, jakožto hodnoty volené v dosavadních instalacích. Byly tak zpracovány tři varianty návrhu lišící se zvoleným počátečním namáháním.

Oproti navrhování konvenční linky s lany AlFe je proces návrhu instalace SDOK značně specifický, a to zejména z důvodu výrazně odlišných mechanických vlastností SDOK ve spojení s nutností vyhovět technickým vzdálenostem stanoveným normami PNE 33 3301 a TNS 19 1610. V důsledku značně nižšího modulu pružnosti SDOK jsou problematické zejména vysoké průhyby SDOK při zatížení extrémní námrazou. Naopak z důvodu podstatně vyššího součinitele teplotní roztažnosti lan AlFe hrozí nebezpečné přiblížení obou systémů při nejvyšší návrhové teplotě. Návrh samotný je tak, zejména v případě dodatečné instalace SDOK na stávající linku VN, spíše optimalizačním procesem s cílem najít vhodnou polohu uchycení SDOK tak, aby byly dodrženy požadavky uvedených norem.

Analýza navržených variant spočívala ve zhodnocení obdržných výsledků popisujících zatížení všech PB trasy, průhybů vodičů, jejich mechanického namáhání a tahů, které vyvozuje. Na základě těchto dat je možné potvrdit, že dodatečná instalace SDOK má velmi mírný dopad na zatížení stávajících PB, a to i po jejich optimalizaci – výměně za delší. Nejvyššího zatížení PB bylo dosaženo nahrazením konzoly Pařát konzolou 4vodič, kdy vzrostlo průměrně o 20 %. Důsledkem zvýšeného namáhání bylo nutné vyměnit jen 1 až 2 PB, dle návrhové varianty. V rámci projektových rezerv je tak instalaci SDOK, co se týče dodatečného namáhání PB, možné považovat za bezproblémovou. Naopak jmenovitá délka PB je vzhledem k nízkému modulu pružnosti SDOK zásadní. V návaznosti na volbu počátečního namáhání SDOK se dá při jeho instalaci očekávat, že třetina až polovina stávajících PB bude vyžadovat optimalizaci – výměnu za delší. Jako rozhodující lze považovat i délku rozpětí a kategorii námrazové oblasti. Tyto faktory mají dle vypracovaných grafických závislostí podstatně vyšší dopad na průhyby i namáhání SDOK oproti lanům AlFe. V návaznosti na obdržná data je doporučením vyhnout se volbám nízkého počátečního namáhání SDOK 6 MPa, jelikož jeho jediný benefit, v podobě teoreticky nízkého zatížení stávajících PB, je v kontrastu s jejich obdobným zatížením v případě vyššího počátečního namáhání marginální. Naopak velmi vysoké hodnoty počátečního namáhání mají sice výrazný přínos v minimalizaci počtu nutných optimalizací délek PB, zato návrh samotný značně prodlužují z důvodu vysoké míry optimalizací výšek uchycení SDOK. Lze je doporučit pouze v rovinných terénech a v případě lokálního vypořádání se s terénními nerovnostmi. Problémem spojeným s vysokou hodnotou počátečního namáhání je nadlehčování nosných svorek, jež v jeho důsledku musí být měněny za kotevní. Počet takových výměn oproti variantě s počátečním namáháním 12 MPa byl dvojnásobný. Jako ideální tak lze považovat střední hodnotu zkoumaného rozpětí hodnot počátečního namáhání. Počet optimalizovaných PB je v tomto případě obdobný variantě s vyšším počátečním namáháním, celková potřeba optimalizovat výšky uchycení SDOK je ale výrazně menší. Proces navrhování SDOK je i tak při korektní volbě jeho počátečního namáhání spojen s nutnou postupnou úpravou a optimalizací trasy. Nutnost těchto optimalizací je přímo závislá na složitosti trasy, jmenovitě na délce rozpětí, charakteru terénu a kategorii námrazové oblasti, kterou trasa prochází. Oproti přístupu k navrhování venkovních vedení VN pouze s vodiči AlFe je takový návrh doprovázen podstatně vyššími nároky na čas a úsilí potřebné k jeho vyhotovení.

Závěrem této práce bylo zpracováno hrubé ekonomické nacenění navržené instalace SDOK. Výstavbu typického úseku linky venkovního vedení VN by příprava na jeho budoucí podvěšení prodražila o přibližně 21 %, jeho následná instalace pak o dalších 42,8 %. Celkově je tak finanční náročnost instalace SDOK vyšší o 64,3 % oproti běžné výstavbě.

9 BIBLIOGRAFIE

- [1] TOMAN, Petr. *Provoz distribučních soustav*. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [2] Popis distribuční soustavy E.ON Distribuce, a. s. *Technické informace o distribuční soustavě elektriny* [online]. 2020 [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: https://www.eon-distribuce.cz/sites/default/files/2020-08/Popis_DS_2020.pdf
- [3] Technická data. *ČEZ Distribuce* [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/distribucni-soustava/technicka-data.html>
- [4] TNS 12 1100.04. *Venkovní vedení VN s holými vodiči: Zásady volby typů a jejich provedení*. 4. E-ON Distribuce, a. s., 2014.
- [5] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná zařízení*. 1. Brno: FEKT VUT v Brně, 2015.
- [6] PNE 34 8220. *Odstředované betonové sloupy pro elektrická venkovní vedení do 45 kV*. 2. ČEZ Distribuce, E.ON, PRE, SME, ZSE, 2006.
- [7] PNE 348210. *Dřevěné sloupy a dřevěné sloupy na patkách pro elektrická venkovní vedení do 45 kV*. 2. REAS ČR, ZSE, VSE, 2004.
- [8] FECKO, Štefan, Ján ŽIARAN a Ladislav VARGA. *Elektrické siete : Vonkajšie silové vedenia*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 1990. ISBN 8022702889.
- [9] *Typový podklad č. 1/2012: Ocelové konzoly typ PARÁT III na betonové sloupy*. Aktualizace 2018. České Budějovice: ENERGETIKA SERVIS, s.r.o., 2012. Dostupné také z: <https://www.energetika-servis.cz/upload/5/5/tp-c-01-2012-konzola-parat-iii-aktualizace-2018-03-02.pdf>
- [10] PNE 34 7509. *Holé vodiče pro venkovní vedení ze soustředěně slaněných kruhových drátů*. 1. ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce, E.ON CZ, PRE Distribuce, ČEPS, ZSE, 2007.
- [11] *Praktická příručka pro projekci venkovních distribučních sítí NN a VN*. Brno: EGÚ Energetický ústav Brno, a. s., 1997.
- [12] ČSN 33 3301. *Stavba elektrických venkovních vedení s jmenovitým napětím do 52 kV*. Český normalizační institut, 1997.
- [13] ČSN EN 50423-1. *Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV do AC 45 kV včetně: Část 1: Všeobecné požadavky - Společné specifikace*. 2. Český normalizační institut, 2005.
- [14] ČSN EN 50341-1. *Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV: Část 1: Obecné požadavky - Společné specifikace*. 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [15] ČSN EN 1991-1-4. *Zatížení konstrukcí: Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Český normalizační institut, 2007.

- [16] ČSN EN 61140. *Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení*. 3. CENELEC, 2016.
- [17] PNE 34 8240. *Příhradové stožáry pro elektrická venkovní vedení do 45 kV*. 1. ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce, E.ON CZ, PRE Distribuce, ZSE, 2007.
- [18] PNE 33 0000- 1. *Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribučních soustavách a přenosové soustavě*. ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce, E.ON CZ, PRE Distribuce, ČEPS, 2017.
- [19] TNS 19 1610.03. *Sdělovací vedení na venkovních vedeních VN: Samonosné dielektrické optické kabely a kombinovaná zemní lana*. 03. E-ON Distribuce, a. s., 2018.
- [20] TNS 19 1611.00. *Sdělovací vedení: Samonosný dielektrický optický kabel 48 vláken*. E-ON Distribuce, a. s., 2018.
- [21] TNS 19 1612.00. *Sdělovací vedení: Samonosný dielektrický optický kabel 96 vláken*. E-ON Distribuce, a. s., 2018.
- [22] ČESKO. Zákon č. 458 ze dne 29. 12. 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné také z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?o=3&T=535>
- [23] ČESKO. Nařízení vlády č. 80/1957 Sb. ze dne 31. 12. 1957: Vládní nařízení, kterým se provádí zákon č. 79/1957 Sb., o výrobě, rozvodu a spotřebě elektřiny (elektrisační zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. částka 36. Dostupné také z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=80&r=1957>
- [24] ČESKO. Zákon č. 183 ze dne 11. 05. 2006 o územním plánování a stavebním řádu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. částka 63. Dostupné také z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?o=4&T=998>
- [25] ČESKO. Zákon č. 194 ze dne 25. 7. 2017 o opatřeních ke snížení nákladů na zavádění vysokorychlostních sítí elektronických komunikací a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. částka 71. Dostupné také z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=194&r=2017>
- [26] PNE 33 3301. *Elektrická venkovní vedení s napětím nad 1 kV AC do 45 kV včetně*. 4. vydání + Oprava 1. ČEZ Distribuce, E.ON distribuce, 2019.
- [27] Předpokládaný rozvoj distribuční soustavy 2018 - 2022. *E.ON Distribuce* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/sites/default/files/2018-09/predpokladany-rozvoj-ds.pdf>
- [28] SEIDL, Pavel. Postup realizace optické infrastruktury v ČEZ Distribuce, a. s. In: *Konference ČK CIRED 2019*. Tábor: CIRED Český komitét, 2019, s. 13.
- [29] NAP pro chytré sítě 2019 - 2030 - Aktualizace NAP SG. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Odbor elektroenergetiky a teplárenství [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/9/Aktualizace_NAP_SG_2019-2030.pdf

- [30] TLUSTÝ, Josef. *Návrh a rozvoj elektroenergetických sítí*. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04939-6.
- [31] Státní energetická koncepce. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Department 32400 [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>
- [32] ECD-PP-249. *Prováděcí pokyn ECD: Koncepce sítí vysokého napětí 22 kV*. E-ON Distribuce, a. s., 2019.
- [33] ACON Smart Grids. In: *ACON - Smart Grids CZ/SK: Project of common interest* [online]. 2021 [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: https://www.acon-smartgrids.cz/upload/Brozura_Acon_EU_web.pdf
- [34] Koncepce rozvoje optické infrastruktury společnosti ČEZ Distribuce, a. s. *ČEZ Distribuce* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/distribucni_soustava/koncepce-rozvoje-opticke-infrastruktury-do-roku-2030.pdf
- [35] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky: Optoelektronika a optoelektrické prvky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-730-0184-5.
- [36] KLOUBEC, Roman a Petr LEHKÝ. Instalace optických kabelů na venkovní vedení VN. In: *Konference ČK CIRED 2019*. Tábor: CIRED Český komitét, 2018, s. 9.
- [37] LEHKÝ, Petr, Jaroslav ŠABATA a Helena KVÁČOVÁ. *Studie umístitelnosti optického kabelu na vedení VN*. Brno: EGÚ Bno, a.s. Sekce elektrických sítí, 2017, , 26.
- [38] Tisková zpráva E-ON: Nový typ konzoly 4-Vodič umožňuje snadné zavěšení optického kabelu a je bezpečný pro ptáky. *E.ON Distribuce* [online]. 2020 [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: https://www.eon-distribuce.cz/sites/default/files/2020-02/E.ON%20TZ%20-%20Lu%C5%BEice_nov%C3%BD%20typ%20konzoly.pdf
- [39] *Typový podklad č. 1/2018 - edice 2: Ocelové konzoly 4vodič VN-SDOK na betonové sloupy + konstrukce pro rozvody optického závěsného kabelu na podpěrné body venkovního vedení VN* [online]. 2. České Budějovice: ENERGETIKA SERVIS, s.r.o., 2018. Dostupné také z: <https://www.energetika-servis.cz/upload/1/9/3/tp-01-2018-konzola-4vodice-na-bs-v9-2.pdf>
- [40] OFS OPTICS - A FURAKAWA COMPANY. *IP014 PowerGuide Installation Guidelines: Pokyny PowerGuide® pro instalaci ADSS kabelů Pokyny pro instalaci*.
- [41] JAN, Volek, Štěpka VRATISLAV, Müllerová EVA, Formánek JOSEF a Laurenc JIŘÍ. Zkušenosti s výstavbou a provozováním samonosných dielektrických optických kabelů (SDOK), elektrické a mechanické zkoušky. In: *Konference ČK CIRED 2019*. Tábor: CIRED Český komitét, 2019, s. 10.
- [42] SkyWrap – attached optical cable for aerial power lines - AFL: SkyWrap. *AFL Global* [online]. 2020 [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://www.aflglobal.com/Products/Fiber-Optic-Cable/Aerial/Skywrap.aspx>

- [43] E.ON Česká republika: Ovíjení nadzemního vedení optickým kabelem. *Youtube* [online]. [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=dpj83Q-IIh4>
- [44] SPIDER-EN - Projektování energetických sítí. *GISoft - CA, GIS, systémy pro infrastruktury, projekční systém* [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <http://www.gisoft.cz/SPIDER-EN/SPIDER-EN>
- [45] *OpenStreetMap* [online]. OpenStreetMap Foundation [cit. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org>
- [46] Veřejná zakázka: ELEKTROMONTÁŽNÍ PRÁCE – STAVBY, BO A ODSTRAŇOVÁNÍ PORUCH NA ZAŘÍZENÍ VN, NN A DTS V OBDOBÍ 2022 - 2024. *Veřejné zakázky EG.D, a.s.* [online]. Brno: EG.D, a. s., 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: https://ezak.eon.cz/contract_display_183.html
- [47] Veřejná zakázka: Rekonstrukce VN112 od 62 po 181 + optika. *Veřejné zakázky EG.D, a.s.* [online]. Brno: EG.D, a. s., 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: https://ezak.eon.cz/contract_display_156.html
- [48] ERHARDT, Stefan, Philipp HOCHREUTHER a Martin SCHÜTZ. *OpenTopoMap: Topographische Karten aus OpenStreetMap* [online]. [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <https://opentopomap.org>

A OBRÁZKOVÉ PŘÍLOHY



Obrázek A.1: Poloha analyzovaného úseku linky VN
(Zdroj: [48])

B TABULKOVÉ PŘÍLOHY

Tabulka B.1: Parametrizace původních PB a jejich zatížení bez SDOK

Č. PB	Původní č. PB	Typ PB	Typ sloupu	Konzolovina	Izolátory	-30	-5+N	-5+N +vítr	-5 +vítr
1	95	OV	DB 10,5/15 kN	Rovinná 1000	3x JK. plast.	20,94	13,85	16,08	13,02
2	1	V	JB 10,5/15 kN	Rovinná 1000	6x JK. plast.	2,70	7,36	7,55	2,09
3	2	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,75	4,10	5,07	3,17
4	3	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,11	0,18	3,41	3,54
5	4	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,45	0,63	3,51	3,58
6	5	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,17	0,23	3,48	3,63
7	6	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,10	0,13	3,42	3,59
8	7	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,04	0,03	3,38	3,57
9	8	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,32	0,43	3,50	3,61
10	9	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,60	0,79	3,49	3,58
11	10	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,03	0,05	3,31	3,48
12	11	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,48	1,94	4,08	3,70
13	12	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,16	1,52	3,96	3,75
14	13	R	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-R	6x JK. plast.	1,63	2,26	4,50	3,72
15	14	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,72	2,34	4,07	3,47
16	15	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,95	2,72	4,17	3,37
17	16	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,90	1,31	3,30	3,23
18	17	O	JB 10,5/15 kN	Pařát-III-JB-R	6x JK. plast.	24,25	14,05	16,91	14,38
19	18	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,20	2,98	4,50	3,51
20	19	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,21	0,28	3,63	3,79
21	20	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,33	0,43	3,54	3,69
22	21	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,73	1,02	3,56	3,56
23	22	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,36	1,80	3,93	3,63
24	23	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,28	0,33	3,56	3,69
25	24	R	JB 10,5/15 kN	Pařát-IV-JB-R	6x JK. plast.	0,49	0,65	3,45	3,59
26	25	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,57	0,80	3,51	3,58
27	26	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,07	0,08	3,32	3,47
28	27	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,70	0,97	3,59	3,61
29	28	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,04	0,05	3,53	3,67
30	29	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,10	0,12	3,48	3,63
31	30	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,32	1,70	4,11	3,83
32	31	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,94	2,56	5,07	4,39
33	32	O	DB 10,5/15 kN	Pařát-III-DBW-K	6x JK. plast.	19,20	25,50	29,34	14,82
34	33	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,69	2,36	3,97	3,38
35	34	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,80	2,51	4,10	3,41
36	35	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,19	1,54	4,09	3,85
37	36	N	JB 12/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	7,65	3,65	5,13	5,83
38	37	O	DB 12/15 kN	Pařát-III-DBW-R	6x JK. plast.	12,97	15,20	17,70	10,02
39	38	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,87	1,24	3,05	2,95
40	39	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,09	0,13	2,94	3,06
41	40	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,72	0,93	3,21	3,15
42	41	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,76	0,97	3,25	3,19
43	42	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,08	0,12	2,98	3,05
44	43	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,25	0,33	2,90	3,01
45	44	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,33	0,44	2,98	3,02
46	45	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,62	0,81	3,03	3,03
47	46	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,06	1,38	3,26	3,04
48	47	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,22	1,60	3,61	3,02
49	48	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,69	2,21	3,68	3,08
50	49	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,79	1,02	3,43	3,36
51	50	R	JB 10,5/15 kN	Pařát-IV-JB-R	6x JK. plast.	1,71	2,20	3,74	3,17
52	51	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,30	0,34	2,88	2,99
53	52	N	JB 12/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,07	0,14	3,03	3,23
54	53	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,38	0,49	3,03	3,09
55	54	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,96	1,29	3,12	2,96
56	55	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,27	0,38	2,71	2,86

57	56	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,50	1,96	3,53	3,05
58	57	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,45	0,58	3,25	3,29
59	58	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,12	0,17	3,32	3,36
60	59	N	JB 12/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,06	0,09	3,21	3,41
61	60	N	JB 13,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,23	0,29	0,39	3,61
62	61	O	DB 12/15 kN	Pařát-III-DBW-K	6x JK. plast.	6,39	10,43	12,64	4,08
63	62	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,17	0,36	1,33	1,61
64	63	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	4,83	9,48	9,69	2,25
65	64	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,43	0,59	2,72	2,83
66	65	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,14	0,19	2,62	2,76
67	66	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,85	2,85	3,71	2,54
68	67	RV	DB 10,5/15 kN	Pařát-III-DBW-K	6x JK. plast.	4,97	6,94	7,46	2,89
69	68	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,68	0,90	3,53	3,47
70	69	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,63	3,45	4,57	3,08
71	70	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,77	1,11	2,73	2,68
72	71	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	3,54	4,74	5,53	3,01
73	72	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,09	0,17	3,47	3,48
74	73	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,18	0,30	3,62	3,54
75	74	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,09	0,15	3,37	3,43
76	75	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,22	1,55	3,45	3,18
77	76	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,25	1,61	3,61	3,30
78	77	O	DB 10,5/12 kN	Pařát-III-DBW-R	6x JK. plast.	15,41	17,15	19,98	11,34
79	78	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,14	0,18	2,56	2,72
80	79	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,88	1,19	2,93	2,81
81	80	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,55	2,01	3,59	3,09
82	81	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,27	0,34	3,26	3,29
83	82	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,02	1,32	3,44	3,19
84	83	R	DB 12/10 kN	Pařát-IV-DBW-R	6x JK. plast.	6,11	8,86	11,56	6,65
85	84	N	JB 12/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,08	0,21	3,00	3,19
86	85	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,22	2,95	4,46	3,38
87	86	O	DB 10,5/15 kN	Pařát-III-DBW-K	6x JK. plast.	7,29	2,02	4,43	5,43
88	87	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,62	0,91	2,73	2,72
89	88	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,80	2,11	3,33	2,73
90	89	R	DB 10,5/15 kN	Pařát-IV-DBW-R	6x JK. plast.	9,79	14,72	17,42	8,84
91	90	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,36	9,72	10,01	3,34
92	91	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,05	1,38	2,57	3,14
93	92	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,56	2,08	2,72	2,61
94	93	R	JB 12/15 kN	Pařát-IV-JB-R	6x JK. plast.	3,87	2,95	3,49	2,85
95	94	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,38	0,25	2,31	3,30
96	95	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,06	0,05	2,36	3,35
97	96	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,37	0,91	2,39	3,20
98	97	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,54	1,02	2,46	3,22
99	98	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,54	1,75	2,78	3,09
100	99	O	DB 12/10 kN	Pařát-III-DBW-N	3x VPAv 135	11,91	9,03	11,04	9,74
101	100	O	DB 10,5/15 kN	Pařát-III-DBW-K	6x JK. plast.	28,39	22,60	24,57	17,99
102	101	N	JB 10,5/10 kN	konz. ÚO	6x JK. plast.	4,69	3,85	4,19	2,49
103	102	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,24	0,83	2,31	3,13
104	103	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,14	0,11	2,06	2,97
105	104	N	JB 12/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,81	0,56	2,21	3,15
106	105	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,44	1,78	2,70	2,93
107	106	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,94	0,72	2,03	2,76
108	107	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,12	0,80	2,22	2,98
109	108	RV	DB 12/15 kN	Pařát-III-DBW-K	6x JK. plast.	0,54	0,37	2,11	3,15
110	109	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,75	0,49	2,33	3,28
111	110	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,25	0,17	2,43	3,44
112	111	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,83	0,54	2,40	3,33
113	112	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,20	5,14	5,52	3,29
114	113	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,22	0,12	1,77	3,32
115	114	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,74	4,73	5,08	3,14
116	115	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,28	0,91	2,20	2,91
117	116	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,65	1,82	2,86	3,14
118	117	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,50	1,73	2,84	3,16

119	118	O	DB 12/10 kN	Pařát-III-DBW-R	6x JK. plast.	14,61	12,64	14,49	11,17
120	119	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-R	6x JK. plast.	1,13	1,05	2,77	3,25
121	120	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,27	0,93	2,21	2,92
122	121	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	5,18	4,97	5,22	2,39
123	122	R	DB 10,5/15 kN	Pařát-III-DBW-R	6x JK. plast.	16,66	12,96	14,10	10,42
124	123	N	JB 10,5/10 kN	konz. ÚO	6x JK. plast.	0,31	7,46	7,69	2,37
125	124	R	DB 10,5/10 kN	Pařát-III-DBW-R	3x VPAv 135	9,44	12,93	15,34	8,04
126	125	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,54	2,05	3,44	2,94
127	126	R	JB 10,5/15 kN	Pařát-III-JB-R	6x JK. plast.	4,63	6,11	8,55	5,31
128	27	O	DB 10,5/10 kN	Pařát-III-DBW-R	6x JK. plast.	8,74	15,97	18,80	7,91
129	28	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,42	18,50	4,02	3,57
130	29	N	JB 12/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,00	1,38	3,49	3,36
131	30	O	DB 12/10 kN	Pařát-III-JB-R	6x JK. plast.	5,96	14,65	16,14	5,98
132	31	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,06	0,07	2,15	3,10
133	32	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,55	1,03	2,56	3,30
134	33	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,72	1,14	2,60	3,29
135	34	R	JB 10,5/15 kN	Pařát-III-JB-R	6x JK. plast.	1,35	1,26	3,22	3,67
136	35	N	JB 10,5/6 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,17	0,13	2,31	3,29
137	36	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,37	8,10	8,51	3,16
138	37	O	DB 12/15 kN	Pařát-III-JB-R	6x JK. plast.	6,63	16,62	19,63	7,12
139	38	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,83	2,46	3,97	3,29
140	39	O	DB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-R	6x JK. plast.	11,07	10,72	13,26	8,81
141	40	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,53	0,36	2,91	4,09
142	41	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	2,36	1,65	3,00	3,65
143	42	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,80	9,74	10,01	3,01
144	43	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,46	0,62	2,38	2,43
145	44	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,08	0,10	2,35	2,45
146	45	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,14	0,18	2,42	2,50
147	46	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	0,55	0,75	2,52	2,51
148	47	N	JB 10,5/10 kN	Pařát-III-JB-N	3x VPAv 135	1,30	1,69	2,95	2,53
149	37	K	PS 13,5/50 N	B0-U80	6x JK. plast.	24,40	39,73	41,21	21,50

Tabulka B.2: Parametrizace a zatížení PB při podvěšení SDOK s poč. namáháním 6 MPa

Číslo PB	I. Optimalizace: Stanovení výšky závěsu SDOK							II. Optimalizace: Předimenzování sloupů				
	Svorka SDOK	Výška svorky	-30	-5+N	-5+N +vitr	-5 +vitr	$\Delta\delta_{ZAT}$ (%)	Optimalizovaný typ sloupu	-30	-5+N	-5+N +vitr	-5 +vitr
1	KO-DB	1,2	21,98	16,21	18,43	13,98	12,75		21,98	16,21	18,43	13,98
2	KO	0,8	2,72	8,82	9,07	2,48	16,76		2,74	8,76	9,00	2,46
3	N	0,5	2,77	4,83	6,09	3,83	16,75		2,76	4,83	6,10	3,83
4	N	0,5	0,11	0,22	4,27	4,30	20,14	JB 12/10 kN	0,10	0,22	4,27	4,44
5	N	0,5	0,46	0,75	4,41	4,36	20,41		0,42	0,75	4,30	4,26
6	N	0,5	0,17	0,27	4,36	4,41	20,18	JB 12/10 kN	0,16	0,28	4,37	4,55
7	N	0,5	0,10	0,15	4,29	4,36	20,28		0,11	0,14	4,29	4,37
8	N	0,5	0,04	0,00	4,24	4,34	20,28		0,04	0,00	4,24	4,34
9	N	0,5	0,33	0,51	4,38	4,39	20,09		0,33	0,51	4,38	4,39
10	KO	0,5	0,60	0,94	4,40	4,37	20,68		0,60	0,94	4,40	4,37
11	N	0,5	0,03	0,06	4,17	4,23	20,62		0,04	0,05	4,16	4,24
12	N	0,5	1,49	2,28	5,04	4,50	19,05	JB 12/10 kN	1,46	2,26	5,04	4,64
13	N	0,5	1,17	1,79	4,91	4,56	19,35	JB 12/10 kN	1,15	1,77	4,91	4,69
14	KO	0,8	1,65	2,65	5,49	4,46	18,03		1,63	2,62	5,48	4,60
15	N	0,5	1,72	2,76	4,98	4,19	18,27	JB 12/10 kN	1,71	2,71	4,97	4,33
16	N	0,5	1,96	3,20	5,09	4,08	18,07		1,97	3,19	5,08	4,08
17	N	0,5	0,90	1,54	4,09	3,89	19,32	JB 12/6 kN	0,91	1,50	4,08	4,04
18	KO	1,2	14,50	9,58	13,16	10,54	-28,5		14,50	9,58	13,17	10,54
19	N	0,5	2,21	3,51	5,48	4,26	17,88	JB 12/10 kN	2,18	3,47	5,46	4,40
20	N	0,5	0,21	0,32	4,43	4,50	18,06		0,21	0,32	4,43	4,50
21	N	0,5	0,34	0,51	4,46	4,51	20,63	JB 12/10 kN	0,33	0,50	4,47	4,65
22	N	0,5	0,74	1,20	4,44	4,32	19,82	JB 12/10 kN	0,72	1,19	4,44	4,46
23	N	0,5	1,37	2,13	4,89	4,44	19,63	JB 12/10 kN	1,35	2,11	4,89	4,57
24	N	0,5	0,28	0,39	4,50	4,52	20,89	JB 12/10 kN	0,28	0,41	4,63	4,76
25	KO	0,8	0,50	0,77	4,35	4,39	20,69		0,51	0,76	4,35	4,39
26	N	0,5	0,58	0,94	4,38	4,33	19,86	JB 12/10 kN	0,55	0,94	4,39	4,47
27	N	0,5	0,07	0,10	4,15	4,20	20,00		0,06	0,11	4,16	4,21
28	N	0,5	0,71	1,14	4,47	4,37	19,69		0,70	1,15	4,47	4,37
29	N	0,5	0,04	0,05	4,41	4,45	19,95	JB 12/10 kN	0,03	0,05	4,42	4,59
30	N	0,5	0,10	0,14	4,38	4,43	20,55		0,10	0,14	4,39	4,57
31	N	0,5	1,33	2,00	5,10	4,66	19,41	JB 12/10 kN	1,31	1,98	5,09	4,79
32	N	0,5	1,95	3,03	6,27	5,37	19,14	JB 12/10 kN	1,91	2,99	6,25	5,50
33	KO-DB	1,2	11,65	18,75	23,53	11,18	-24,7	DB 12/15 kN	11,79	19,02	23,84	11,45
34	N	0,5	1,70	2,78	4,86	4,07	18,31		1,69	2,78	4,86	4,07
35	N	0,5	1,81	2,96	5,01	4,11	18,16		1,81	2,95	5,01	4,11
36	N	0,5	1,19	1,82	5,07	4,66	19,33	JB 12/10 kN	1,17	1,80	5,07	4,80
37	N	0,5	7,65	3,64	5,80	6,39	11,55	JB 13,5/10 kN	7,54	3,58	5,78	6,46
38	KO-DB	1,2	13,24	13,04	16,05	11,09	-10,3		13,23	13,04	16,04	11,10
39	N	0,5	0,84	1,42	3,69	3,49	17,34		0,84	1,42	3,69	3,49
40	N	0,5	0,09	0,15	3,68	3,71	20,11	JB 12/6 kN	0,09	0,15	3,68	3,83
41	N	0,5	0,72	1,09	4,00	3,84	19,75		0,71	1,08	4,00	3,95
42	N	0,5	0,76	1,14	4,05	3,87	19,75	JB 12/6 kN	0,75	1,13	4,05	3,98
43	N	0,5	0,08	0,14	3,73	3,71	20,11	JB 12/6 kN	0,06	0,13	3,73	3,82
44	N	0,5	0,25	0,39	3,63	3,66	20,11		0,25	0,39	3,63	3,77
45	N	0,5	0,33	0,51	3,72	3,67	19,89	JB 12/6 kN	0,33	0,51	3,72	3,78
46	N	0,5	0,62	0,95	3,77	3,67	19,63		0,61	0,94	3,77	3,78
47	N	0,5	1,06	1,63	4,04	3,70	19,31	JB 12/6 kN	1,05	1,61	4,03	3,81
48	N	0,5	1,22	1,89	4,09	3,67	11,74	JB 12/6 kN	1,20	1,87	4,08	3,79
49	N	0,5	1,70	2,60	4,52	3,75	18,58		1,67	2,57	4,51	3,86
50	N	0,5	0,80	1,21	4,29	4,11	20,05	JB 12/10 kN	0,78	1,19	4,28	4,22
51	KO	0,8	1,72	2,61	4,64	3,89	19,40	JB 12/15 kN	1,70	2,60	4,65	4,03
52	N	0,5	0,31	0,40	3,63	3,66	20,66		0,30	0,40	3,63	3,66
53	N	0,5	0,07	0,17	3,81	3,92	20,47		0,07	0,16	3,81	3,92
54	N	0,5	0,38	0,57	3,79	3,76	20,05	JB 13,5/6 kN	0,37	0,56	3,81	4,00
55	N	0,5	0,93	1,48	3,78	3,52	17,46		0,93	1,48	3,78	3,52
56	N	0,5	0,27	0,44	3,40	3,46	20,29	JB 12/6 kN	0,26	0,44	3,40	3,58
57	N	0,5	1,52	2,32	4,37	3,72	19,22	JB 12/6 kN	1,49	2,30	4,36	3,84

58	N	0,5	0,46	0,69	4,07	4,02	20,15	JB 12/10 kN	0,45	0,68	4,07	4,13
59	N	0,5	0,12	0,20	4,18	4,12	20,57		0,12	0,20	4,18	4,22
60	N	0,5	0,06	0,10	3,95	4,08	18,73	JB 13,5/10 kN	0,06	0,10	3,97	4,21
61	KD	0,8	0,22	0,34	4,27	4,37	90,87	PS 16,5/20 N	0,20	0,46	6,51	10,56
62	KO-DB	1,2	6,49	11,68	13,93	3,79	9,26	DB 12/15 kN	6,49	11,68	13,94	3,79
63	KO	0,8	0,17	0,42	1,66	1,88	19,88		0,17	0,42	1,66	1,88
64	N	0,5	4,87	11,13	11,41	2,69	15,07		4,88	11,12	11,41	2,69
65	N	0,5	0,43	0,69	3,40	3,43	20,00	JB 12/6 kN	0,43	0,67	3,41	3,54
66	N	0,5	0,14	0,22	3,27	3,34	19,88	JB 12/6 kN	0,14	0,22	3,28	3,46
67	N	0,5	1,86	3,35	4,47	3,05	17,00		1,85	3,36	4,47	3,05
68	KO-DB	0,8	5,00	8,24	8,94	3,52	16,55		5,00	8,24	8,94	3,52
69	N	0,5	0,61	1,06	4,42	4,25	20,14	JB 13,5/10 kN	0,65	1,06	4,43	4,48
70	N	0,5	2,64	4,06	5,53	3,74	17,36		2,65	4,04	5,52	3,75
71	N	0,5	0,77	1,30	3,38	3,24	19,23		0,78	1,29	3,38	3,24
72	N	0,5	3,56	5,58	6,63	3,66	16,59	JB 12/10 kN	3,51	5,51	6,57	3,77
73	N	0,5	0,09	0,20	4,34	4,24	20,05	JB 12/10 kN	0,09	0,20	4,34	4,34
74	N	0,5	0,19	0,35	4,52	4,30	19,91	JB 12/10 kN	0,19	0,34	4,52	4,40
75	N	0,5	0,19	0,18	4,24	4,19	20,52	JB 12/10 kN	0,09	0,17	4,23	4,29
76	N	0,5	1,23	1,84	4,31	3,90	19,95	JB 12/6 kN	1,21	1,83	4,32	4,03
77	N	0,5	1,26	1,91	4,50	4,03	19,78	JB 12/6 kN	1,24	1,89	4,49	4,14
78	KO-DB	1,2	15,41	17,20	20,73	11,95	3,62		15,41	7,20	20,69	11,93
79	N	0,5	0,14	0,21	3,20	3,29	20,00		0,14	0,21	3,20	3,29
80	N	0,5	0,89	1,40	3,63	3,40	19,28		0,89	1,40	3,63	3,40
81	N	0,5	1,55	2,37	4,41	3,76	18,59		1,56	2,35	4,41	3,76
82	N	0,5	0,27	0,39	4,08	4,00	20,10	JB 12/6 kN	0,27	0,38	4,08	4,12
83	N	0,5	1,02	1,56	4,26	3,86	19,25	JB 12/6 kN	1,01	1,53	4,25	3,97
84	KO-DB	0,8	6,42	10,27	13,69	7,59	15,56		6,42	10,27	13,69	7,59
85	N	0,5	0,08	0,25	3,76	3,86	20,21		0,09	0,23	3,76	3,86
86	N	0,5	2,23	3,48	5,45	4,11	18,17	JB 12/10 kN	2,21	3,42	5,40	4,22
87	KO-DB	1,2	7,34	3,41	6,89	6,08	35,70	DB 12/15 kN	7,34	3,06	6,56	6,32
88	N	0,5	0,63	1,07	3,38	3,27	19,23		0,64	1,06	3,38	3,27
89	N	0,5	1,49	2,50	4,09	3,31	18,58		1,49	2,50	4,09	3,31
90	KO-DB	0,8	10,27	17,01	20,43	9,96	14,73		10,27	17,01	20,43	9,96
91	N	0,5	0,36	11,53	12,01	4,08	15,82	JB 12/12 kN	0,36	11,40	11,93	4,19
92	N	0,5	2,05	1,63	3,16	3,83	18,67		2,06	1,62	3,16	3,83
93	N	0,5	2,58	2,45	3,28	3,14	17,07		2,58	2,45	3,28	3,14
94	KO	0,8	3,89	3,52	4,22	3,44	17,30		3,89	3,52	4,22	3,44
95	N	0,5	0,38	0,29	2,89	4,03	20,07		0,38	0,29	2,89	4,21
96	N	0,5	0,06	0,06	2,96	4,10	20,27	JB 12/6 kN	0,05	0,06	2,96	4,21
97	N	0,5	1,37	1,08	2,96	3,89	19,26	JB 12/6 kN	1,35	1,06	2,96	4,00
98	N	0,5	1,54	1,20	3,05	3,92	19,34		1,52	1,19	3,05	4,03
99	N	0,5	2,56	2,07	3,41	3,78	18,48	JB 12/6 kN	2,50	2,06	3,41	3,89
100	KO-DB	1,2	11,75	8,84	11,31	10,27	2,39		11,75	8,84	11,32	10,28
101	KO-DB	1,2	29,34	25,48	27,77	19,35	11,52		29,33	25,48	27,77	19,35
102	KO	0,8	4,72	4,62	5,08	3,04	17,52	JB 12/10 kN-ÚO	4,72	4,64	5,11	3,19
103	N	0,5	1,25	0,98	2,87	3,82	19,51		1,24	0,98	2,87	3,82
104	N	0,5	0,14	0,13	2,56	3,61	19,53		0,14	0,13	2,56	3,61
105	N	0,5	0,81	0,66	2,75	3,82	19,64		0,81	0,66	2,75	3,82
106	N	0,5	2,45	2,09	3,28	3,53	17,68		2,45	2,10	3,28	3,53
107	N	0,5	0,94	0,84	2,50	3,32	18,80	JB 12/6 kN	0,91	0,84	2,51	3,43
108	N	0,5	1,13	0,95	2,76	3,62	19,57		1,14	0,94	2,76	3,61
109	KO-DB	0,8	0,54	0,44	2,66	3,84	20,68		0,54	0,44	2,66	3,84
110	N	0,5	0,75	0,58	2,91	4,00	19,93		0,75	0,58	2,91	4,00
111	N	0,5	0,26	0,20	3,04	4,19	20,07		0,26	0,20	3,04	4,19
112	N	0,5	0,83	0,64	2,99	4,07	19,73	JB 12/10 kN	0,81	0,64	3,00	4,18
113	N	0,5	0,20	6,18	6,68	4,02	17,37	JB 10,5/10 kN	0,19	6,18	6,68	4,02
114	N	0,5	0,22	0,13	2,18	4,03	18,81		0,22	0,13	2,18	4,03
115	N	0,5	0,74	5,66	6,03	3,82	17,13		0,74	5,66	6,03	3,82
116	N	0,5	1,28	1,07	2,72	3,53	19,12		1,27	1,07	2,72	3,53
117	N	0,5	2,66	2,15	3,49	3,80	18,05	JB 12/6 kN	2,61	2,13	3,48	3,91
118	KO	0,5	2,53	2,05	3,48	3,85	18,39		2,53	2,05	3,48	3,85
119	KO-DB	1,2	14,60	12,60	14,90	11,74	2,75		14,60	12,60	14,90	11,74

120	KO	0,8	1,17	1,20	3,37	3,89	17,80		1,17	1,20	3,37	3,89
121	N	0,5	1,28	1,09	2,73	3,53	19,05		1,28	1,09	2,73	3,53
122	N	0,5	5,23	5,86	6,18	2,86	15,53		5,23	5,86	6,18	2,86
123	KO-DB	0,8	17,37	14,70	16,12	11,46	12,53		17,37	14,70	16,12	11,46
124	KO	0,8	0,35	9,04	9,35	2,90	17,75		0,35	9,04	9,35	2,90
125	KO-DB	0,8	9,87	14,94	17,99	9,05	14,73		9,87	14,94	17,99	9,05
126	N	0,5	1,48	2,34	4,11	3,48	16,30	JB 12/6 kN	1,48	2,31	4,11	3,61
127	KO	0,8	4,85	7,05	10,13	6,09	15,60		4,85	7,05	10,13	6,09
128	KO-DB	1,2	8,64	15,82	19,33	8,46	2,74	DB 12/10 kN	8,80	16,10	19,64	8,71
129	N	0,5	1,42	2,18	4,98	4,36	19,28	JB 13,5/10 kN	1,39	2,13	4,96	4,59
130	N	0,5	1,00	1,64	4,34	4,07	19,59	JB 13,5/6 kN	0,94	1,64	4,36	4,20
131	KO-DB	1,2	5,99	16,65	18,50	6,49	12,76		5,97	16,64	18,49	6,49
132	N	0,5	0,06	0,07	2,61	3,67	17,62		0,06	0,07	2,61	3,67
133	N	0,5	1,56	1,22	3,16	4,02	18,99	JB 12/6 kN	1,54	1,20	3,16	4,13
134	N	0,5	1,72	1,34	3,21	4,00	19,00		1,73	1,34	3,21	4,00
135	KO	0,8	1,39	1,44	3,93	4,40	18,07		1,39	1,44	3,93	4,40
136	N	0,5	0,17	0,16	2,89	4,00	20,07	JB 12/6 kN	0,16	0,16	2,90	4,11
137	N	0,5	1,37	9,62	10,16	3,83	16,24		1,37	9,62	10,16	3,83
138	KO-DB	1,2	6,63	16,56	20,08	7,75	2,24		6,63	16,56	20,09	7,76
139	N	0,5	1,84	2,90	4,86	3,98	18,31	JB 12/10 kN	1,80	2,87	4,85	4,12
140	KO-DB	1,2	12,52	12,34	15,49	10,99	14,40	DB 10,5/12 kN	12,52	12,34	15,49	10,99
141	N	0,5	0,53	0,43	3,63	4,98	19,83		0,53	0,43	3,63	4,98
142	N	0,5	2,37	1,95	3,71	4,47	19,14		2,35	1,96	3,72	4,47
143	N	0,5	0,81	11,56	11,94	3,76	16,16	JB 12/10 kN	0,78	11,44	11,83	3,91
144	N	0,5	0,86	0,73	3,34	3,45	28,74	JB 12/10 kN	0,45	0,72	3,36	3,61
145	N	0,5	0,08	0,11	3,33	3,52	29,43	JB 12/10 kN	0,08	0,11	3,35	3,68
146	N	0,5	0,13	0,21	3,41	3,55	29,03	JB 12/10 kN	0,13	0,21	3,43	3,70
147	N	0,5	0,53	0,86	3,42	3,47	26,32		0,51	3,89	3,43	3,47
148	N	0,5	1,32	2,01	3,98	3,61	25,88	JB 12/10 kN	1,27	2,01	4,00	3,76
149	B0-U80	1,5	26,11	47,09	49,13	25,31	16,12		26,12	47,11	49,14	25,31

Tabulka B.3: Parametrizace a zatížení PB při podvěšení SDOK s poč. namáháním 12 MPa

Číslo PB	I. Optimalizace: Stanovení výšky závěsu SDOK							II. Optimalizace: Předimenzování sloupů				
	Svorka SDOK	Výška svorky	-30	-5+N	-5+N +vitr	-5 +vitr	$\Delta\delta_{ZAT}$ (%)	Optimalizovaný typ sloupu	-30	-5+N	-5+N +vitr	-5 +vitr
1	KO-DB	1,2	22,96	16,74	18,96	14,94	15,19		22,96	16,74	18,96	14,94
2	KO	0,8	2,72	8,87	9,12	2,48	17,21		2,72	8,87	9,12	2,48
3	N	0,5	2,76	4,94	6,19	3,83	18,09		2,76	4,95	6,19	3,83
4	N	0,5	0,10	0,22	4,27	4,30	20,14	JB 12/10 kN	0,08	0,24	4,28	4,44
5	N	0,5	0,46	0,77	4,42	4,36	20,59		0,45	0,79	4,43	4,37
6	N	0,5	0,17	0,28	4,36	4,41	20,18		0,17	0,28	4,36	4,41
7	N	0,5	0,10	0,15	4,29	4,36	20,28		0,10	0,15	4,29	4,36
8	N	0,5	0,04	0,04	4,24	4,34	20,28		0,04	0,04	4,24	4,34
9	N	0,5	0,33	0,53	4,38	4,39	20,09		0,33	0,53	4,38	4,39
10	KO	0,5	0,60	0,97	4,41	4,37	20,86		0,60	0,97	4,41	4,37
11	N	0,5	0,03	0,06	4,17	4,23	20,62		0,03	0,05	4,16	4,24
12	N	0,5	1,49	2,36	5,08	4,50	19,69	JB 12/10 kN	1,46	2,34	5,07	4,64
13	N	0,5	1,17	1,86	4,94	4,56	19,84	JB 12/10 kN	1,15	1,84	4,93	4,69
14	KO	0,8	1,66	2,72	5,54	4,49	18,77		1,68	2,71	5,54	4,49
15	N	0,5	1,73	2,84	5,03	4,20	19,09	JB 12/10 kN	1,71	2,80	5,01	4,34
16	N	0,5	1,89	3,21	5,04	4,01	17,26		1,91	3,17	4,98	3,99
17	N	0,5	0,90	1,58	4,10	3,89	19,51	JB 12/6 kN	0,91	1,54	4,10	4,04
18	KO	1,2	14,53	9,60	13,19	10,57	-28,2		14,54	9,60	13,19	10,58
19	N	0,5	2,21	3,62	5,56	4,26	19,06		2,21	3,62	5,56	4,26
20	N	0,5	0,22	0,34	4,56	4,61	20,39		0,21	0,34	4,56	4,61
21	N	0,5	0,34	0,53	4,47	4,51	20,81	JB 12/10 kN	0,33	0,52	4,47	4,65
22	N	0,5	0,74	1,24	4,45	4,32	20,00	JB 12/10 kN	0,71	1,24	4,46	4,46
23	N	0,5	1,37	2,21	4,93	4,44	20,28		1,35	2,23	4,94	4,44
24	N	0,5	0,28	0,41	4,50	4,52	20,89	JB 12/10 kN	0,26	0,42	4,52	4,67
25	KO	1	0,50	0,79	4,31	4,35	19,95		0,49	0,80	4,38	4,55
26	N	0,5	0,58	0,97	4,39	4,33	20,05	JB 12/10 kN	0,55	0,97	4,40	4,47
27	N	0,5	0,06	0,10	4,15	4,20	20,00		0,06	0,11	4,16	4,21
28	N	0,5	0,71	1,18	4,48	4,37	19,87		0,71	1,18	4,48	4,37
29	N	0,5	0,04	0,05	4,41	4,45	19,95		0,04	0,05	4,41	4,45
30	N	0,5	0,10	0,15	4,38	4,43	20,55		0,10	0,15	4,38	4,43
31	N	0,5	1,33	2,08	5,13	4,66	19,88	JB 12/10 kN	1,31	2,05	5,12	4,79
32	N	0,8	1,95	3,15	6,30	5,33	19,52	JB 12/10 kN	1,92	3,12	6,29	5,46
33	KO-DB	1,2	11,65	18,79	23,57	11,19	-24,5	DB 12/15 kN	11,80	19,06	23,88	11,46
34	N	0,5	1,70	2,86	4,91	4,07	19,14		1,69	2,86	4,91	4,07
35	N	0,5	1,80	3,04	5,06	4,11	18,97		1,81	3,03	5,06	4,11
36	N	0,5	1,19	1,88	5,10	4,68	19,80	JB 12/10 kN	1,17	1,86	5,10	4,81
37	N	0,5	7,64	3,64	5,80	6,39	11,55		7,64	3,64	5,81	6,39
38	KO-DB	1,2	13,10	13,01	16,00	10,96	-10,6		13,10	13,01	16,00	10,96
39	N	0,8	0,84	1,47	3,71	3,49	17,79		0,84	1,48	3,74	3,52
40	N	0,5	0,09	0,16	3,68	3,71	20,11	JB 12/6 kN	0,10	0,15	3,69	3,83
41	N	0,5	0,72	1,13	4,01	3,84	19,95		0,72	1,14	4,02	3,84
42	N	0,5	0,76	1,19	4,07	3,87	20,15		0,76	1,19	4,07	3,87
43	N	0,5	0,08	0,14	3,73	3,71	20,11	JB 12/6 kN	0,08	0,14	3,73	3,82
44	N	0,5	0,25	0,40	3,63	3,66	20,11	JB 12/6 kN	0,25	0,40	3,63	3,77
45	N	0,5	0,33	0,53	3,73	3,67	20,11		0,33	0,53	3,73	3,67
46	N	0,5	0,62	0,99	3,78	3,67	19,84		0,62	0,99	3,78	3,67
47	N	0,5	1,06	1,68	4,06	3,70	19,70		1,06	1,68	4,06	3,70
48	N	0,5	1,22	1,96	4,12	3,67	12,38	JB 12/6 kN	1,20	1,93	4,11	3,79
49	N	0,5	1,70	2,69	4,58	3,75	19,65		1,69	2,70	4,58	3,75
50	N	0,8	0,80	1,25	4,27	4,08	19,67	JB 12/10 kN	0,79	1,24	4,27	4,20
51	KO	1	1,72	2,71	4,68	3,87	20,09	JB 12/15 kN	1,70	2,70	4,69	4,01
52	N	1	0,31	0,41	3,62	3,65	20,44		0,30	0,42	3,67	3,69
53	N	0,5	0,06	0,18	3,81	3,92	20,47		0,07	0,17	3,81	3,92
54	N	0,5	0,38	0,60	3,80	3,76	20,26	JB 12/6 kN	0,37	0,59	3,80	3,87
55	N	0,8	0,93	1,53	3,80	3,52	17,89		0,93	1,54	3,84	3,54
56	N	0,5	0,27	0,46	3,40	3,46	20,29	JB 12/6 kN	0,26	0,46	3,41	3,54
57	N	0,5	1,52	2,40	4,42	3,72	20,14	JB 12/6 kN	1,49	2,38	4,41	3,84

58	N	0,5	0,46	0,72	4,07	4,02	20,15	JB 12/10 kN	0,45	0,71	4,07	4,13
59	N	0,5	0,12	0,20	4,19	4,12	20,76	JB 12/10 kN	0,11	0,20	4,18	4,22
60	N	1,2	0,06	0,10	3,92	4,05	18,11	JB 13,5/10 kN	0,05	0,11	3,96	4,08
61	KD	1,2	0,23	0,36	4,27	4,38	90,87	PS 16,5/20 N	0,21	0,48	6,50	10,56
62	KO-DB	1,2	6,62	11,91	14,12	3,77	10,48		6,62	11,97	14,17	3,80
63	KO	0,8	0,18	0,42	1,67	1,90	20,36		0,18	0,42	1,67	1,90
64	N	0,5	4,85	11,30	11,58	2,69	16,32		4,85	11,30	11,58	2,69
65	N	0,5	0,43	0,71	3,41	3,43	20,23		0,43	0,71	3,41	3,43
66	N	0,5	0,14	0,23	3,28	3,34	20,12		0,13	0,24	3,28	3,35
67	N	0,5	1,85	3,43	4,53	3,05	18,10	JB 12/6 kN	1,83	3,39	4,50	3,17
68	KO-DB	1	5,00	8,47	9,14	3,51	18,38	DB 12/15 kN	4,95	8,43	9,12	3,65
69	N	0,8	0,68	1,11	4,43	4,25	20,32	JB 12/10 kN	0,67	1,09	4,40	4,33
70	N	0,5	2,64	4,21	5,64	3,74	18,97		2,64	4,20	5,63	3,74
71	N	0,5	0,78	1,32	3,39	3,24	19,47		0,78	1,32	3,39	3,24
72	N	0,5	3,56	5,77	6,79	3,66	18,56		3,55	5,78	6,80	3,66
73	N	0,5	0,09	0,20	4,34	4,24	20,05	JB 12/10 kN	0,09	0,21	4,34	4,34
74	N	0,5	0,20	0,36	4,53	4,31	20,09	JB 12/10 kN	0,20	0,35	4,52	4,42
75	N	0,8	0,09	0,18	4,20	4,16	19,76	JB 12/10 kN	0,09	0,18	4,23	4,29
76	N	0,8	1,23	1,92	4,35	3,90	20,69	JB 12/6 kN	1,22	1,91	4,39	4,05
77	N	0,5	1,26	1,99	4,54	4,03	20,48	JB 12/6 kN	1,24	1,97	4,53	4,14
78	KO-DB	1,2	15,41	17,22	20,74	11,95	3,66		15,41	17,22	20,74	11,95
79	N	0,5	0,13	0,23	3,20	3,29	20,00		0,13	0,23	3,20	3,29
80	N	0,5	0,89	1,44	3,65	3,40	19,73		0,89	1,44	3,65	3,40
81	N	0,5	1,55	2,45	4,46	3,76	19,51		1,56	2,44	4,46	3,76
82	N	0,5	0,27	0,41	4,09	4,00	20,29	JB 12/6 kN	0,27	0,39	4,09	4,12
83	N	0,5	1,02	1,61	4,28	3,87	19,63	JB 12/6 kN	1,02	1,59	4,27	3,98
84	KO-DB	0,8	6,70	10,44	13,84	7,85	16,47		6,73	10,49	13,91	7,89
85	N	0,5	0,08	0,26	3,77	3,86	20,42		0,09	0,24	3,76	3,86
86	N	0,5	2,23	3,62	5,54	4,11	19,49	JB 12/10 kN	2,21	3,55	5,49	4,22
87	KO-DB	1,2	7,44	3,81	7,30	6,44	39,32		7,45	3,81	7,30	6,45
88	N	0,5	0,63	1,10	3,40	3,27	19,71		0,63	1,10	3,40	3,27
89	N	1	1,49	2,59	4,17	3,33	20,14		1,49	2,59	4,17	3,33
90	KO-DB	0,8	10,69	17,27	20,67	10,37	15,72		10,76	17,38	20,79	10,43
91	N	0,8	0,36	11,41	11,93	4,05	15,26	JB 12/12 kN	0,36	11,29	11,82	4,16
92	N	0,5	2,05	1,72	3,21	3,83	19,94		2,06	1,72	3,21	3,83
93	N	0,5	2,57	2,54	3,34	3,14	18,56		2,57	2,54	3,34	3,14
94	KO	1	3,89	3,68	4,36	3,44	19,95		3,89	3,68	4,36	3,44
95	N	0,5	0,38	0,31	2,89	4,03	20,07		0,38	0,31	2,89	4,03
96	N	0,5	0,85	0,06	2,96	4,10	20,27		0,05	0,06	2,96	4,10
97	N	0,5	1,37	1,14	2,98	3,89	19,80	JB 12/6 kN	1,35	1,13	2,99	4,00
98	N	0,5	1,54	1,28	3,08	3,92	20,13	JB 12/6 kN	1,52	1,26	3,08	4,03
99	N	0,5	2,56	2,19	3,49	3,78	20,34		2,57	2,19	3,49	3,78
100	KO-DB	1,5	11,60	8,83	11,27	10,11	2,04		11,60	8,83	11,27	10,11
101	KO-DB	1,5	30,01	26,13	28,41	20,25	13,52		30,01	26,13	28,41	20,25
102	KO	1	4,71	4,79	5,22	3,02	19,73		4,71	4,81	5,25	3,04
103	N	0,5	1,25	1,04	2,89	3,82	20,07	JB 12/6 kN	1,23	1,02	2,90	3,93
104	N	0,5	0,14	0,13	2,56	3,61	19,53		0,14	0,13	2,56	3,61
105	N	0,5	0,81	0,70	2,76	3,82	19,93		0,81	0,70	2,76	3,82
106	N	0,5	2,45	2,19	3,34	3,53	19,16		2,45	2,19	3,34	3,53
107	N	0,5	0,94	0,88	2,52	3,33	19,44		0,94	0,88	2,52	3,33
108	N	0,5	1,13	0,99	2,78	3,63	20,14		1,13	0,99	2,78	3,63
109	KO-DB	1	0,54	0,46	2,66	3,82	20,68		0,54	0,46	2,66	3,82
110	N	0,5	0,75	0,62	2,91	4,00	19,93		0,75	0,62	2,91	4,00
111	N	0,5	0,26	0,22	3,04	4,19	20,07		0,26	0,22	3,04	4,19
112	N	0,5	0,83	0,68	3,00	4,07	20,00		0,83	0,68	3,00	4,07
113	N	0,5	0,19	6,14	6,64	4,02	16,87	JB 10,5/10 kN	0,19	6,14	6,64	4,02
114	N	0,5	0,23	0,14	2,19	4,04	19,18		0,23	0,14	2,19	4,04
115	N	0,5	0,74	5,59	6,05	3,82	16,03		0,74	5,59	6,05	3,82
116	N	0,5	1,28	1,12	2,74	3,53	19,71		1,27	1,12	2,74	3,53
117	N	0,5	2,66	2,27	3,56	3,81	19,66	JB 12/6 kN	2,61	2,25	3,56	3,92
118	KO	0,5	2,53	2,17	3,55	3,86	20,00		2,53	2,17	3,55	3,86
119	KO-DB	1,2	14,58	12,59	14,89	11,72	2,69		14,58	12,59	14,89	11,72

120	KO	0,8	1,21	1,24	3,41	3,93	18,77		1,21	1,24	3,41	3,93
121	N	0,5	1,27	1,14	2,75	3,53	19,64		1,27	1,14	2,75	3,53
122	N	0,5	5,20	6,00	6,31	2,84	17,27		5,20	6,00	6,31	2,84
123	KO-DB	1	18,06	15,15	16,57	14,14	14,91		18,06	15,15	16,57	14,14
124	KO	0,8	0,32	8,99	9,31	2,90	17,40		0,32	8,99	9,31	2,90
125	KO-DB	1	10,29	15,20	18,23	9,44	15,85		10,29	15,20	18,23	9,44
126	N	0,8	1,48	2,40	4,12	3,46	16,50	JB 12/6 kN	1,47	2,38	4,13	3,59
127	KO	0,8	5,08	7,20	10,28	6,30	16,83		5,08	7,20	10,28	6,30
128	KO-DB	1,2	8,53	15,84	19,34	8,35	2,79	DB 12/10 kN	8,69	16,12	19,65	8,59
129	N	0,8	1,43	2,27	4,99	4,33	19,44	JB 13,5/10 kN	1,39	2,23	4,99	4,56
130	N	0,5	1,00	1,70	4,37	4,07	20,14		1,00	1,70	4,37	4,07
131	KO-DB	1,2	6,05	16,71	18,59	6,71	13,18		6,05	16,71	18,59	6,71
132	N	0,8	0,06	0,08	2,62	3,67	17,94		0,06	0,08	2,64	3,70
133	N	0,5	1,56	1,29	3,19	4,02	19,75	JB 12/6 kN	1,54	1,28	3,19	4,13
134	N	0,5	1,72	1,43	3,25	4,01	20,00		1,73	1,43	3,25	4,01
135	KO	1	1,43	1,50	3,97	4,45	18,89		1,43	1,50	3,97	4,45
136	N	0,5	0,17	0,16	2,89	4,00	20,07		0,17	0,16	2,89	4,00
137	N	0,5	1,37	9,52	10,07	3,83	15,49		1,37	9,52	10,07	3,83
138	KO-DB	1,2	6,63	16,55	20,07	7,76	2,19		6,63	16,55	20,07	7,76
139	N	0,5	1,84	2,99	4,91	3,98	19,14	JB 12/10 kN	1,81	2,96	4,90	4,12
140	KO-DB	1,2	12,62	12,33	15,48	11,09	14,34	DB 12/12 kN	12,78	12,39	15,59	11,33
141	N	1,2	0,51	0,44	3,50	4,81	16,86		0,51	0,45	3,57	4,90
142	N	1	2,37	2,06	3,76	4,45	20,21		2,35	2,08	3,78	4,47
143	N	0,5	0,80	11,55	11,94	3,76	16,16	JB 12/12 kN	0,78	11,43	11,83	3,91
144	N	0,5	0,46	0,75	3,34	3,45	28,74	JB 12/10 kN	0,45	0,75	3,36	3,61
145	N	0,5	0,08	0,12	3,33	3,52	29,43		0,09	0,10	3,33	3,53
146	N	0,5	0,13	0,22	3,42	3,55	29,24	JB 12/10 kN	0,12	0,23	3,44	3,70
147	N	0,8	0,53	0,89	3,43	3,48	26,53		0,51	0,92	3,47	5,51
148	N	1	1,31	2,06	3,95	3,55	25,32	JB 12/10 kN	1,27	2,07	3,98	3,71
149	B0-U80	2	27,55	48,20	50,04	26,68	17,65		27,41	47,80	49,83	26,53

Tabulka B.4: Parametrizace a zatížení PB při podvěšení SDOK s poč. namáháním 18 MPa

Číslo PB	I. Optimalizace: Stanovení výšky závěsu SDOK							II. Optimalizace: Předimenzování sloupů				
	Svorka SDOK	Výška svorky	-30	-5+N	-5+N +vítr	-5 +vítr	$\Delta\delta_{ZAT}$ (%)	Optimalizovaný typ sloupu	-30	-5+N	-5+N +vítr	-5 +vítr
1	KO-DB	1,2	23,92	17,37	19,60	15,90	17,96		23,92	17,37	19,60	15,90
2	KO	0,8	2,71	8,74	9,00	2,48	16,11		2,71	8,74	9,00	2,48
3	N	0,5	2,76	4,94	6,18	3,83	17,96		2,70	4,94	6,18	3,83
4	N	0,5	0,10	0,22	4,27	4,30	20,14	JB 12/10 kN	0,08	0,24	4,28	4,44
5	KO	0,8	0,45	0,77	4,42	4,37	20,59		0,44	0,79	4,43	4,37
6	N	0,5	0,17	0,28	4,36	4,41	20,18		0,17	0,28	4,36	4,41
7	N	0,5	0,10	0,15	4,29	4,36	20,28		0,10	0,15	4,29	4,36
8	N	0,5	0,04	0,04	4,24	4,34	20,28		0,04	0,04	4,24	4,34
9	N	0,8	0,32	0,53	4,35	4,36	19,54		0,32	0,53	4,35	4,36
10	KO	0,8	0,60	0,97	4,37	4,34	20,14		0,60	0,97	4,37	4,34
11	N	0,5	0,03	0,06	4,17	4,23	20,62		0,03	0,05	4,16	4,24
12	N	0,5	1,49	2,37	5,08	4,50	19,69	JB 12/10 kN	1,56	2,35	5,08	4,64
13	N	0,8	1,17	1,85	4,90	4,53	19,18	JB 12/10 kN	1,14	1,84	4,91	4,67
14	KO	0,8	1,67	2,73	5,56	4,52	19,06		1,68	2,63	5,39	4,41
15	N	0,5	1,72	2,84	5,03	4,20	19,09	JB 12/10 kN	1,71	2,79	5,01	4,34
16	N	0,5	1,95	3,29	5,15	4,08	19,03		1,96	3,28	5,14	4,08
17	N	0,5	0,90	1,58	4,10	3,89	19,51	JB 12/6 kN	0,91	1,53	4,07	4,01
18	N	1	14,58	9,63	13,24	10,63	-27,7		14,58	9,63	13,24	10,63
19	N	0,8	2,20	3,63	5,57	4,26	19,21		2,20	3,63	5,57	4,26
20	N	0,8	0,21	0,34	4,52	4,58	19,69		0,21	0,34	4,52	4,58
21	N	0,5	0,33	0,53	4,47	4,51	20,81		0,33	0,53	4,47	4,51
22	N	0,5	0,73	1,24	4,46	4,32	20,18	JB 12/10 kN	0,72	1,23	4,46	4,46
23	KO	0,8	1,37	2,20	4,89	4,41	19,63		1,30	2,17	4,81	4,34
24	N	1	0,27	0,40	4,41	4,44	19,27	JB 12/10 kN	0,27	0,43	4,58	4,72
25	KO	1	0,50	0,80	4,34	4,37	20,51		0,50	0,79	4,31	4,35
26	N	0,8	0,58	0,96	4,36	4,30	19,50	JB 12/10 kN	0,55	0,97	4,37	4,44
27	N	0,5	0,07	0,10	4,15	4,20	20,00		0,06	0,11	4,16	4,21
28	N	0,5	0,71	1,18	4,49	4,37	20,04		0,71	1,18	4,49	4,37
29	N	0,5	0,03	0,05	4,41	4,45	19,95		0,03	0,05	4,41	4,45
30	KO	0,8	0,09	0,15	4,39	4,44	20,73		0,09	0,15	4,39	4,44
31	N	0,5	1,32	2,08	5,13	4,66	19,88	JB 12/10 kN	1,30	2,06	5,12	4,79
32	N	1,2	1,94	3,14	6,25	5,29	18,88	JB 12/10 kN	1,91	3,12	6,24	5,43
33	KO-DB	1,5	11,65	18,79	23,53	11,16	-24,7	DB 12/15 kN	11,80	19,06	23,84	11,44
34	N	0,5	1,69	2,86	4,91	4,08	19,14		1,69	2,86	4,91	4,08
35	N	0,5	1,80	3,04	5,07	4,12	19,13		1,81	3,03	5,06	4,12
36	N	0,5	1,19	1,89	5,11	4,68	19,96	JB 12/10 kN	1,17	1,87	5,10	4,82
37	N	0,8	7,65	3,64	5,78	6,37	11,25		7,65	3,64	5,78	6,37
38	KO-DB	1,2	12,96	12,94	15,93	10,85	-11,1		12,96	12,94	15,93	10,85
39	KO	1	0,84	1,46	3,69	3,48	17,34		0,84	1,46	3,69	3,48
40	N	0,5	0,09	0,16	3,69	3,71	20,33		0,09	0,16	3,69	3,71
41	N	0,5	0,72	1,14	4,01	3,84	19,95		0,72	1,14	4,01	3,84
42	N	1,2	0,76	1,17	4,00	3,81	18,75	JB 12/6 kN	0,74	1,16	4,00	3,93
43	N	0,5	0,08	0,14	3,73	3,71	20,11		0,08	0,14	3,73	3,71
44	N	0,5	0,25	0,40	3,63	3,66	20,11		0,25	0,40	3,63	3,66
45	N	0,5	0,32	0,53	3,73	3,67	20,11		0,32	0,53	3,73	3,67
46	N	0,5	0,62	0,99	3,78	3,67	19,84		0,62	0,99	3,78	3,67
47	N	0,5	1,06	1,69	4,06	3,70	19,70		1,06	1,69	4,06	3,70
48	N	0,5	1,22	1,96	4,12	3,67	12,38	JB 12/6 kN	1,20	1,94	4,12	3,79
49	KO	0,8	1,69	2,68	4,50	3,72	18,22		1,68	2,71	4,59	3,75
50	N	1,2	0,80	1,24	4,22	4,04	18,72	JB 12/10 kN	0,78	1,23	4,23	4,16
51	KO	1,2	1,71	2,70	4,66	3,86	19,74	JB 12/15 kN	1,69	2,68	4,66	3,98
52	KO	1,2	0,31	0,41	3,60	3,63	20,00		0,30	0,42	3,60	3,63
53	N	0,5	0,06	0,18	3,81	3,92	20,47		0,07	0,17	3,81	3,92
54	N	0,8	0,37	0,59	3,77	3,73	19,63	JB 12/6 kN	0,37	0,59	3,78	3,85
55	KO	0,8	0,93	1,53	3,81	3,53	18,11		0,93	1,53	3,81	3,53
56	N	0,5	0,27	0,46	3,40	3,46	20,29	JB 12/6 kN	0,26	0,46	3,41	3,58
57	N	0,5	1,51	2,41	4,42	3,72	20,14	JB 12/6 kN	1,49	2,38	4,41	3,84

58	N	0,8	0,46	0,72	4,04	3,99	19,55	JB 12/10 kN	0,45	0,71	4,05	4,10
59	N	0,8	0,13	0,21	4,16	4,10	20,19	JB 13,5/10 kN	0,12	0,20	4,17	4,34
60	KO	1,2	0,06	0,10	3,92	4,05	18,11		0,05	0,11	3,92	4,05
61	KD	1,5	0,23	0,36	4,28	4,39	90,89	PS 16,5/20 N	0,22	0,47	6,47	10,53
62	KO-DB	1,5	6,80	11,79	13,97	4,21	9,52	DB 12/10 kN	6,66	11,76	14,03	4,35
63	KO	0,8	0,19	0,42	1,67	1,90	20,36		0,19	0,41	1,65	1,89
64	N	0,5	4,84	11,23	11,51	2,69	15,81	JB 10,5/12 kN	4,84	11,23	11,51	2,69
65	N	0,5	0,42	0,71	3,41	3,43	20,23		0,42	0,71	3,41	3,43
66	N	0,5	0,14	0,23	3,28	3,34	20,12		0,13	0,24	3,28	3,35
67	N	0,5	1,85	3,42	4,52	3,05	17,92	JB 12/6 kN	1,83	3,38	4,50	3,17
68	KO-DB	1,2	4,98	8,44	9,11	3,50	18,11	DB 12/15 kN	4,94	8,41	9,09	3,64
69	N	1,2	0,68	1,09	4,35	4,18	18,85	JB 12/10 kN	0,67	1,08	4,36	4,30
70	N	0,8	2,63	4,19	5,60	3,72	18,39	JB 12/10 kN	2,58	4,16	5,59	3,83
71	N	0,5	0,77	1,33	3,40	3,24	19,71		0,78	1,32	3,39	3,24
72	N	0,5	3,55	5,78	6,80	3,66	18,68		3,55	5,79	6,81	3,66
73	N	0,8	0,10	0,20	4,31	4,22	19,49	JB 12/10 kN	0,10	0,21	4,31	4,33
74	N	0,8	0,21	0,36	4,50	4,29	19,56	JB 12/10 kN	0,21	0,35	4,50	4,40
75	N	0,8	0,09	0,18	4,20	4,16	19,76	JB 12/10 kN	0,08	0,18	4,21	4,27
76	KO	1,2	1,22	1,91	4,31	3,87	19,95	JB 12/6 kN	1,25	1,90	4,32	4,00
77	N	1	1,26	1,97	4,49	4,00	19,60	JB 12/6 kN	1,24	1,96	4,49	4,11
78	KO-DB	1,2	15,41	17,22	20,74	11,95	3,66		15,41	17,22	20,71	11,93
79	N	0,5	0,14	0,22	3,20	3,29	20,00		0,14	0,22	3,20	3,29
80	N	0,5	0,88	1,44	3,65	3,40	19,73		0,88	1,44	3,65	3,40
81	N	0,5	1,55	2,46	4,46	3,76	19,51		1,56	2,44	4,46	3,76
82	N	0,8	0,27	0,41	4,06	3,99	19,70	JB 12/6 kN	0,28	0,39	4,06	4,10
83	N	0,8	1,02	1,61	4,26	3,85	19,25	JB 12/6 kN	1,02	1,58	4,25	3,97
84	KO-DB	1,2	6,96	10,52	13,89	8,09	16,77		6,96	10,52	13,96	8,08
85	N	0,8	0,09	0,26	3,74	3,85	19,79		0,10	0,24	3,74	3,85
86	N	1,2	2,22	3,58	5,46	4,06	18,32	JB 12/10 kN	2,21	3,51	5,42	4,17
87	KO-DB	1,2	7,59	4,13	7,62	6,84	41,86		7,59	4,13	7,62	6,84
88	N	0,5	0,63	1,10	3,40	3,28	19,71		0,63	1,10	3,40	3,28
89	KO	1	1,48	2,56	4,11	3,29	18,98		1,48	2,56	4,11	3,29
90	KO-DB	1	11,09	17,38	20,74	10,73	16,01		11,09	17,40	20,70	10,86
91	N	1,2	0,36	11,24	11,76	4,01	14,03	JB 12/12 kN	0,35	11,14	11,66	4,13
92	N	0,5	2,05	1,72	3,21	3,83	19,94		2,05	1,72	3,21	3,83
93	N	0,5	2,56	2,51	3,32	3,14	18,07		2,56	2,51	3,32	3,14
94	KO	1,2	3,88	3,62	4,30	3,42	18,84		3,88	3,62	4,30	3,42
95	N	0,8	0,38	0,31	2,87	4,00	19,51		0,38	0,31	2,87	4,00
96	N	0,8	0,05	0,06	2,93	4,07	19,45		0,05	0,06	2,93	4,07
97	N	0,8	1,37	1,13	2,96	3,87	19,26	JB 12/6 kN	1,35	1,12	2,97	3,98
98	N	0,8	1,54	1,27	3,05	3,90	19,34	JB 12/6 kN	1,52	1,26	3,06	4,01
99	N	0,8	2,56	2,17	3,46	3,75	19,65		2,56	2,17	3,46	3,75
100	KO-DB	2	11,47	8,77	11,18	9,95	1,25		11,47	8,77	11,18	9,95
101	KO-DB	1,5	30,11	26,85	29,12	21,22	15,63		30,11	26,85	29,12	21,22
102	KO	1	4,69	4,73	5,17	3,03	18,96		4,70	4,73	5,13	3,01
103	N	1,2	1,24	1,02	2,84	3,75	18,66	JB 12/6 kN	1,23	1,02	2,88	3,87
104	N	0,5	0,14	0,13	2,59	3,64	20,46		0,13	0,13	2,54	3,58
105	N	1	0,81	0,69	2,73	3,78	19,05		0,81	0,69	2,73	3,78
106	N	0,5	2,45	2,18	3,34	3,55	19,16		2,45	2,18	3,34	3,55
107	N	0,5	0,94	0,87	2,52	3,33	19,44		0,94	0,87	2,52	3,33
108	N	0,8	1,13	0,98	2,76	3,61	19,57		1,13	0,98	2,76	3,61
109	KO-DB	1,5	0,54	0,46	2,63	3,79	19,77		0,54	0,46	2,63	3,79
110	N	0,8	0,75	0,62	2,89	3,97	19,38		0,75	0,62	2,89	3,97
111	N	0,8	0,25	0,22	3,02	4,16	19,54		0,25	0,22	3,02	4,16
112	N	0,8	0,83	0,68	2,98	4,04	19,46		0,83	0,68	2,98	4,04
113	N	0,8	0,21	5,99	6,50	4,00	15,08	JB 10,5/10 kN	0,21	5,99	6,50	4,00
114	N	0,8	0,23	0,14	2,18	4,02	18,81		0,23	0,14	2,18	4,02
115	N	0,5	0,74	5,48	5,95	3,82	14,62		0,74	5,48	5,95	3,82
116	N	0,5	1,28	1,11	2,74	3,53	19,71		1,28	1,11	2,74	3,53
117	N	0,8	2,66	2,26	3,56	3,79	19,66		2,66	2,26	3,56	3,79
118	KO	0,8	2,53	2,15	3,53	3,84	19,55		2,53	2,15	3,53	3,84
119	KO-DB	1,2	14,57	12,58	14,88	11,71	2,62		14,57	12,58	14,88	11,71

120	KO	1,2	1,29	1,26	3,40	2,94	18,53		1,29	1,26	3,40	2,94
121	N	0,5	1,27	1,14	2,75	3,53	19,64		1,27	1,14	2,75	3,53
122	N	0,5	5,19	5,90	6,22	2,86	16,08		5,19	5,90	6,22	2,86
123	KO-DB	0,8	18,74	15,58	17,01	12,82	17,11		18,74	15,58	17,01	12,82
124	KO	1,2	0,32	8,74	9,06	2,85	15,12		0,32	8,74	9,06	2,85
125	KO-DB	1,2	10,67	15,36	18,37	9,81	16,49		10,67	15,35	18,37	9,81
126	N	1	1,48	2,38	4,08	3,42	15,69	JB 12/6 kN	1,52	2,43	4,21	3,64
127	KO	0,8	5,29	7,31	10,39	6,52	17,71		5,29	7,31	10,37	6,52
128	KO-DB	1,5	7,93	14,06	17,75	8,21	-5,92	DB 12/10 kN	8,58	16,08	19,58	8,47
129	N	1,2	1,42	2,26	4,95	4,30	18,79	JB 12/10 kN	1,40	2,24	4,95	4,41
130	N	0,8	1,00	1,70	4,35	4,06	19,77	JB 13,5/6 kN	0,97	1,71	4,37	4,19
131	KO-DB	1,2	6,13	16,70	18,61	6,95	13,27		6,12	16,68	18,59	6,95
132	KO	1,2	0,06	0,08	2,59	3,64	16,99		0,06	0,08	2,59	3,64
133	N	0,8	1,56	1,28	3,17	4,00	19,24	JB 12/6 kN	1,54	1,27	3,17	4,12
134	KO	1	1,72	1,42	3,24	4,00	19,75		1,72	1,42	3,23	4,00
135	KO	1,2	1,47	1,51	3,96	4,46	18,69		1,47	1,51	3,96	4,46
136	N	0,8	0,18	0,16	2,87	3,98	19,51		0,18	0,16	2,87	3,98
137	N	0,8	1,37	9,38	9,93	3,82	14,30		1,37	9,38	9,93	3,82
138	KO-DB	1,5	6,63	16,55	20,05	7,73	2,09		6,63	16,55	20,05	7,73
139	N	0,8	1,83	2,98	4,88	3,95	18,65	JB 12/10 kN	1,80	2,95	4,88	4,10
140	KO-DB	1,5	12,71	12,29	15,43	11,15	14,06	DB 10,5/12 kN	12,71	12,28	15,43	11,15
141	KO	1,2	0,53	0,45	3,60	4,94	19,17		0,53	0,45	3,60	4,94
142	KO	1,2	2,36	2,05	3,74	4,43	19,79		2,35	2,06	3,74	4,43
143	N	0,5	0,80	11,46	11,85	3,76	15,53	JB 12/10 kN	0,77	11,34	11,74	3,91
144	N	0,5	0,45	0,75	3,34	3,45	28,74		0,47	0,73	3,34	3,45
145	N	0,5	0,08	0,12	3,33	3,52	29,43	JB 12/10 kN	0,07	0,13	3,35	3,67
146	N	0,5	0,13	0,22	3,42	3,55	29,24		0,14	0,21	3,42	3,55
147	N	0,5	0,55	0,92	3,52	3,55	28,41		0,54	0,93	3,52	3,56
148	N	1,2	1,31	2,05	3,93	3,53	24,94	JB 12/10 kN	1,27	2,07	3,96	3,69
149	B0-U80	2	28,71	48,49	50,02	27,82	17,61		28,72	48,50	50,03	27,82

Tabulka B.5: Využití konzoly 4vodič pro SDOK s poč. namáháním 6 MPa

Číslo PB	Svorka / konzola	Výška svorky	Optimalizovaný typ sloupu	-30	-5+N	-5+N +vítr	-5 +vítr	$\Delta\delta$ (%)
1	OK	1,2		21,98	16,21	18,43	13,98	12,75
2	OK	0,8		2,78	8,82	9,07	2,48	16,76
3	4V-N			2,85	5,00	6,31	3,94	19,65
4	4V-N			0,11	0,22	4,43	4,43	23,02
5	4V-N			0,48	0,77	4,58	4,50	23,36
6	4V-N			0,18	0,28	4,52	4,55	23,01
7	4V-N			0,10	0,16	4,44	4,50	22,97
8	N	0,5		0,04	0,03	4,24	4,34	20,28
9	N	0,5		0,33	0,51	4,38	4,39	20,09
10	OK	0,5		0,60	0,94	4,40	4,37	20,68
11	4V-N			0,04	0,06	4,32	4,37	23,38
12	4V-N			1,54	2,36	5,23	4,65	21,99
13	4V-N		JB 12/10 kN	1,18	1,83	5,07	4,82	21,89
14	4V-J			1,68	2,70	5,62	4,56	19,93
15	4V-N			1,78	2,86	5,17	4,32	21,28
16	4V-N			2,02	3,32	5,28	4,21	21,02
17	4V-N			0,93	1,60	4,24	4,01	22,17
18	4V-J			14,55	9,65	13,47	10,77	-25,54
19	4V-N			2,28	3,64	5,69	4,39	20,91
20	4V-N			0,22	0,34	4,73	4,76	23,26
21	4V-N			0,34	0,53	4,63	4,65	23,54
22	4V-N		JB 12/10 kN	0,73	1,24	4,59	4,58	22,44
23	4V-N			1,40	2,23	5,08	4,58	22,64
24	4V-N			0,29	0,41	4,67	4,67	23,77
25	4V-J			0,52	0,81	4,57	4,58	24,51
26	4V-N		JB 12/10 kN	0,57	0,98	4,53	4,59	22,52
27	4V-N			0,06	0,11	4,31	4,34	22,97
28	4V-N			0,73	1,19	4,64	4,51	22,63
29	4V-N			0,04	0,05	4,57	4,60	22,76
30	4V-N			0,10	0,15	4,54	4,57	23,35
31	4V-N		JB 12/10 kN	1,34	2,03	5,25	4,92	21,71
32	4V-N			2,00	3,15	6,51	5,55	22,12
33	4V-K-DB		DB 12/15 kN	11,85	19,07	24,17	11,70	-21,39
34	4V-N			1,75	2,89	5,04	4,20	21,23
35	4V-N			1,87	3,06	5,19	4,24	21,00
36	4V-N		JB 12/10 kN	1,20	1,85	5,23	4,93	21,80
37	4V-N			7,86	3,74	5,98	6,56	14,21
38	4V-K-DB			13,23	12,99	16,12	11,24	-9,80
39	4V-N			0,87	1,47	3,83	3,61	20,37
40	4V-N			0,09	0,16	3,82	3,83	23,04
41	4V-N			0,75	1,14	4,15	3,96	22,65
42	4V-N			0,79	1,20	4,21	3,99	22,80
43	4V-N		JB 12/6 kN	0,08	0,14	3,85	3,92	22,60
44	4V-N			0,27	0,40	3,76	3,78	22,87
45	4V-N			0,34	0,53	3,86	3,79	22,80
46	4V-N			0,64	0,99	3,91	3,78	22,51
47	4V-N			1,10	1,69	4,19	3,81	22,20
48	4V-N		JB 12/6 kN	1,23	1,93	4,21	3,89	14,25
49	4V-N			1,74	2,71	4,69	3,87	21,54
50	4V-N		JB 12/10 kN	0,81	1,22	4,42	4,34	22,40
51	4V-J			1,79	2,73	4,87	4,06	23,20
52	4V-N			0,32	0,42	3,77	3,78	23,61
53	4V-N			0,07	0,17	3,93	4,02	22,90
54	4V-N		JB 12/6 kN	0,38	0,58	3,92	3,97	22,70
55	4V-N			0,97	1,53	3,92	3,63	20,41
56	4V-N			0,29	0,45	3,52	3,57	23,01
57	4V-N		JB 12/6 kN	1,53	2,37	4,50	3,94	21,56
58	4V-N		JB 12/10 kN	0,46	0,70	4,19	4,24	22,43

59	4V-N		JB 12/10 kN	0,12	0,20	4,31	4,34	22,97
60	4V-N			0,05	0,11	4,08	4,19	21,32
61	OK	1,2	PS 16,5/20 N	0,20	0,45	6,48	10,53	93,98
62	4V-K-DB			6,96	12,30	14,45	3,79	12,53
63	OK	0,8		0,17	0,43	1,66	1,88	19,88
64	4V-N			5,01	11,55	11,84	2,76	18,16
65	4V-N			0,44	0,72	3,53	3,53	22,95
66	4V-N			0,15	0,23	3,39	3,45	22,71
67	4V-N			1,92	3,48	4,63	3,15	19,87
68	4V-K-DB			5,23	8,69	9,43	3,69	20,89
69	4V-N		JB 12/10 kN	0,68	1,09	4,56	4,48	22,59
70	4V-N			2,73	4,20	5,73	3,86	20,24
71	4V-N			0,79	1,35	3,51	3,34	22,22
72	4V-N			3,67	5,79	6,88	3,77	19,62
73	4V-N		JB 12/10 kN	0,09	0,21	4,47	4,46	22,37
74	4V-N		JB 12/10 kN	0,19	0,35	4,66	4,52	22,32
75	4V-N			0,08	0,21	4,40	4,32	23,41
76	4V-N		JB 12/6 kN	1,25	1,89	4,46	4,13	22,65
77	N	0,5		1,27	1,90	4,50	4,03	19,78
78	OK	1	DB 12/12 kN	15,65	17,47	21,06	12,26	5,13
79	N	0,5		0,13	0,22	3,20	3,29	20,00
80	N	0,5		0,89	1,40	3,63	3,40	19,28
81	N	0,5		1,57	2,35	4,41	3,76	18,59
82	4V-N		JB 12/6 kN	0,29	0,37	4,21	4,22	22,57
83	4V-N			1,05	1,63	4,42	3,98	22,17
84	4V-K-DB			6,65	10,69	14,25	7,87	18,88
85	4V-N			0,09	0,24	3,88	3,96	22,68
86	4V-N		JB 12/10 kN	2,27	3,51	5,57	4,33	19,93
87	4V-K-DB			7,61	4,68	8,40	6,48	47,26
88	N	0,5		0,63	1,07	3,38	3,27	19,23
89	N	0,5		1,49	2,50	4,09	3,31	18,58
90	OK	0,5		10,35	17,18	220,64	10,05	92,10
91	N	0,5	JB 12/12 kN	0,36	11,40	11,93	4,19	15,26
92	N			2,06	1,64	3,20	3,87	19,69
93	N	0,5		2,58	2,45	3,28	3,14	17,07
94	OK	0,8		3,89	3,52	4,22	3,44	17,30
95	N	0,5		0,38	0,29	2,89	4,03	20,07
96	4V-N		JB 12/6 kN	0,06	0,06	3,06	4,32	22,88
97	4V-N			1,42	1,11	3,07	4,02	22,15
98	4V-N		JB 12/6 kN	1,57	1,22	3,14	4,14	21,66
99	4V-N			2,65	2,14	3,54	3,90	21,47
100	4V-K-DB			11,64	8,77	11,34	10,36	2,65
101	4V-K-DB			30,16	26,91	29,29	20,19	16,11
102	OK	0,8		4,72	4,62	5,08	3,04	17,52
103	N	0,5	JB 12/6 kN	1,23	0,97	2,88	3,93	19,79
104	N	0,5		0,14	0,13	2,56	3,61	19,53
105	N	0,5		0,81	0,66	2,75	3,82	19,64
106	N	0,5		2,45	2,09	3,28	3,53	17,68
107	4V-N			0,97	0,87	2,59	3,42	21,62
108	4V-N			1,17	0,98	2,86	3,73	22,38
109	4V-K-DB			0,56	0,46	2,79	3,99	24,37
110	4V-N			0,78	0,60	3,01	4,13	22,59
111	4V-N			0,26	0,21	3,15	4,33	22,86
112	4V-N			0,86	0,66	3,10	4,20	22,58
113	N	0,5	JB 10,5/10 kN	0,20	6,18	6,68	4,02	17,37
114	N	0,5		0,22	0,13	2,18	4,03	18,81
115	N	0,5		0,74	5,66	6,13	3,82	17,13
116	N	0,5		1,28	1,07	2,72	3,53	19,12
117	4V-N			2,75	2,23	3,61	3,92	20,78
118	4V-N			2,61	2,13	3,61	3,97	21,33
119	4V-K-DB			14,59	12,58	15,01	11,89	3,46
120	4V-J			1,23	1,27	3,55	4,08	21,97

121	4V-N			1,31	1,13	2,83	3,64	21,91
122	4V-N			5,39	6,08	6,40	2,95	18,44
123	4V-K-DB			18,21	15,48	16,97	12,02	16,91
124	OK	0,8		0,32	9,03	9,35	2,90	17,75
125	4V-K-DB			10,35	15,75	18,97	9,50	19,14
126	4V-N			1,59	2,51	4,42	3,70	22,17
127	4V-J			5,09	7,43	10,68	6,39	19,94
128	4V-K-DB			8,58	15,75	19,48	8,60	3,49
129	4V-N		JB 13,5/10 kN	1,42	2,19	5,10	4,69	21,18
130	4V-N			1,03	1,69	4,48	4,18	22,10
131	4V-K-DB			6,04	17,39	19,37	6,71	16,68
132	4V-N			0,07	0,08	2,78	3,88	22,66
133	4V-N			1,61	1,26	3,27	4,15	21,71
134	4V-N		JB 12/6 kN	1,74	1,37	3,31	4,22	21,45
135	4V-J			1,45	1,52	4,14	4,61	22,22
136	4V-N			0,18	0,16	2,99	4,13	22,74
137	4V-N			1,42	9,98	10,04	3,96	19,26
138	4V-K-DB			6,64	16,54	20,26	7,93	3,11
139	4V-N		JB 12/10 kN	1,85	2,96	5,00	4,23	20,60
140	4V-K-DB		DB 10,5/12 kN	12,65	12,77	16,10	11,31	17,64
141	4V-N			0,55	0,44	3,76	5,14	22,61
142	4V-N			2,43	2,04	3,86	4,62	22,28
143	4V-N		JB 12/12 kN	0,80	11,80	12,21	4,01	18,02
144	4V-N		JB 12/10 kN	0,46	0,74	3,47	3,70	31,41
145	4V-N			0,09	0,11	3,46	3,64	32,08
146	4V-N			0,14	0,22	3,55	3,67	31,83
147	4V-N			0,56	0,93	3,65	3,66	30,96
148	4V-N		JB 12/10 kN	1,31	2,08	4,13	3,86	28,57
149	B0-U80	1,5		26,12	47,11	49,14	25,31	16,14

Tabulka B.6: Využití konzoly 4vodič pro SDOK s poč. namáháním 12 MPa

Číslo PB	Svorka / konzola	Výška svorky	Optimalizovaný typ sloupu	-30	-5+N	-5+N +vítr	-5 +vítr	$\Delta\delta$ (%)
1	OK	1,2		22,96	16,74	18,96	14,94	15,19
2	OK	0,8		2,72	8,87	9,12	2,48	17,21
3	N	0,5		2,76	4,95	6,19	3,83	18,09
4	N	0,5	JB 12/10 kN	0,08	0,24	4,28	4,44	20,33
5	N	0,5		0,45	0,79	4,43	4,37	20,77
6	N	0,5		0,17	0,28	4,36	4,41	20,18
7	N	0,5		0,10	0,15	4,29	4,36	20,28
8	N	0,5		0,04	0,04	4,24	4,34	20,28
9	N	0,5		0,33	0,53	4,38	4,39	20,09
10	OK	0,5		0,60	0,97	4,41	4,37	20,86
11	N	0,5		0,03	0,05	4,16	4,24	20,43
12	N	0,5	JB 12/10 kN	1,46	2,34	5,07	4,64	19,53
13	4V-N			1,21	1,93	5,12	4,70	22,66
14	4V-K			1,74	2,87	5,84	4,70	22,95
15	4V-N			1,78	2,95	5,22	4,33	22,03
16	4V-N			2,02	3,41	5,34	4,21	21,91
17	4V-N			0,93	1,64	4,25	4,01	22,35
18	4V-K			14,59	9,67	13,50	10,82	-25,26
19	4V-N			2,28	3,75	5,76	4,39	21,88
20	4V-N			0,22	0,35	4,73	4,76	23,26
21	4V-N			0,34	0,55	4,63	4,65	23,54
22	4V-N		JB 12/10 kN	0,73	1,28	4,60	4,58	22,61
23	4V-N			1,40	2,31	5,12	4,58	23,24
24	4V-N			0,29	0,42	4,67	4,67	23,77
25	4V-K			0,52	0,84	4,58	4,58	24,67
26	N	0,5	JB 12/10 kN	0,55	0,98	4,40	4,47	20,23
27	N	0,5		0,06	0,11	4,16	4,21	20,19
28	N	0,5		0,71	1,18	4,48	4,37	19,87
29	N	0,5		0,04	0,05	4,41	4,45	19,95
30	N	0,5		0,10	0,15	4,38	4,43	20,55
31	4V-N		JB 12/10 kN	1,35	2,12	5,28	4,92	22,16
32	4V-N			2,01	3,30	6,59	5,55	23,07
33	4V-K-DB			11,72	18,87	23,97	11,48	-22,40
34	4V-N			1,75	2,96	5,09	4,20	22,00
35	4V-N			1,87	3,15	5,25	4,24	21,90
36	4V-N		JB 12/10 kN	1,20	1,93	5,26	4,94	22,24
37	4V-N			7,85	3,74	5,98	6,56	14,21
38	OK-DB	1,2		13,10	13,01	15,99	10,96	-10,69
39	N	0,5		0,86	1,51	3,81	3,58	19,95
40	N	0,5		0,09	0,16	3,69	3,71	20,33
41	4V-N			0,75	1,18	4,16	3,96	22,84
42	4V-N			0,78	1,23	4,22	3,99	22,99
43	4V-N			0,08	0,15	3,87	3,83	23,00
44	4V-N			0,26	0,42	3,76	3,78	22,87
45	4V-N			0,34	0,55	3,86	3,79	22,80
46	4V-N			0,64	1,02	3,92	3,78	22,70
47	4V-N		JB 12/6 kN	1,07	1,72	4,19	3,91	22,20
48	4V-N			1,26	2,03	4,27	3,79	15,46
49	4V-N			1,75	2,79	4,75	3,87	22,53
50	4V-N			0,82	1,31	4,46	4,25	23,09
51	4V-N			1,78	2,86	4,94	4,06	24,29
52	4V-N			0,33	0,45	3,88	3,87	25,77
53	4V-N			0,07	0,17	3,93	4,02	22,90
54	4V-N		JB 12/6 kN	0,38	0,61	3,92	3,97	22,70

55	4V-N			1,00	1,63	4,05	3,71	22,96
56	4V-N			0,29	0,47	3,52	3,57	23,01
57	4V-N		JB 12/6 kN	1,53	2,46	4,55	3,94	22,42
58	4V-N			0,47	0,75	4,23	4,15	23,17
59	4V-N		JB 12/10 kN	0,12	0,21	4,32	4,34	23,15
60	4V-N			0,06	0,12	4,18	4,27	23,21
61	N	0,5	PS 16,5/20 N	0,22	0,49	6,62	10,65	94,11
62	OK-DB	1,2		6,61	11,92	14,13	3,77	10,54
63	OK	0,8		0,18	0,42	1,67	1,90	20,36
64	N	0,5		4,85	11,30	11,58	2,69	16,32
65	N	0,5		0,43	0,71	3,41	3,43	20,23
66	N	0,5		0,14	0,23	3,30	3,37	20,61
67	N	0,5		1,85	3,43	4,53	3,05	18,10
68	OK-DB	0,8		5,00	8,51	9,19	3,52	18,82
69	4V-N		JB 12/10 kN	0,68	1,14	4,57	4,48	22,76
70	4V-N			2,73	4,36	5,84	3,86	21,75
71	4V-N			0,79	1,38	3,52	3,34	22,44
72	4V-N			3,67	6,00	7,05	3,77	21,56
73	4V-N		JB 12/10 kN	0,09	0,23	4,48	4,46	22,54
74	4V-N			0,21	0,37	4,70	4,46	22,98
75	4V-N			0,08	0,20	4,39	4,32	23,23
76	4V-N		JB 12/6 kN	1,29	2,02	4,60	4,21	25,00
77	N	0,5		1,27	1,98	4,54	4,03	20,48
78	OK-DB	1,2		15,41	1722,00	20,74	11,95	3,66
79	N	0,5		0,14	0,22	3,20	3,29	20,00
80	N	0,5		0,89	1,44	3,65	3,40	19,73
81	N	0,5		1,56	2,44	4,46	3,76	19,51
82	N	0,5	JB 12/6 kN	0,28	0,38	4,08	4,11	20,10
83	N	0,5		1,02	1,62	4,29	3,87	19,81
84	OK-DB	0,8		6,70	10,44	13,84	7,85	16,47
85	N	0,5		0,09	0,24	3,76	3,86	20,21
86	N	0,5	JB 12/10 kN	2,21	3,55	5,49	4,22	18,76
87	OK-DB	1,2		7,45	3,81	7,30	6,45	39,32
88	N	0,5		0,63	1,10	3,40	3,27	19,71
89	N	0,5		1,55	2,65	4,25	3,39	21,65
90	OK-DB	0,8		10,69	17,28	20,67	10,37	15,72
91	N	0,8	JB 12/12 kN	0,36	11,29	11,82	4,16	14,47
92	N	0,5		2,06	1,72	3,21	3,83	19,94
93	N	0,5		2,57	2,54	3,34	3,14	18,56
94	OK	0,8		3,89	3,68	4,36	3,44	19,95
95	N	0,8		0,38	0,31	2,86	4,00	19,23
96	N	0,5		0,05	0,06	2,96	4,10	20,27
97	N	0,5	JB 12/6 kN	1,35	1,13	2,99	4,00	20,07
98	N	0,5	JB 12/6 kN	1,52	1,26	3,08	4,03	20,13
99	N	0,5		2,57	2,19	3,49	3,78	20,34
100	OK-DB	1,5		11,60	8,64	11,27	10,11	2,04
101	OK-DB	1,2		30,09	26,29	28,58	20,35	14,03
102	OK	0,8		4,71	4,81	5,25	3,04	20,19
103	N	0,8	JB 12/6 kN	1,23	1,02	2,88	3,91	19,79
104	N	0,5		0,14	0,13	2,56	3,61	19,53
105	N	0,5		0,81	0,70	2,76	3,82	19,93
106	N	0,5		2,45	2,19	3,34	3,53	19,16
107	N	0,5		0,94	0,88	2,52	3,33	19,44
108	N	0,5		1,13	0,99	2,78	3,63	20,14
109	OK-DB	0,8		0,54	0,47	2,67	3,84	20,97
110	N	0,8		0,75	0,62	2,89	3,97	19,38
111	N	0,5		0,26	0,22	3,04	4,19	20,07

112	N	0,5		0,83	0,68	3,00	4,07	20,00
113	N	0,5	JB 10,5/10 kN	0,19	6,14	6,64	4,02	16,87
114	N	0,5		0,23	0,14	2,19	4,04	19,18
115	N	0,5		0,74	5,59	6,05	3,82	16,03
116	N	0,5		1,28	1,12	2,74	3,53	19,71
117	N	0,8		2,66	2,27	3,57	3,81	19,89
118	OK	0,5		2,53	2,17	3,55	3,86	20,00
119	OK-DB	1,2		14,58	12,59	14,89	11,72	2,69
120	OK	0,8		1,26	1,28	3,51	4,03	21,08
121	N	0,5		1,27	1,14	2,75	3,53	19,64
122	N	0,5		5,20	6,00	6,31	2,86	17,27
123	OK-DB	0,8		18,06	15,15	16,57	12,14	14,91
124	OK	1		0,32	8,95	9,27	2,89	17,04
125	OK-DB	0,8		10,31	15,26	18,31	9,48	16,22
126	4V-N		JB 12/6 kN	1,52	2,47	4,29	3,70	19,81
127	4V-K			5,33	7,59	10,84	6,62	21,13
128	4V-K-DB			8,46	15,79	19,49	8,47	3,54
129	4V-N		JB 12/10 kN	1,44	2,33	5,18	4,59	22,39
130	4V-N			1,03	1,76	4,51	4,18	22,62
131	OK-DB	1,2		6,04	16,70	18,58	6,71	13,13
132	N	0,5		0,06	0,08	2,69	3,76	20,07
133	N	0,5		1,56	1,30	3,19	4,02	19,75
134	N	0,5	JB 12/6 kN	1,69	1,42	3,25	4,12	20,00
135	OK	0,8		1,43	1,50	3,97	4,45	18,89
136	N	0,8		0,17	0,16	2,87	3,97	19,51
137	N	0,5		1,37	9,52	10,07	3,83	15,49
138	OK-DB	1,2		6,63	16,55	20,07	7,76	2,19
139	4V-N			1,90	3,10	5,09	4,10	22,00
140	4V-N		DB 10,5/12 kN	12,77	12,75	16,10	11,43	17,64
141	4V-N			0,55	0,47	3,76	5,14	22,61
142	4V-N			2,54	2,21	4,02	4,72	25,37
143	4V-N		JB 10,5/12 kN	0,83	11,98	12,38	3,88	19,14
144	4V-N			0,47	0,79	3,51	3,60	32,19
145	4V-N			0,08	0,12	3,46	3,64	32,08
146	4V-N			0,14	0,22	3,55	3,67	31,83
147	4V-N			0,57	0,95	3,65	3,66	30,96
148	4V-N			1,36	2,17	4,17	3,72	29,26
149	B0-U80	1,5		27,58	48,21	50,11	26,68	17,76

Tabulka B.7: Využití konzoly 4vodič pro SDOK s poč. namáháním 18 MPa

Číslo PB	Svorka / konzola	Výška svorky	Optimalizovaný typ sloupu	-30	-5+N	-5+N +vítr	-5 +vítr	$\Delta\delta$ (%)
1	OK	1,2		23,92	17,37	16,90	15,90	4,85
2	OK	0,8		2,71	8,74	9,00	2,48	16,11
3	N	0,5		2,75	4,94	6,18	3,83	17,96
4	N	0,5	JB 12/10 kN	0,08	0,24	4,28	4,44	20,33
5	N	0,8		0,44	0,79	4,43	4,37	20,77
6	N	0,5		0,17	0,28	4,36	4,41	20,18
7	N	0,5		0,10	0,15	4,29	4,36	20,28
8	N	0,5		0,04	0,04	4,24	4,34	20,28
9	N	0,8		0,32	0,53	4,35	4,36	19,54
10	OK	0,8		0,60	0,97	4,37	4,34	20,14
11	N	0,5		0,03	0,05	4,16	4,24	20,43
12	N	0,5	JB 12/10 kN	1,46	2,35	5,08	4,64	19,69
13	N	0,8	JB 12/10 kN	1,14	1,84	4,91	4,67	19,35
14	OK	0,8		1,69	2,72	5,55	4,52	18,92
15	N	0,5	JB 12/10 kN	1,71	2,79	5,01	4,34	18,76
16	N	0,5		1,97	3,27	5,13	4,08	18,71
17	N	0,5	JB 12/6 kN	0,91	1,54	4,10	40,40	19,51
18	OK	1,0		14,58	9,63	13,24	10,63	-27,72
19	N	0,8		2,21	3,62	5,56	4,26	19,06
20	N	0,8		0,21	0,34	4,52	4,58	19,69
21	4V			0,34	0,55	4,63	4,65	23,54
22	4V			0,76	1,30	4,66	4,49	23,61
23	4V			1,41	2,29	5,11	4,58	23,09
24	4V			0,28	0,42	4,67	4,67	23,77
25	4V-K			0,51	0,85	4,58	4,58	24,67
26	4V			0,59	1,01	4,56	4,47	23,03
27	N	0,5		0,07	0,10	4,15	4,20	20,00
28	N	0,5		0,71	1,18	4,49	4,37	20,04
29	N	0,5		0,03	0,05	4,41	4,45	19,95
30	4V			0,10	0,15	4,58	4,61	24,02
31	4V			1,37	2,16	4,53	4,48	9,27
32	4V			2,01	3,32	5,60	5,56	9,46
33	4V-DB			11,72	18,88	23,97	11,49	-22,40
34	N	0,5		1,69	2,86	4,91	4,08	19,14
35	N	0,5		1,81	3,03	5,06	4,12	18,97
36	N	0,5	JB 12/10 kN	1,17	1,87	5,10	4,82	19,80
37	N	0,8		7,65	3,64	5,78	6,37	11,25
38	OK-DB	1,2		12,96	12,95	15,93	10,85	-11,11
39	N	1,0		0,84	1,46	3,69	3,48	17,34
40	N	0,5		0,09	0,16	3,69	3,71	20,33
41	N	0,5		0,72	1,14	4,01	3,84	19,95
42	N	1,2	JB 12/6 kN	0,74	1,17	4,01	3,93	18,95
43	N	0,5		0,08	0,14	3,73	3,71	20,11
44	N	0,5		0,25	0,40	3,63	3,66	20,11
45	N	0,5		0,32	0,53	3,73	3,67	20,11
46	N	0,5		0,62	0,99	3,78	3,67	19,84
47	4V			1,09	1,77	4,25	3,84	23,29
48	4V			1,26	2,03	4,28	3,79	15,65
49	4V			1,75	2,80	4,75	3,87	22,53
50	4V			0,82	1,31	4,46	4,25	23,09
51	4V-K			1,78	2,87	4,95	4,06	24,44
52	4V			0,32	0,44	3,81	3,81	24,41
53	4V			0,07	0,18	3,93	4,02	22,90
54	4V		JB 12/6 kN	0,38	0,61	3,92	3,97	22,70
55	4V			0,96	1,60	3,98	3,67	21,61
56	4V			0,28	0,47	3,53	3,57	23,23
57	4V		JB 12/6 kN	1,53	2,47	4,55	3,94	22,42
58	4V		JB 12/10 kN	0,46	0,74	4,20	4,24	22,62

59	4V		JB 12/10 kN	0,13	0,21	4,32	4,35	23,15
60	N	1,2		0,05	0,12	3,92	4,05	18,11
61	N	0,5	PS 16,5/20 N	0,23	0,50	6,61	10,67	94,10
62	OK-DB	1,5		6,79	11,80	13,97	4,20	9,52
63	OK	0,8		0,19	0,42	1,67	1,90	20,36
64	N	0,5		4,84	11,23	11,51	2,69	15,81
65	N	0,5		0,41	0,72	3,41	3,43	20,23
66	N	0,5	JB 12/6 kN	0,15	0,21	3,28	3,46	20,12
67	N	0,5		1,84	3,43	4,52	3,05	17,92
68	OK-DB	1,2		4,98	8,44	9,11	3,50	18,11
69	4V		JB 12/10 kN	0,68	1,15	4,57	4,48	22,76
70	4V			2,82	4,37	5,85	3,86	21,88
71	4V			0,79	1,38	3,52	3,34	22,44
72	4V			3,66	6,01	7,06	3,77	21,67
73	4V		JB 12/10 kN	0,10	0,23	4,48	4,48	22,54
74	4V			0,22	0,37	4,71	4,47	23,14
75	4V			0,09	0,19	4,40	4,32	23,41
76	4V			1,26	2,02	4,56	4,06	24,34
77	4V			1,30	2,07	4,72	4,17	23,52
78	OK-DB	1,2		15,41	17,22	20,74	11,95	3,66
79	N	0,5		0,14	0,22	3,20	3,29	20,00
80	N	0,5		0,88	1,44	3,65	3,40	19,73
81	N	0,5		1,56	2,44	4,46	3,76	19,51
82	N	0,8	JB 12/6 kN	0,28	0,39	4,06	4,10	19,70
83	N	0,8	JB 12/6 kN	1,02	1,58	4,25	3,97	19,06
84	OK-DB	1,2		6,96	10,52	13,89	8,08	16,77
85	N	0,8		0,10	0,24	3,74	3,85	19,79
86	N	1,2	JB 12/10 kN	2,21	3,51	5,42	4,17	17,71
87	OK-DB	1,2		0,59	4,13	7,62	6,84	41,86
88	N	0,5		0,62	1,10	3,40	3,28	19,71
89	N	1,0		1,48	2,56	4,11	3,29	18,98
90	OK-DB	1,2	DB 12/15 kN	11,04	17,31	20,70	10,86	15,85
91	N	1,2	JB 12/10 kN	0,35	11,14	11,66	4,13	13,29
92	N	0,5		2,05	1,72	3,21	3,83	19,94
93	N	0,5		2,56	2,51	3,32	3,14	18,07
94	OK	1,2		3,88	3,62	4,29	3,42	18,65
95	N	0,8		0,38	0,31	2,87	4,00	19,51
96	4V			0,05	0,06	3,07	4,23	23,13
97	4V			1,41	1,19	3,09	4,02	22,65
98	4V			1,59	1,33	3,19	4,05	22,88
99	N	0,8		2,56	2,17	3,46	3,75	19,65
100	OK-DB	2,0		11,47	8,77	11,18	9,95	1,25
101	OK-DB	1,5		30,11	26,85	29,12	21,22	15,63
102	OK	1,0		4,70	4,73	5,17	3,03	18,96
103	N	1,2	JB 12/6 kN	1,23	1,01	2,85	3,87	18,95
104	N	0,5		0,14	0,13	2,59	3,64	20,46
105	N	1,0		0,81	0,69	2,73	3,78	19,05
106	N	0,5		2,45	2,18	3,34	3,55	19,16
107	N	0,5		0,94	0,87	2,52	3,33	19,44
108	N	0,8		1,13	0,98	2,76	3,61	19,57
109	OK-DB	1,5		0,54	0,46	2,63	3,79	19,77
110	N	0,8		0,75	0,62	2,89	3,97	19,38
111	N	0,8		0,25	0,22	3,02	4,16	19,54
112	N	0,8		0,83	0,68	2,98	4,04	19,46
113	N	0,8		0,21	5,99	6,50	4,00	15,08
114	N	0,8		0,23	0,14	2,18	4,02	18,81
115	N	0,5		0,74	5,48	5,95	3,82	14,62
116	N	0,5		1,28	1,11	2,74	3,53	19,71
117	N	0,8		2,66	2,25	3,54	3,79	19,21
118	OK	0,8		2,53	2,17	3,56	3,87	20,22
119	OK-DB	1,2		14,57	12,58	14,88	11,71	2,62
120	OK	1,2		1,24	1,26	3,40	3,94	18,53

121	N	0,5		1,27	1,14	2,75	3,53	19,64
122	N	0,5		5,19	5,90	6,22	2,86	16,08
123	OK-DB	0,8		18,74	15,58	17,01	12,82	17,11
124	OK	1,2		0,31	8,81	9,13	2,87	15,77
125	4V-DB			11,31	16,35	19,57	10,44	21,61
126	4V			1,53	2,51	4,31	3,59	20,19
127	4V-K			5,57	7,72	10,96	6,85	21,99
128	4V-DB			8,32	15,74	19,44	8,34	3,29
129	4V		JB 12/10 kN	1,44	2,35	5,18	4,60	22,39
130	4V			1,02	1,77	4,52	4,20	22,79
131	OK-DB	1,2		6,13	16,70	18,60	6,95	13,23
132	N	1,2		0,06	0,08	2,59	3,64	16,99
133	N	0,8	JB 12/6 kN	1,54	1,27	3,17	4,12	19,24
134	N	1,0		1,72	1,42	3,23	4,00	19,50
135	OK	1,2		1,47	1,51	3,96	4,46	18,69
136	N	0,8		0,18	0,16	2,87	3,98	19,51
137	N	0,8		1,37	9,38	9,93	3,82	14,30
138	OK-DB	1,5		6,63	16,55	20,05	7,74	2,09
139	N	0,8	JB 12/10 kN	1,80	2,95	4,88	4,10	18,65
140	OK-DB	1,5	DB 10,5/12 kN	12,71	12,29	15,43	11,15	14,06
141	N	1,2		0,53	0,45	3,60	4,94	19,17
142	4V			2,44	2,16	3,95	4,65	24,05
143	4V		JB 10,5/12 kN	0,83	11,88	12,28	3,88	18,49
144	4V			0,47	0,78	3,47	3,56	31,41
145	4V			0,08	0,13	3,46	3,64	32,08
146	N	0,5		0,13	0,21	3,42	3,55	29,24
147	N	0,5		0,54	0,93	3,52	3,56	28,41
148	N	1,2	JB 12/10 kN	1,27	2,07	3,96	3,69	25,51
149	B0-U80	2,0		27,72	48,50	50,54	27,82	18,46

Tabulka B.8: Vliv délky rozpětí a námrazové oblasti na mechanické namáhání lan/kabelu

Pole mezi PB		Délka rozpětí (m)	Mechanické namáhání vodičů (MPa)							
			AlFe 30 MPa		SDOK 6 MPa		SDOK 12 MPa		SDOK 18 MPa	
			I2	I5	I2	I5	I2	I5	I2	I5
1	2	22	43,78	65,80	14,87	25,91	18,21	28,67	22,21	31,70
2	3	52	62,32	103,85	23,52	43,38	27,15	46,70	30,42	49,43
3	4	71	71,53	123,46	27,81	52,48	32,15	56,61	35,37	59,40
4	5	71	71,15	122,63	27,63	52,09	31,93	56,18	35,15	58,96
5	6	74	72,56	125,71	28,29	53,53	32,74	57,78	35,97	60,59
6	7	73	72,04	124,59	28,05	53,00	32,44	57,20	35,67	60,00
7	8	72	71,76	123,97	27,92	52,72	32,28	56,87	35,50	59,67
8	9	72	71,70	123,83	27,89	52,65	32,24	56,80	35,46	59,59
9	10	74	72,67	125,95	28,35	53,64	32,80	57,91	36,03	60,72
10	11	70	70,88	122,05	27,51	51,82	31,78	55,88	35,00	58,66
11	12	70	70,90	122,08	27,51	51,83	31,78	55,89	35,01	58,68
12	13	81	75,25	131,67	29,57	56,33	34,32	60,94	37,57	63,80
13	14	72	71,84	124,13	27,95	52,79	32,32	56,96	35,55	59,76
14	15	62	67,11	113,95	25,75	48,05	29,69	51,73	32,91	54,48
15	16	74	72,37	125,29	28,20	53,33	32,63	57,56	35,85	60,37
16	17	60	66,26	112,13	25,35	47,20	29,22	50,82	32,46	53,56
17	18	66	69,20	118,41	26,72	50,12	30,83	54,00	34,05	56,77
18	19	63	67,61	115,00	25,97	48,54	29,96	52,27	33,18	55,01
19	20	78	74,30	129,56	29,12	55,34	33,75	59,81	37,00	62,65
20	21	77	73,68	128,17	28,82	54,69	33,39	59,08	36,63	61,91
21	22	74	72,70	126,03	28,36	53,68	32,82	57,95	36,05	60,76
22	23	69	70,41	121,04	27,29	51,34	31,51	55,35	34,73	58,13
23	24	79	74,48	129,97	29,21	55,53	33,87	60,03	37,11	62,87
24	25	77	73,71	128,26	28,84	54,73	33,41	59,13	36,65	61,95
25	26	73	72,19	124,90	28,12	53,15	32,52	57,35	35,75	60,16
26	27	69	70,41	121,02	27,28	51,34	31,51	55,34	34,73	58,12
27	28	69	70,52	121,26	27,34	51,45	31,57	55,47	34,79	58,25
28	29	74	72,69	126,01	28,36	53,67	32,81	57,94	36,05	60,75
29	30	74	72,69	126,00	28,36	53,67	32,81	57,94	36,04	60,75
30	31	74	72,43	125,44	28,24	53,40	32,66	57,64	35,89	60,45
31	32	83	76,24	133,91	30,04	57,38	34,92	62,13	38,18	65,02
32	33	100	81,99	147,17	32,80	63,69	38,58	69,46	41,97	72,52
33	34	72	71,66	123,74	27,87	52,61	32,22	56,76	35,44	59,55
34	35	60	66,35	112,34	25,39	47,30	29,28	50,92	32,51	53,66
35	36	73	71,99	124,48	28,03	52,95	32,41	57,14	35,64	59,94
36	37	81	75,43	132,08	29,65	56,52	34,43	61,15	37,68	64,01
37	38	81	75,35	131,85	29,59	56,39	34,35	61,00	37,61	63,86
38	39	68	70,14	120,44	27,16	51,07	31,36	55,05	34,58	57,82
39	40	75	72,93	126,53	28,47	53,91	32,95	58,21	36,18	61,02
40	41	76	73,21	127,16	28,60	54,21	33,12	58,54	36,35	61,36
41	42	81	75,29	131,78	29,59	56,38	34,35	60,99	37,60	63,85
42	43	75	73,13	126,96	28,56	54,12	33,07	58,44	36,30	61,26
43	44	75	72,93	126,54	28,47	53,92	32,95	58,22	36,19	61,03
44	45	73	72,19	124,91	28,12	53,15	32,52	57,36	35,75	60,16
45	46	75	73,15	127,02	28,58	54,14	33,08	58,47	36,32	61,29
46	47	71	71,35	123,06	27,72	52,29	32,04	56,40	35,26	59,19
47	48	79	74,45	129,89	29,19	55,49	33,84	59,98	37,09	62,83
48	49	70	70,84	121,96	27,49	51,78	31,75	55,83	34,98	58,62
49	50	82	75,80	132,91	29,83	56,91	34,65	61,60	37,91	64,47
50	51	89	78,11	138,14	30,93	59,39	36,07	64,43	39,37	67,36
51	52	75	72,96	126,59	28,48	53,94	32,97	58,24	36,20	61,06
52	53	77	73,75	128,32	28,86	54,76	33,43	59,16	36,66	61,99
53	54	78	74,05	129,01	29,00	55,08	33,61	59,52	36,85	62,35

54	55	75	72,96	126,60	28,48	53,95	32,97	58,25	36,20	61,06
55	56	68	70,06	120,26	27,12	50,99	31,31	54,96	34,53	57,73
56	57	70	70,90	122,10	27,52	51,84	31,79	55,90	35,01	58,69
57	58	81	75,33	131,86	29,61	56,42	34,37	61,03	37,62	64,05
58	59	85	76,64	134,81	30,23	57,81	35,16	62,62	38,44	65,51
59	60	84	76,35	134,15	30,09	57,49	34,98	62,26	38,25	65,15
60	61	83	76,15	133,70	30,00	57,29	34,86	62,03	38,13	64,91
61	62	85	76,71	134,96	30,26	57,88	35,20	62,70	38,48	65,60
62	63	31	50,29	79,18	17,95	32,05	21,22	34,87	24,84	37,71
63	64	30	49,48	77,52	17,58	31,31	20,85	34,11	24,50	36,97
64	65	70	70,75	121,75	27,44	51,68	31,70	55,72	34,92	58,51
65	66	67	69,43	118,90	26,83	50,35	30,96	54,26	34,18	57,02
66	67	66	69,01	118,01	26,63	49,94	30,73	53,80	33,95	56,56
67	68	52	62,60	104,45	23,65	43,65	27,30	46,99	30,56	49,72
68	69	91	78,99	140,16	31,35	60,34	36,62	65,54	39,94	68,50
69	70	86	76,98	135,57	30,39	58,17	35,37	63,03	38,65	65,93
70	71	66	69,23	118,48	26,73	50,15	30,85	54,04	34,07	56,80
71	72	61	66,74	113,16	25,57	47,68	29,49	51,34	32,72	54,08
72	73	87	77,39	136,50	30,59	58,61	35,62	63,54	38,91	66,45
73	74	86	77,16	135,98	30,48	58,36	35,48	63,25	38,76	66,16
74	75	86	77,16	135,99	30,48	58,37	35,48	63,26	38,77	66,16
75	76	87	77,48	136,71	30,63	58,71	35,68	63,66	38,97	66,57
76	77	77	73,87	128,60	28,91	54,89	33,50	59,31	36,74	62,14
77	78	87	77,50	136,75	30,64	58,73	35,69	63,67	38,98	66,59
78	79	65	68,77	117,50	26,52	49,70	30,60	53,54	33,82	56,30
79	80	64	68,37	116,63	26,33	49,29	30,37	53,09	33,60	55,85
80	81	70	71,03	122,37	27,58	51,97	31,86	56,04	35,08	58,83
81	82	82	75,54	132,33	29,71	56,64	34,50	61,29	37,76	64,16
82	83	80	74,85	130,78	29,38	55,91	34,08	60,46	37,33	63,31
83	84	73	71,93	124,33	27,99	52,88	32,37	57,05	35,60	59,85
84	85	75	73,02	126,74	28,51	54,01	33,00	58,32	36,24	61,13
85	86	74	72,60	125,81	28,32	53,58	32,76	57,84	35,99	60,64
86	87	92	79,21	140,69	31,46	60,60	36,77	65,83	40,10	68,80
87	88	65	68,75	117,46	26,51	49,68	30,59	53,52	33,81	56,27
88	89	61	66,72	113,10	25,56	47,66	29,48	51,31	32,70	54,06
89	90	72	71,63	123,68	27,86	52,58	32,20	56,72	35,43	59,52
90	91	83	76,01	133,40	29,93	57,14	34,78	61,86	38,05	64,73
124	125	62	67,12	113,97	25,75	48,06	29,70	51,75	32,92	54,49
125	126	77	73,80	128,46	28,88	54,82	33,46	59,23	36,70	62,06
126	127	66	69,20	118,42	26,72	50,12	30,83	54,01	34,05	56,77
127	128	66	69,18	118,38	26,71	50,11	30,83	53,99	34,05	56,75
128	129	96	80,49	143,64	32,08	62,00	37,59	67,48	40,94	70,48
129	130	84	76,35	134,16	30,09	57,50	34,99	62,27	38,26	65,15
130	131	76	73,21	127,15	28,60	54,21	33,12	58,54	36,36	61,36
137	138	72	71,66	123,75	27,87	52,61	32,22	56,76	35,45	59,55
138	139	78	74,19	129,33	29,07	55,23	33,69	59,69	36,94	62,53
139	140	65	68,66	117,26	26,47	49,59	30,54	53,42	33,76	56,17
143	144	73	72,27	125,09	28,16	53,24	32,57	57,46	35,80	60,26
144	145	77	73,65	128,13	28,81	54,66	33,37	59,06	36,61	61,88
145	146	77	73,87	128,60	28,91	54,88	33,50	59,30	36,74	62,13
146	147	78	74,23	129,41	29,08	55,26	33,71	59,73	36,96	62,57
147	148	74	72,56	125,70	28,30	53,53	32,74	57,79	35,97	60,59
148	149	84	76,39	134,25	30,10	57,52	34,99	62,29	38,27	65,18

Tabulka B.9: Vliv délky rozpětí a námrazové oblasti na průhyby lan/kabelu

Pole mezi PB		Délka rozpětí (m)	Průhyb vodičů (m)							
			AlFe 30 MPa		SDOK 6 MPa		SDOK 12 MPa		SDOK 18 MPa	
			I2	I5	I2	I5	I2	I5	I2	I5
1	2	22	0,19	0,29	0,34	0,50	0,28	0,45	0,23	0,41
2	3	52	0,75	1,05	1,20	1,67	1,04	1,55	0,93	1,47
3	4	71	1,25	1,69	1,95	2,65	1,69	2,46	1,54	2,34
4	5	71	1,23	1,66	1,93	2,61	1,67	2,42	1,51	2,31
5	6	74	1,33	1,78	2,06	2,79	1,78	2,58	1,62	2,46
6	7	73	1,29	1,73	2,01	2,72	1,74	2,52	1,58	2,40
7	8	72	1,27	1,71	1,98	2,68	1,71	2,49	1,56	2,37
8	9	72	1,26	1,70	1,97	2,67	1,70	2,47	1,55	2,36
9	10	74	1,33	1,78	2,06	2,79	1,78	2,58	1,62	2,47
10	11	70	1,21	1,63	1,89	2,56	1,63	2,38	1,48	2,26
11	12	70	1,21	1,63	1,89	2,56	1,64	2,38	1,48	2,27
12	13	81	1,52	2,02	2,35	3,15	2,02	2,91	1,85	2,78
13	14	72	1,27	1,71	1,98	2,69	1,72	2,49	1,56	2,37
14	15	62	0,99	1,35	1,56	2,14	1,35	1,98	1,22	1,88
15	16	74	1,31	1,76	2,04	2,76	1,77	2,56	1,61	2,44
16	17	60	0,94	1,29	1,49	2,05	1,30	1,91	1,17	1,81
17	18	66	1,11	1,50	1,74	2,37	1,51	2,20	1,36	2,09
18	19	63	1,01	1,38	1,60	2,19	1,39	2,03	1,25	1,93
19	20	78	1,45	1,93	2,24	3,01	1,93	2,79	1,76	2,66
20	21	77	1,40	1,87	2,17	2,93	1,87	2,71	1,71	2,59
21	22	74	1,33	1,78	2,07	2,80	1,79	2,59	1,63	2,47
22	23	69	1,18	1,60	1,85	2,52	1,61	2,34	1,46	2,23
23	24	79	1,47	1,95	2,27	3,05	1,96	2,82	1,79	2,70
24	25	77	1,40	1,87	2,18	2,93	1,88	2,72	1,71	2,59
25	26	73	1,30	1,74	2,02	2,73	1,75	2,53	1,59	2,41
26	27	69	1,18	1,60	1,85	2,52	1,60	2,34	1,45	2,22
27	28	69	1,19	1,61	1,87	2,54	1,62	2,35	1,47	2,24
28	29	74	1,34	1,79	2,08	2,80	1,79	2,60	1,63	2,48
29	30	74	1,33	1,78	2,07	2,80	1,79	2,59	1,63	2,47
30	31	74	1,31	1,76	2,04	2,76	1,76	2,56	1,61	2,44
31	32	83	1,60	2,12	2,47	3,31	2,12	3,05	1,94	2,92
32	33	100	2,16	2,80	3,28	4,32	2,79	3,96	2,56	3,79
33	34	72	1,26	1,70	1,97	2,66	1,70	2,47	1,55	2,35
34	35	60	0,94	1,30	1,50	2,05	1,30	1,91	1,17	1,81
35	36	73	1,28	1,72	2,00	2,70	1,73	2,51	1,57	2,39
36	37	81	1,54	2,04	2,37	3,18	2,04	2,94	1,86	2,81
37	38	81	1,57	2,01	2,36	3,17	2,03	2,93	1,86	2,80
38	39	68	1,17	1,59	1,84	2,50	1,59	2,32	1,45	2,21
39	40	75	1,35	1,81	2,10	2,83	1,81	2,62	1,65	2,50
40	41	76	1,37	1,83	2,12	2,87	1,83	2,65	1,67	2,53
41	42	81	1,53	2,03	2,36	3,16	2,03	2,92	1,85	2,79
42	43	75	1,36	1,82	2,11	2,85	1,83	2,64	1,66	2,52
43	44	75	1,35	1,80	2,09	2,83	1,81	2,62	1,65	2,50
44	45	73	1,30	1,74	2,02	2,73	1,74	2,53	1,59	2,41
45	46	75	1,36	1,82	2,12	2,86	1,83	2,64	1,66	2,52
46	47	71	1,24	1,67	1,93	2,62	1,67	2,43	1,52	2,31
47	48	79	1,46	1,94	2,26	3,03	1,95	2,81	1,78	2,68
48	49	70	1,21	1,63	1,89	2,56	1,63	2,37	1,48	2,26
49	50	82	1,57	2,07	2,41	3,24	2,08	2,99	1,90	2,86
50	51	89	1,77	2,32	2,71	3,60	2,32	3,32	2,13	3,18
51	52	75	1,35	1,81	2,09	2,83	1,81	2,62	1,65	2,50
52	53	77	1,42	1,89	2,20	2,96	1,90	2,74	1,73	2,61
53	54	78	1,43	1,90	2,21	2,98	1,91	2,76	1,74	2,63

54	55	75	1,35	1,81	2,10	2,83	1,81	2,62	1,65	2,50
55	56	68	1,16	1,57	1,81	2,47	1,57	2,29	1,42	2,18
56	57	70	1,21	1,63	1,89	2,57	1,64	2,38	1,49	2,27
57	58	81	1,53	2,03	2,36	3,16	2,03	2,92	1,86	2,79
58	59	85	1,64	2,16	2,52	3,36	2,16	3,11	1,98	2,97
59	60	84	1,61	2,13	2,48	3,32	2,13	3,06	1,95	2,93
60	61	83	1,60	2,11	2,46	3,29	2,12	3,04	1,93	2,91
61	62	85	1,65	2,18	2,54	3,39	2,18	3,13	1,99	2,99
62	63	31	0,34	0,50	0,57	0,82	0,48	0,75	0,41	0,70
63	64	30	0,32	0,48	0,54	0,78	0,46	0,72	0,39	0,66
64	65	70	1,20	1,62	1,88	2,55	1,63	2,37	1,48	2,25
65	66	67	1,12	1,52	1,76	2,39	1,52	2,22	1,38	2,11
66	67	66	1,09	1,48	1,72	2,34	1,49	2,17	1,35	2,07
67	68	52	0,76	1,06	1,23	1,70	1,06	1,58	0,95	1,49
68	69	91	1,85	2,42	2,83	3,75	2,42	3,46	2,22	3,31
69	70	86	1,67	2,20	2,57	3,43	2,20	3,16	2,02	3,02
70	71	66	1,11	1,50	1,74	2,37	1,51	2,20	1,37	2,10
71	72	61	0,97	1,33	1,53	2,10	1,33	1,95	1,20	1,85
72	73	87	1,71	2,25	2,62	3,50	2,25	3,23	2,06	3,09
73	74	86	1,70	2,24	2,61	3,49	2,24	3,22	2,05	3,08
74	75	86	1,70	2,24	2,61	3,48	2,24	3,21	2,05	3,07
75	76	87	1,72	2,26	2,63	3,52	2,26	3,24	2,07	3,10
76	77	77	1,42	1,89	2,20	2,96	1,90	2,74	1,73	2,61
77	78	87	1,71	2,25	2,63	3,51	2,26	3,23	2,07	3,09
78	79	65	1,08	1,47	1,70	2,32	1,48	2,16	1,34	2,05
79	80	64	1,06	1,44	1,66	2,27	1,44	2,11	1,30	2,01
80	81	70	1,23	1,65	1,91	2,60	1,66	2,41	1,50	2,29
81	82	82	1,56	2,07	2,40	3,22	2,07	2,98	1,89	2,85
82	83	80	1,50	1,99	2,32	3,11	2,00	2,88	1,82	2,75
83	84	73	1,28	1,72	2,00	2,71	1,73	2,51	1,57	2,39
84	85	75	1,36	1,81	2,11	2,84	1,82	2,63	1,66	2,51
85	86	74	1,35	1,81	2,10	2,83	1,81	2,62	1,65	2,50
86	87	92	1,89	2,47	2,88	3,83	2,46	3,52	2,26	3,37
87	88	65	1,08	1,47	1,70	2,32	1,47	2,15	1,33	2,05
88	89	61	0,97	1,32	1,53	2,10	1,33	1,95	1,20	1,85
89	90	72	1,26	1,69	1,96	2,66	1,70	2,46	1,54	2,35
90	91	83	1,58	2,10	2,44	3,27	2,10	3,02	1,92	2,88
124	125	62	0,99	1,35	1,56	2,14	1,35	1,98	1,22	1,88
125	126	77	1,41	1,88	2,19	2,95	1,89	2,73	1,72	2,60
126	127	66	1,10	1,50	1,73	2,36	1,50	2,19	1,36	2,09
127	128	66	1,10	1,50	1,73	2,36	1,50	2,19	1,36	2,08
128	129	96	2,00	2,60	3,04	4,03	2,60	3,70	2,38	3,54
129	130	84	1,61	2,13	2,48	3,32	2,13	3,07	1,95	2,93
130	131	76	1,39	1,85	2,15	2,90	1,86	2,69	1,69	2,56
137	138	72	1,26	1,70	1,97	2,67	1,70	2,47	1,55	2,35
138	139	78	1,44	1,92	2,23	3,00	1,92	2,78	1,75	2,65
139	140	65	1,07	1,46	1,69	2,31	1,46	2,14	1,32	2,04
143	144	73	1,31	1,75	2,03	2,75	1,76	2,55	1,60	2,43
144	145	77	1,40	1,87	2,17	2,93	1,88	2,71	1,71	2,59
145	146	77	1,42	1,89	2,20	2,96	1,90	2,74	1,73	2,62
146	147	78	1,45	1,93	2,24	3,02	1,93	2,79	1,76	2,66
147	148	74	1,33	1,79	2,07	2,80	1,79	2,59	1,63	2,47
148	149	84	1,63	2,15	2,51	3,35	2,16	3,10	1,97	2,96

Tabulka B.10: Vliv délky rozpětí a námrazové oblasti na tahy lan/kabelu

Pole mezi PB		Délka rozpětí (m)	Tahy vodičů (kN)							
			AlFe 30 MPa		SDOK 6 MPa		SDOK 12 MPa		SDOK 18 MPa	
			I2	I5	I2	I5	I2	I5	I2	I5
1	2	22	5,79	8,71	2,77	4,83	3,39	5,34	4,14	5,90
2	3	52	8,25	13,74	4,38	8,08	5,06	8,70	5,67	9,21
3	4	71	9,47	16,34	5,18	9,77	5,99	10,54	6,59	11,06
4	5	71	9,41	16,23	5,15	9,70	5,95	10,46	6,55	10,98
5	6	74	9,60	16,64	5,27	9,97	6,10	10,76	6,70	11,29
6	7	73	9,53	16,49	5,23	9,87	6,04	10,65	6,64	11,17
7	8	72	9,50	16,41	5,20	9,82	6,01	10,59	6,61	11,11
8	9	72	9,49	16,39	5,19	9,81	6,01	10,58	6,61	11,10
9	10	74	9,62	16,67	5,28	9,99	6,11	10,79	6,71	11,31
10	11	70	9,38	16,15	5,12	9,65	5,92	10,41	6,52	10,93
11	12	70	9,38	16,16	5,12	9,65	5,92	10,41	6,52	10,93
12	13	81	9,96	17,42	5,51	10,49	6,39	11,35	7,00	11,88
13	14	72	9,51	16,43	5,21	9,83	6,02	10,61	6,62	11,13
14	15	62	8,88	15,08	4,80	8,95	5,53	9,64	6,13	10,15
15	16	74	9,58	16,58	5,25	9,93	6,08	10,72	6,68	11,24
16	17	60	8,77	14,84	4,72	8,79	5,44	9,47	6,05	9,98
17	18	66	9,16	15,67	4,98	9,34	5,74	10,06	6,34	10,57
18	19	63	8,95	15,22	4,84	9,04	5,58	9,74	6,18	10,25
19	20	78	9,83	17,14	5,42	10,31	6,29	11,14	6,89	11,67
20	21	77	9,75	16,96	5,37	10,19	6,22	11,00	6,82	11,53
21	22	74	9,62	16,68	5,28	10,00	6,11	10,79	6,72	11,32
22	23	69	9,32	16,02	5,08	9,56	5,87	10,31	6,47	10,83
23	24	79	9,86	17,20	5,44	10,34	6,31	11,18	6,91	11,71
24	25	77	9,75	16,97	5,37	10,19	6,22	11,01	6,83	11,54
25	26	73	9,55	16,53	5,24	9,90	6,06	10,68	6,66	11,20
26	27	69	9,32	16,01	5,08	9,56	5,87	10,31	6,47	10,83
27	28	69	9,33	16,05	5,09	9,58	5,88	10,33	6,48	10,85
28	29	74	9,62	16,67	5,28	10,00	6,11	10,79	6,71	11,32
29	30	74	9,62	16,67	5,28	10,00	6,11	10,79	6,71	11,31
30	31	74	9,58	16,60	5,26	9,95	6,08	10,74	6,69	11,26
31	32	83	10,09	17,72	5,60	10,69	6,50	11,57	7,11	12,11
32	33	100	10,85	19,47	6,11	11,86	7,18	12,94	7,82	13,51
33	34	72	9,48	16,37	5,19	9,80	6,00	10,57	6,60	11,09
34	35	60	8,78	14,87	4,73	8,81	5,45	9,48	6,06	10,00
35	36	73	9,53	16,47	5,22	9,86	6,04	10,64	6,64	11,16
36	37	81	9,98	17,48	5,52	10,53	6,41	11,39	7,02	11,92
37	38	81	10,08	17,51	5,51	10,50	6,40	11,36	7,01	11,90
38	39	68	9,28	15,94	5,06	9,51	5,84	10,25	6,44	10,77
39	40	75	9,65	16,74	5,30	10,04	6,14	10,84	6,74	11,37
40	41	76	9,69	16,83	5,33	10,10	6,17	10,90	6,77	11,43
41	42	81	9,96	17,44	5,51	10,50	6,40	11,36	7,00	11,89
42	43	75	9,68	16,80	5,32	10,08	6,16	10,88	6,76	11,41
43	44	75	9,65	16,74	5,30	10,04	6,14	10,84	6,74	11,37
44	45	73	9,55	16,53	5,24	9,90	6,06	10,68	6,66	11,21
45	46	75	9,68	16,81	5,32	10,08	6,16	10,89	6,76	11,42
46	47	71	9,44	16,28	5,16	9,74	5,97	10,51	6,57	11,02
47	48	79	9,85	17,19	5,44	10,34	6,30	11,17	6,91	11,70
48	49	70	9,37	16,14	5,12	9,64	5,91	10,40	6,51	10,92
49	50	82	10,03	17,59	5,56	10,60	6,45	11,47	7,06	12,01
50	51	89	10,34	18,28	5,76	11,06	6,72	12,00	7,33	12,55
51	52	75	9,65	16,75	5,31	10,05	6,14	10,85	6,74	11,37
52	53	77	9,76	16,98	5,37	10,20	6,23	11,02	6,83	11,55
53	54	78	9,80	17,07	5,40	10,26	6,26	11,09	6,86	11,61

54	55	75	9,65	16,75	5,31	10,05	6,14	10,85	6,74	11,37
55	56	68	9,27	15,91	5,05	9,50	5,83	10,24	6,43	10,75
56	57	70	9,38	16,16	5,13	9,66	5,92	10,41	6,52	10,93
57	58	81	9,97	17,45	5,51	10,51	6,40	11,37	7,01	11,90
58	59	85	10,14	17,84	5,63	10,77	6,55	11,66	7,16	12,20
59	60	84	10,10	17,75	5,60	10,71	6,52	11,60	7,13	12,13
60	61	83	10,08	17,69	5,59	10,67	6,49	11,55	7,10	12,09
61	62	85	10,15	17,86	5,64	10,78	6,56	11,68	7,17	12,22
62	63	31	6,66	10,48	3,34	5,97	3,95	6,49	4,63	7,02
63	64	30	6,55	10,26	3,27	5,83	3,88	6,35	4,56	6,89
64	65	70	9,36	16,11	5,11	9,63	5,90	10,38	6,50	10,90
65	66	67	9,19	15,73	5,00	9,38	5,77	10,11	6,37	10,62
66	67	66	9,13	15,62	4,96	9,30	5,72	10,02	6,32	10,54
67	68	52	8,28	13,82	4,41	8,13	5,08	8,75	5,69	9,26
68	69	91	10,45	18,55	5,84	11,24	6,82	12,21	7,44	12,76
69	70	86	10,19	17,94	5,66	10,83	6,59	11,74	7,20	12,28
70	71	66	9,16	15,68	4,98	9,34	5,75	10,06	6,35	10,58
71	72	61	8,83	14,97	4,76	8,88	5,49	9,56	6,09	10,07
72	73	87	10,24	18,06	5,70	10,92	6,63	11,83	7,25	12,38
73	74	86	10,21	17,99	5,68	10,87	6,61	11,78	7,22	12,32
74	75	86	10,21	18,00	5,68	10,87	6,61	11,78	7,22	12,32
75	76	87	10,25	18,09	5,71	10,94	6,65	11,86	7,26	12,40
76	77	77	9,78	17,02	5,39	10,22	6,24	11,05	6,84	11,57
77	78	87	10,26	18,10	5,71	10,94	6,65	11,86	7,26	12,40
78	79	65	9,10	15,55	4,94	9,26	5,70	9,97	6,30	10,49
79	80	64	9,05	15,43	4,90	9,18	5,66	9,89	6,26	10,40
80	81	70	9,40	16,19	5,14	9,68	5,93	10,44	6,53	10,96
81	82	82	10,00	17,51	5,53	10,55	6,43	11,42	7,03	11,95
82	83	80	9,90	17,31	5,47	10,41	6,35	11,26	6,95	11,79
83	84	73	9,52	16,45	5,21	9,85	6,03	10,63	6,63	11,15
84	85	75	9,66	16,77	5,31	10,06	6,15	10,86	6,75	11,39
85	86	74	9,61	16,65	5,27	9,98	6,10	10,77	6,70	11,30
86	87	92	10,48	18,62	5,86	11,29	6,85	12,26	7,47	12,81
87	88	65	9,10	15,54	4,94	9,25	5,70	9,97	6,30	10,48
88	89	61	8,83	14,97	4,76	8,88	5,49	9,56	6,09	10,07
89	90	72	9,48	16,37	5,19	9,79	6,00	10,57	6,60	11,09
90	91	83	10,06	17,65	5,57	10,64	6,48	11,52	7,09	12,06
124	125	62	8,88	15,08	4,80	8,95	5,53	9,64	6,13	10,15
125	126	77	9,77	17,00	5,38	10,21	6,23	11,03	6,84	11,56
126	127	66	9,16	15,67	4,98	9,34	5,74	10,06	6,34	10,57
127	128	66	9,16	15,67	4,98	9,33	5,74	10,06	6,34	10,57
128	129	96	10,65	19,01	5,97	11,55	7,00	12,57	7,63	13,13
129	130	84	10,10	17,75	5,61	10,71	6,52	11,60	7,13	12,14
130	131	76	9,69	16,83	5,33	10,10	6,17	10,90	6,77	11,43
137	138	72	9,48	16,38	5,19	9,80	6,00	10,57	6,60	11,09
138	139	78	9,82	17,11	5,41	10,29	6,28	11,12	6,88	11,65
139	140	65	9,09	15,52	4,93	9,24	5,69	9,95	6,29	10,46
143	144	73	9,56	16,55	5,25	9,92	6,07	10,70	6,67	11,22
144	145	77	9,75	16,96	5,37	10,18	6,22	11,00	6,82	11,53
145	146	77	9,77	17,02	5,39	10,22	6,24	11,05	6,84	11,57
146	147	78	9,82	17,13	5,42	10,29	6,28	11,13	6,88	11,65
147	148	74	9,60	16,63	5,27	9,97	6,10	10,76	6,70	11,29
148	149	84	10,11	17,77	5,61	10,71	6,52	11,60	7,13	12,14

C ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY

Následující soubory se nachází na přiloženém CD:

C1_puvodni_bez_SDOK.pdf

C2_6MPa_neopt_-5+N.pdf

C3_6MPa_opt_+60.pdf

C4_6MPa_opt_-5+N.pdf

C5_6MPa_4V_+60.pdf

C6_6MPa_4V_-5+N.pdf

C7_12MPa_neopt_-5+N.pdf

C8_12MPa_opt_+60.pdf

C9_12MPa_opt_-5+N.pdf

C10_12MPa_4V_+60.pdf

C11_12MPa_4V_-5+N.pdf

C12_18MPa_neopt_-5+N.pdf

C13_18MPa_opt_+60.pdf

C14_18MPa_opt_-5+N.pdf

C15_18MPa_4V_+60.pdf

C16_18MPa_4V_-5+N.pdf

C17_srovnani_SDOK.pdf

C18_trasa_vedeni.pdf