

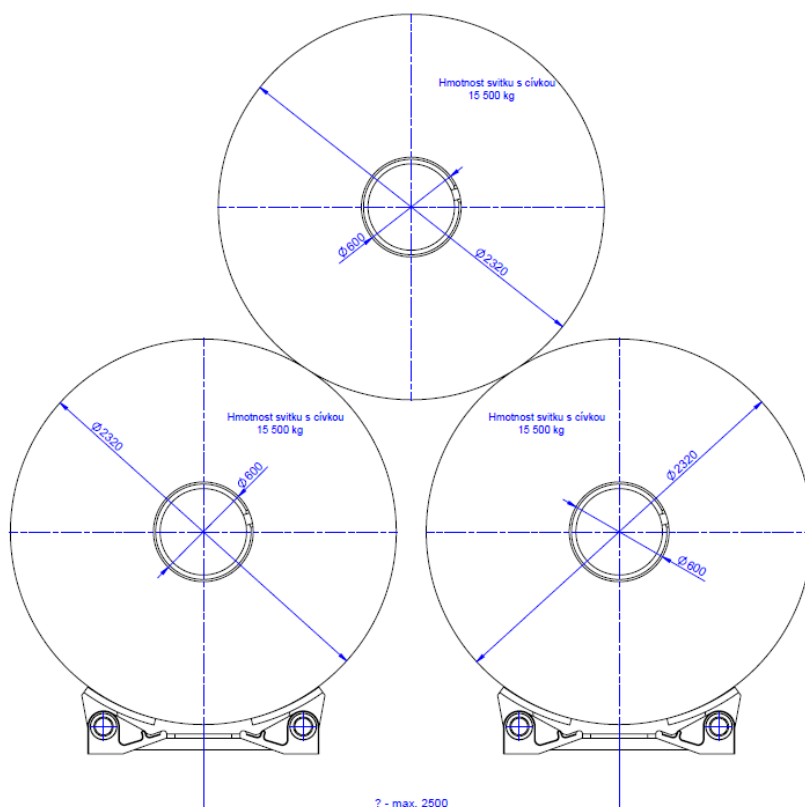
ISO 9001:2015

NOVING OK s.r.o.
Úlehlova 108/1
700 30 Ostrava - Hrabůvka
tel.: +420 / 595 782 427
e-mail: noving@noving.cz
<http://www.noving.cz>



AL INVEST Břidličná, a.s. PODLOŽKA POD SVITKY

STATICKÝ VÝPOČET OCELOVÉ KONSTRUKCE NÁHRADNÍ DOKUMENTACE



Vypracoval:

Dr. Ing. Tomáš Novotný

V Ostravě 23.6.2025
Revize A 31.7.2025

Archivní číslo: 250915

Zakázka č. 915/NOV/25

Obsah

| | |
|--|---|
| <i>Specifikace projektu</i> | 2 |
| <i>Změny v revizi A</i> | 2 |
| <i>Použité normy a podklady</i> | 3 |
| <i>Normy</i> | 3 |
| <i>Ostatní podklady</i> | 3 |
| <i>Popis konstrukce</i> | 3 |
| <i>Statický výpočet</i> | 4 |
| <i>Dílčí součinitele spolehlivosti</i> | 4 |
| <i>Zatížení konstrukce</i> | 5 |
| <i>Výpočet vnitřních sil a posouzení prvků na únosnost</i> | 5 |
| <i>Alternativní uspořádání svitků</i> | 6 |
| <i>Závěr</i> | 7 |
| <i>Příloha 1 — Návrh čepového přípoje</i> | |

Specifikace projektu

Předmětem statického posouzení je podložka pro svitky používaná v AL INVEST Břidličná.

Zpracováno pro objednatele: AL INVEST Břidličná, a.s
Bruntálská 167
793 51 Břidličná
IČO: 273 76 184

Projekční organizace: NOVING OK s.r.o., IČO: 286 52 941
Úlehlova 108/1, 700 30 Ostrava–Hrabůvka
Tel: +420 595 782 427
E-mail: noving@noving.cz
Web: www.noving.cz

Změny v revizi A

Nově je doplněna kapitola „Alternativní uspořádání svitků“ a je upraven závěr s ohledem na tuto kapitolu.

Použité normy a podklady

Normy

- | | |
|----------------------|--|
| 1. ČSN EN 1990 | – Zásady navrhování konstrukcí |
| 2. ČSN EN 1991-1-1 | – Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení |
| 3. ČSN EN 1991-1-3 | – Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem |
| 4. ČSN EN 1991-1-4 | – Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem |
| 5. ČSN EN 1993-1-1 | – Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1.1: Obecná pravidla pro pozemní stavby |
| 6. ČSN EN 1993-1-9 | – Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava |
| 7. ČSN EN 1993-3-1 | – Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny – Stožáry |
| 8. ČSN EN 1993-3-2 | – Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-2: Stožáry a komíny – Komíny |
| 9. ČSN EN 1090-1+A1 | – Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců |
| 10. ČSN EN 1090-2+A1 | – Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce |
| 11. ČSN 73 0035 | – Zatížení stavebních konstrukcí, zrušeno |
| 12. ČSN 73 2604 | – Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb |

Včetně změn a oprav do 5/2025

Ostatní podklady

1. Výkres 03316 - Podložka pod svitky.pdf
2. Výkres 03316_1 - Podložka pod svitky.pdf
3. Výkres 03317 - Rám podložky.pdf
4. Výkres 03318 - Segment.pdf
5. Výkres 03319 - Čep.pdf
6. Konzultace se zadavatelem

Popis konstrukce

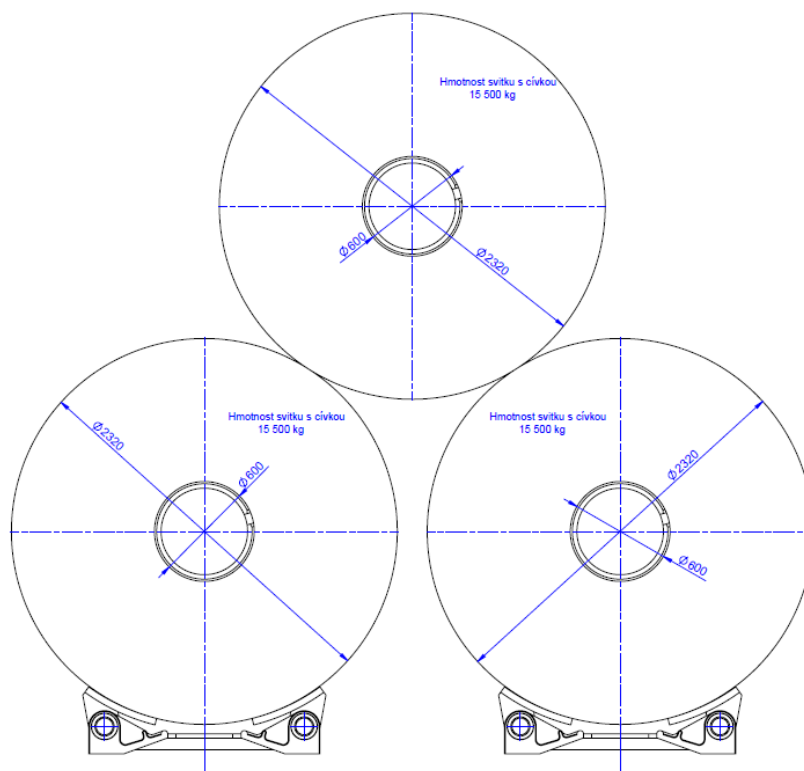
Podložka pro svitky se používá pro podložení jednoho svitku, alternativně se dvojice podložek použije pro „stoh“ či „pyramidu“ ze tří svitků, viz též obrázek 1. Druhý z výše uvedených případů je staticky méně příznivý a proto je zde posuzován.

Svitek je válcový, má vnější průměr 2 320 mm a hmotnost jednoho svitku nepřekročí 15 500 kg včetně cívky či jiných příslušenství. Jedna podložka sestává z rámu o rozměrech 1 390 x 1 470 mm o hmotnosti 937 kg, dvojice segmentů, každý z nich o hmotnosti 364 kg, je připojena k rámu pomocí dvojice čepů průměru 100 mm, každý z nich má hmotnost 106 kg. Maximální vodorovná vzdálenost os dolních svitků nepřekročí 2 500 mm.

Tvar i rozměry konstrukce jsou nejlépe patrné z obrázku č. 1 poskytnutého zadavatelem a vloženého dále v této zprávě. Podrobnosti viz výkresová dokumentace v kapitole „Ostatní podklady“.

Materiál konstrukce – ocel S235 či lepší.

Konstrukce je určena pro stacionární použití bez výrazných vodorovných sil, nelze ji použít např. pro transport přípravku na korbě auta. Konstrukce je volně uložena (není kotvena) na ploše dostatečné únosnosti – podkladová plocha není předmětem stávajícího statického posudku. Minimální požadovaná bodová únosnost podkladové plochy je 260 kN.



Obrázek 1 – Celkové uspořádání dvou podložek a trojice svitků (zdroj: zadavatel)

Statický výpočet

Statický výpočet stanoví vnitřní síly pro posouzení únosnosti jednotlivých prvků ocelových konstrukcí, podpory jsou v místech uložení. Materiál – ocel S235. Spoje a uložení ocelové konstrukce jsou vymodelovány dle jejich předpokládané tuhosti.

Dílčí součinitele spolehlivosti

Součinitele zatížení jsou uvažovány dle ČSN EN1990:

- pro všechna stálá zatížení a vlastní tíhu $\gamma_G = 1,35$
- pro jednotlivá proměnná zatížení $\gamma_Q = 1,50$

Dílčí součinitele materiálu γ_M pro ocel jsou uvažovány podle ČSN EN 1993-1-1 článek 6.1(1)

Poznámka 2:

- únosnost průřezů kterékoliv třídy $\gamma_{M0} = 1,00$
- únosnost průřezů při posuzování stability prutů $\gamma_{M1} = 1,00$
- únosnost průřezů při porušení oslabeného průřezu v tahu $\gamma_{M2} = 1,25$

Dílčí součinitele spolehlivosti pro styčníky jsou uvažovány podle ČSN EN 1993-1-8 tabulka 2.1:

- únosnost šroubů, nýtů, čepů, svarů a plechu v otlacení $\gamma_{M2} = 1,25$

Kombinace zatížení jsou vytvořeny podle na základě rovnic v normě ČSN EN 1990 – rovnice 6.10a & 6.10b. Jednotlivé kombinace jsou generovány výpočetním programem.

Zatížení konstrukce

Tato zatížení zahrnují účinky vlastní tíhy konstrukce (zahrnuto do užitého zatížení) a užité zatížení. Zatížení klimatická nejsou uvažována, jelikož jsou v daném kontextu zanedbatelná. Zatížení jsou uvažována v kombinacích podle ČSN EN 1990.

Užitné zatížení jedné podložky sestává ze svislých sil:

- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| 1) horní svitek – svislá složka | $F_2 = F_1 / 2 = 155 \text{ kN} / 2$ | = 77,5 kN |
| 2) dolní svitek | $F_3 = F_1$ | = 155 kN |
| 3) hmotnost rámu | $F_4 =$ | = 9,37 kN |
| 4) hmotnost dvou segmentů | $F_5 = 3,64 \text{ kN} * 2$ | = 7,28 kN |
| 5) hmotnost dvou čepů | $F_6 = 1,06 \text{ kN} * 2$ | = 2,12 kN |
| 6) svislá složka celkem | $F_Z = F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$ | = 251,27 kN |

Svislá složka působí v ose svitku či podložky, síla F_2 je do tohoto bodu přenesena a tato síla jako jediná má také vodorovnou složku, kterou přeneseme do osy dolního svitku:

- 1) horní svitek – vodorovná složka $F_Y = F_2 \text{ tg } \alpha$ = 49,57 kN

Poznámka: přenos síly z horního do dolního svitku se děje po normále jejich kontaktu, kvůli pohybům při ukládání je zanedbáno tření mezi svitky, takže síla mezi nimi směřuje ve směru osa svitku (střed kružnice) – osa svitku (střed kružnice), proto je rozložena do dvou složek – svislé složky F_2 a vodorovné F_Y .

Zatížení je konzervativně uvažováno jako proměnné. Výpočtový součinitel je 1,50 podle ČSN EN 1990, aplikuje se konzervativně odděleně na vodorovnou a/nebo svislou složku zatížení.

Výpočet vnitřních sil a posouzení prvků na únosnost

Posouzení deformací není provedeno, v dané případě nemá smysl.

Nejprve jsou spočítány reakce, protože konstrukce je volně položena na zemi bez ukotvení, tj. Je zapotřebí ověřit její stabilitu, zda nedojde k jejímu převrácení – k nadzvedávání podpor.

Reakce jsou spočítány s momentové rovnice rovnováhy k více zatížené podpoře:

$$\begin{aligned} R_2 \cdot 2y - F_Z y + F_Y z &= 0 \\ R_2 &= F_Z / 2 - F_Y z / (2y) \end{aligned}$$

Druhá reakce je potom z rovnice rovnováhy ve svislém směru:

$$\begin{aligned} R_1 + R_2 &= F_Z \\ R_1 &= F_Z / 2 + F_Y z / (2y) \end{aligned}$$

Hodnota y je polovinou šířky rámu, tj. $y = 1\,390 \text{ mm} / 2 = 695 \text{ mm}$. Hodnota z je výška osy válce nad zemí, tj. $z = 1\,325 \text{ mm}$.

Hodnoty reakcí pro různé kombinace vodorovné a svislé složky zatížení:

Geometrie

| | |
|---------------------------------|---------|
| Průměr svitku D = | 2320 mm |
| Rozteč os svitků B = | 2500 mm |
| Šířka rámu = | 1390 mm |
| Vzdálenost podpory od osy y = | 695 mm |
| Výška osy svitku nad zemí z = | 1325 mm |
| Tangenta úhlu mezi osy svitků = | 0,640 |
| Poměr z / y = | 1,906 |

Síly

| | | |
|-----------------------------------|-----------|---------------------|
| Součinitel bezpečnosti gamma = | 1,50 | |
| Horní svitek – svislá složka F2 = | 77,50 kN | |
| Svislá síla min. Fz = | 251,27 kN | max. Fz = 376,91 kN |
| Vodorovná síla min. Fy = | 49,57 kN | max. Fy = 74,35 kN |

Minimální nutný koeficient tření: 0,30 Fy(max) / Fz(min)

Reakce

| | | |
|-----------------------------|------------------|-----------|
| pro Fz,min a Fy,min | 78,39 kN | 172,88 kN |
| pro Fz,min a Fy,max | 54,76 kN | 196,51 kN |
| pro Fz,max a Fy,min | 141,20 kN | 235,70 kN |
| pro Fz,max a Fy,max | 117,58 kN | 259,33 kN |
| minimální reakce R = | 54,76 kN | |
| maximální reakce R = | 259,33 kN | |

Reakce nepřekročí 260 kN, což je hodnota, kterou musí přenést základová půda, která není předmětem stávajícího posudku. Minimální hodnota reakce je kladná, nedojde k nadzvednutí či převrácení rámu.

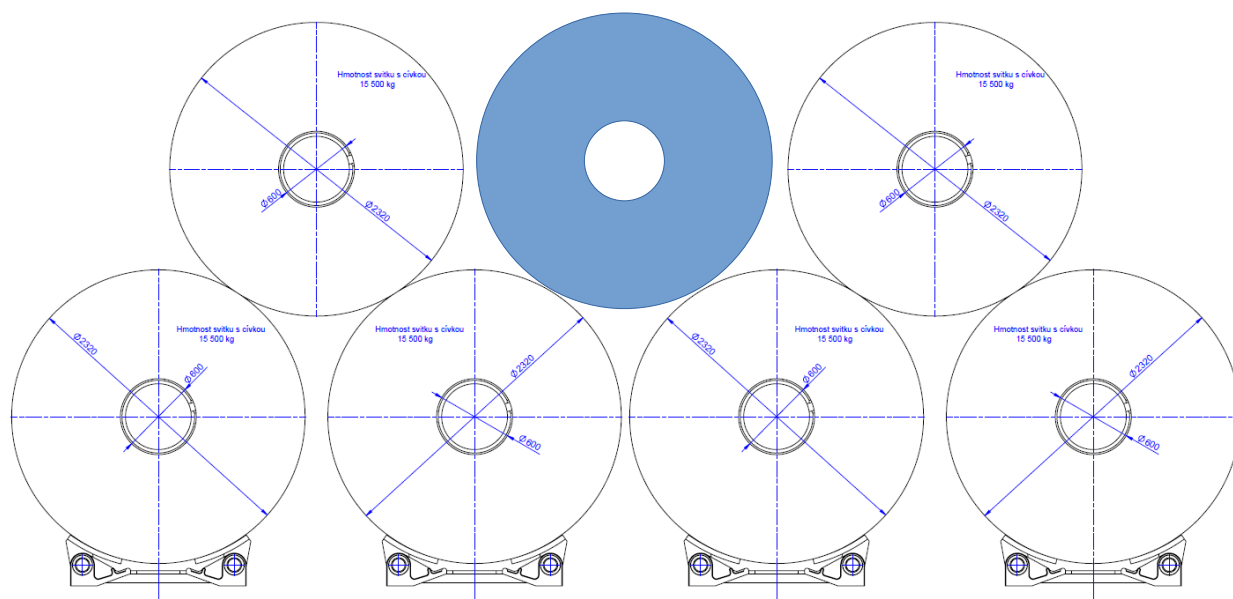
Jelikož konstrukce není ukotvena, jsou vodorovné složky sil přenášeny pouze třením. Konstrukce musí být uložena na vodorovné, suché, drsné a dostatečně únosné podlaze, běžně se předpokládá ukládání na betonovou podlahu. Součinitele tření se v různých zdrojích významně liší, viz např. Wikipedie (<https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99en%C3%AD>) a web Techmania Science Center (<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/sila/odporove-sily/smykove-treni>) ale lze předpokládat, že klidové tření ocel – suchý beton bude vyšší než požadovaných 0,3.

Pozor, pokud by podlaha byla mokrá nebo znečištěna od oleje, tření velmi výrazně klesá a hrozí uklouznutí rámu a zřícení celé „pyramidy“ z trojice svitků!

Jednotlivé prvky rámu vč. svarů vyhoví, čepy jsou posouzeny zvlášť v příloze 1.

Alternativní uspořádání svitků

Alternativní uspořádání svitků je schematicky zobrazeno na obrázku 2, jedná se o dvě řady svitků nad sebou o libovolné délce, tj. řadu „pyramid“ z obrázku 1, mezi které jsou doplněny chybějící svitky horní řady (modrý prstenec na obrázku 2).



Obrázek 2 – Celkové uspořádání řady svitků (zdroj: zadavatel)

Krajní podložky pod svitky jsou zatíženy identickým způsobem, posouzeným v předchozím textu, tj. staticky vyhoví za stejných podmínek.

Je však nutno posoudit i středové podložky, které mají vyšší svislé zatížení, ale na druhou stranu u nich absentuje vodorovná složka síly. Svislé zatížení jedné středové podložky je převzato z předchozího textu, kapitola „Zatížení konstrukce“: bod 6) svislá složka 251,27 kN + polovina doplněného (na obr. 2 modrého) svitku $155 \text{ kN} / 2 = 77,5 \text{ kN}$, tj. celkem 328,77 kN.

Vodorovná složka síly je nulová, zatížení je symetrické, tj. reakce z obou stran podložky jsou stejné: $R_1 = R_2 = \gamma_Q \cdot 328,77 \text{ kN} / 2 = 246,5775 \text{ kN}$. Jelikož je tato hodnota nižší než maximální reakce z předchozí kapitoly, i středové podložky vyhoví při libovolné délce řady.

Závěr

Konstrukce vyhoví na zadaná zatížení – podložky pod svitky lze používat k nesení jednoho svitku, trojice svitků dle obrázku 1 této zprávy, nebo řady svitků libovolné délky dle obrázku 2 této zprávy.

Krajní podložky pod svitky vyhoví na zatížení 250 kN, nosnost konstrukce je 250 kN.

Středové podložky pod svitky vyhoví na zatížení 330 kN, nosnost konstrukce je 330 kN.

Podlaha musí být rovná, suchá a musí unést alespoň 260 kN bodově.

Příloha 1: Návrh čepového přípoje podle ČSN EN 1993-1-8, 3.13

Reakce do jedné strany podložky 260 kN vč. součinitelů bezpečnosti.
Ve skutečnosti lze čep rozdělit na 4 virtuální dvoustřížné čepy.

Síly a součinitele:

| | | |
|--------------------------------|------|----------------------------------|
| Návrhová síla F_{ED} | 260 | kN |
| Návrhová síla MSP $F_{ED,SER}$ | 260 | kN |
| Součinitel γ_{M0} | 1,00 | Dle ČSN EN 1993-1-1 hodnota 1,00 |
| Součinitel γ_{M2} | 1,25 | Dle ČSN EN 1993-1-8 hodnota 1,25 |
| Součinitel $\gamma_{M6,SER}$ | 1,00 | Dle ČSN EN 1993-1-8 hodnota 1,00 |

Čep:

| | | | |
|-----------------------|-----|------------------------|--------------------------|
| Mez kluzu f_{yp} | 235 | MPa | či lepší |
| Mez pevnosti f_{up} | 360 | MPa | či lepší |
| Průměr čepu d | 100 | mm, plocha průřezu A | 7853,98 mm ² |
| Průměr otvoru d_0 | 101 | mm, modul čepu W | 98174,77 mm ³ |

Desky:

| | | |
|-------------------------------|-----------|-----|
| Mez kluzu f_y | 235 | MPa |
| Mez pevnosti f_u | 360 | MPa |
| Modul pružnosti E | 2,10E+005 | MPa |
| Tloušťka vnitřní desky b | 150 | mm |
| Tloušťka vnějších desek a | 85 | mm |
| Mezera c | 2 | mm |
| Vzdálenosti otvoru od okraje: | | |
| Ve směru síly aa | 80 | mm |
| Kolmo ke směru síly cc | 45 | mm |

Posudky:

Čep je dvoustřížný.

| | | | | |
|--------------------------|-----|---------------------------|-------|-----|
| Tloušťka tenčí části t | 150 | mm. Ohybový mom. M_{ED} | 10,66 | kNm |
|--------------------------|-----|---------------------------|-------|-----|

| | | | | | |
|--------------------------|---------|-----|---------|------|--------|
| Střih čepu $F_{v,Rd}$ | 2714,34 | kN | využití | 0,10 | Vyhoví |
| Otlačení $F_{b,Rd}$ | 5287,50 | kN | využití | 0,05 | Vyhoví |
| Otlačení výměnného čepu: | 2115,00 | kN | využití | 0,12 | Vyhoví |
| Ohyb M_{rd} | 34,61 | kNm | využití | 0,31 | Vyhoví |
| Ohyb výměnného čepu: | 18,46 | kNm | využití | 0,58 | Vyhoví |
| Kombinace ohyb + smyk | 0,10 | | využití | 0,10 | Vyhoví |

| | | | | | |
|-----------------------|-------|----|-----------|----|--------|
| Minimální vzdál. aa | 71,02 | mm | $\leq aa$ | 80 | Vyhoví |
| Minimální vzdál. cc | 37,35 | mm | $\leq cc$ | 45 | Vyhoví |

Výsledný posudek čepu: **0,58** **Vyhoví**

Posudek otlačení dle ČSN 27 7008 Navrhování OK rypadel, nakladačů a zakladačů

| | | |
|------------------------|-------|--------|
| Limit $f_{h,Rd}$ | 587,5 | MPa |
| Napětí $\sigma_{h,Ed}$ | 112,8 | MPa |
| využití | 0,19 | Vyhoví |