

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Návrh víceúčelové zemědělské haly

Diplomová práce

Autor: Bc. Ondřej Dvořák
Vedoucí práce: Ing. Kamil Trgala, PhD.

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Dvořák

Dřevařské inženýrství

Název práce

Návrh víceúčelové zemědělské haly.

Název anglicky

Design of the multipurpose farm building

Cíle práce

1. Zpracování teoretického rozboru víceúčelové zemědělské haly a rozbor konstrukčního systému.
2. Návrh dispozičního řešení
3. Zpracování výkresové dokumentace, statického posouzení a tepelné prostupnosti.

Metodika

1. Vypracování konstrukčního řešení víceúčelové zemědělské haly.
2. Statické posouzení zpracovaného řešení.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran + přílohy

Klíčová slova

víceúčelová zemědělská hala, dřevěné konstrukce, lepené dřevo, vazník, izolace

Doporučené zdroje informací

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STAVEBNÍ FAKULTA, – KUKLÍK, P. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03310-4.

ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2007, 114 s.

KOŽELOUH, B. – KOLB, J. *Dřevostavby : systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.

REINPRECHT, L. *Ochrana dřeva*. Zvolen: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6

ŠEFCŮ, O. – ŠTUMPA, B. *100 osvědčených stavebních detailů : tradice z pohledu dneška*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3114-8.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Elektronicky schváleno dne 27. 6. 2017

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 07. 04. 2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh víceúčelové zemědělské haly vypracoval samostatně pod vedením Ing. Kamila Trgaly, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Růžené dne 11. 4. 2018

Poděkování

Zde bych rád poděkoval Ing. Kamilovi Trgalovi, PhD. za jeho odborné vedení, cenné rady a čas společně strávený při konzultaci diplomové práce.

Abstrakt

Diplomová práce se skládá ze dvou hlavních částí, a to teoretické a praktické. Teoretická část je zaměřena na problematiku týkající se dřeva, staveb na bázi dřeva a požadavků, které jsou na ně kladeny. Hlavní náplní praktické části je návrh haly, která je tvořena ze dvou částí, a to skladové a chovné. V objektu, který slouží pro chov je střešní konstrukce řešena příhradovými vazníky, které byly navrženy a posouzeny v programu TRUSS4. Střešní konstrukce skladové části je řešena pomocí nosníků z lepeného lamelového dřeva, která byla ověřena v programu DLUBAL.

Klíčová slova: víceúčelová zemědělská hala, dřevěné konstrukce, lepené dřevo, vazník, izolace

Abstrakt

The diploma thesis consists of two main parts, both theoretical and practical. The theoretical part focuses on wood, wood-based construction and requirements. The main part of the practical part is the design of the shed, which consists of two parts, warehouse and breeding. In the building used for breeding the roof structure is designed by truss trusses, which were designed and evaluated in the TRUSS4 program. The roof structure of the storage part is solved using glued laminated beams, which has been verified in the DLUBAL program.

Keywords: multipurpose farm hall, wooden constructions, glued wood, truss, insulation

Obsah:

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM ROVNIC	11
SEZNAM TABULEK.....	11
1. ÚVOD.....	12
2. CÍLE PRÁCE.....	13
3. DŘEVO A MATERIÁLY NA BÁZI DŘEVA.....	14
3.1. DRUHY DŘEVIN	14
3.1.1. <i>Jehličnaté dřeviny</i>	14
3.1.2. <i>Listnaté dřeviny</i>	14
3.2. VLASTNOSTI DŘEVA.....	15
3.2.1. <i>Fyzikální vlastnosti dřeva</i>	15
3.2.2. <i>Vlhkost dřeva</i>	16
3.2.3. <i>Tvarové změny</i>	17
3.2.4. <i>Tepelné vlastnosti dřeva</i>	17
3.2.5. <i>Elektrické vlastnosti dřeva</i>	18
3.2.6. <i>Akustické vlastnosti dřeva</i>	18
3.2.7. <i>Mechanické vlastnosti dřeva</i>	18
3.3. SPOJE DŘEVA	19
4. ROVINNÉ DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE.....	19
4.3. NOSÍKY	20
4.3.1. <i>Plnostěnné nosníky</i>	20
4.3.2. <i>Roštové nosníky</i>	23
4.3.3. <i>Lepené lamelové nosníky</i>	24
4.3.4. <i>Nosníky z vrstveného dřeva</i>	24
4.3.5. <i>Sbíjené nebo lepené nosníky</i>	25
4.3.6. <i>Příhradové nosníky</i>	26
4.3.7. <i>Plnostěnné nosníky profilového průřezu</i>	32
4.3.8. <i>Tenkostěnné lepené nosníky</i>	32
4.3.9. <i>Uložené nosníků na podpory</i>	33
4.4. PLNOSTĚNNÉ RÁMY A OBLOUKY	34

4.4.1.	<i>Lepené rámové rohy</i>	35
4.4.2.	<i>Šroubované rámové rohy</i>	35
4.5.	OBLOUKY	36
4.6.	ŘÍMSY	37
4.7.	PODÉLNÉ STŘEŠNÍ ZTUŽIDLO.....	37
4.8.	KONSTRUKČNÍ ZÁSADY ZTUŽENÍ VAZNÍKŮ	38
4.9.	PŘÍČNÁ STŘEŠNÍ ZTUŽIDLA KOVOVÁ	43
5.	PROSTOROVÉ DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE	44
6.	NÁVRH DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ	45
6.1.	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ.....	45
6.1.1.	<i>Hlavní zásady</i>	45
6.1.2.	<i>Požární úseky</i>	46
6.2.	HYDROIZOLACE PROTI VNIKÁNÍ VODY DO DŘEVOSTAVBY	47
6.2.2.	<i>Hydroizolace základů</i>	47
6.2.3.	<i>Hydroizolace střešního pláště</i>	47
6.2.4.	<i>Vzduchové izolace mezi dřevem a jinými materiály</i>	48
6.3.	REGULACE KLIMATICKÝCH PODMÍNEK V DŘEVOSTAVBĚ	49
6.3.2.	<i>Stabilizaci rovnovážné vlhkosti dřeva</i>	49
6.3.3.	<i>Parozábranných folií</i>	49
6.3.4.	<i>Izolace proti vodě srážkové, spodní a podobně</i>	49
6.4.	AKUSTIKA V DŘEVOSTAVBÁCH.....	51
7.	OCHRANA DŘEVA	52
7.1.	KONSTRUKČNÍ OCHRANA DŘEVOSTAVEB.....	52
7.1.2.	<i>Principy konstrukční ochrany dřevostaveb</i>	52
7.1.3.	<i>Minimalizace vlhkosti</i>	53
7.1.4.	<i>Tvarové optimalizace</i>	53
7.2.	IMPREGNACE.....	56
7.3.	OSTATNÍ ZPŮSOBY OCHRANY.....	56
7.4.	TEPELNĚIZOLAČNÍ MATERIÁLY A FOLIE V DŘEVOSTAVBÁCH	57
7.4.2.	<i>Tepelně izolační materiály</i>	57
7.4.3.	<i>Folie</i>	59
8.	SNÁŠKOVÉ A VÝKRMOVÉ HALY PRO HRABAVOU DRŮBEŽ	61

8.1.	KONSTRUKCE STÁJÍ PRO HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA	61
8.2.	SNÁŠKOVÉ HALY SLEPIC	64
8.3.	VÝKRMNY KUŘECÍCH BROJLERŮ	66
8.4.	SKLADY KRMIVA.....	67
8.5.	SKLADY JADRNÝCH A TVAROVÝCH KRMIV.....	67
8.6.	SKLADY PODESTÝLKY	67
8.7.	SKLADY HNOJE, KEJDY A TRUSU	68
8.8.	SKLADY OBIÍ	69
9.	METODIKA	71
10.	PRAKTICKÁ ČÁST	72
10.1.	TŘÍDY PROVOZU A TŘÍDY TRVÁNÍ ZATÍŽENÍ	72
10.2.	TŘÍDY OHROŽENÍ DŘEVA.....	72
10.3.	POŽADAVKY NA FOLIE	73
10.4.	ZATÍŽENÍ.....	74
10.4.2.	<i>Zatížení sněhem.....</i>	<i>74</i>
10.4.3.	<i>Zatížení větrem.....</i>	<i>76</i>
10.4.4.	<i>Zatížení stálé</i>	<i>79</i>
10.4.5.	<i>Zatížení užité</i>	<i>79</i>
10.5.	KONSTRUKCE.....	81
10.5.2.	<i>Sklad.....</i>	<i>81</i>
10.5.3.	<i>Hala pro hrabavou drůbež.....</i>	<i>88</i>
11.	ZÁVĚR.....	91
12.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	92
13.	SEZNAM PŘÍLOH.....	94

Seznam obrázků

Obrázek 1 Tvarové změny	17
Obrázek 2 Konstrukční úprava lepených prvků.....	17
Obrázek 3 Rovinné dřevěné konstrukce	19
Obrázek 4 prostorové dřevěné konstrukce.....	20
Obrázek 5 Typy nosníků	20
Obrázek 6 Poměr průřezového modulu	21
Obrázek 7 Zmírnění napětí v zářezu	22
Obrázek 8 Průběh momentu.....	22
Obrázek 9 Napětí v nosníku.....	23
Obrázek 10 Ukázky spojení trámů.....	23
Obrázek 11 Lepené lamelové nosníky	24
Obrázek 12 Příklady průřezů nosníků	25
Obrázek 13 Sbíjený nosník	25
Obrázek 14 Příhradový nosník.....	26
Obrázek 15 nosník s nadvýšením a bez nadvýšení	27
Obrázek 16 Styčník MKD nosníku	30
Obrázek 17 Nosník s ocelovými kolíky	31
Obrázek 18 Nosník z nastřílených ocelových hřebíků.....	31
Obrázek 19 Nosník s kovovými diagonály	32
Obrázek 20 Nosník z vlnité překližky.....	33
Obrázek 21 Typy rámu	34
Obrázek 22 Typy rohových spojů.....	34
Obrázek 23 Lepený rámový roh	35
Obrázek 24 Detaily rohového spoje.....	36
Obrázek 25 Příklad obloukové konstrukce z lepeného dřeva	36
Obrázek 26 Ztužení v rovině střechy diagonály a pomocí zavětrovacího vazníku.....	38
Obrázek 27 Ztužení horního i spodního pásu	39
Obrázek 28 Ztužení dolních pásů	40
Obrázek 29 Působení větrování proti vybočení	40
Obrázek 30 Ztužení proti vybočení z roviny	41
Obrázek 31 Vybočení skupiny dílců.....	41
Obrázek 32 Možnosti vložení tuhých výztuh	42
Obrázek 33 Ztužení tlačných prvků příložkami	42

Obrázek 34 Prostorová skořepina	44
Obrázek 35 Odhořívání dřeva	47
Obrázek 36 Příklad hrabavé drůbeže česká zlatá kropenka	64
Obrázek 37 Mapa sněhových oblastí	75
Obrázek 38 Zatížení větrem	76
Obrázek 39 Mapa větrových oblastí na území ČR	77

Seznam rovnic

Rovnice 1 Průřezový modul.....	20
Rovnice 2 Poloha průřezu	22
Rovnice 3 Zatížení sněhem	74

Seznam tabulek

Tabulka 1 Průměrná objemová hmotnost dřeva	15
Tabulka 2 Dovolená vlhkost dřeva na stavební konstrukce.....	16
Tabulka 3 Účinná uvažovaná délka	29
Tabulka 4 Účinná uvažovaná délka bez momentů.....	29
Tabulka 5 Třída trvání zatížení	72
Tabulka 6 Tvarové součinitele zatížení sněhem – sedlové střechy.....	74
Tabulka 7 Součinitele expozice	75
Tabulka 8 Tabulka základních rychlostí a tlaků větru	77
Tabulka 9 Součinitele podle kategorií terénu	78
Tabulka 10 Zatížení konstrukce (stálé).....	79
Tabulka 11 Užitná zatížení střech kategorie H	80
Tabulka 12 Zatížení užitné + celkové od konstrukce	80

1. Úvod

Víceúčelové zemědělské stavby je poměrně zajímavé téma, které bylo v posledním období velmi zanedbáváno. Převážně konstrukční řešení těchto staveb bývalo řešeno ne příliš vhodnými materiály do tohoto specifického prostředí. Např. železo, které v kontaktu s výkaly zvířat poměrně snadno degraduje. Oproti tomu dřevo má v tomto prostředí celou řadu výhod, navíc se jedná o ekologický materiál. Proto jsem se rozhodl zpracovat diplomovou práci na toto téma.

V diplomové práci se jedná o víceúčelovou halu, která zahrnuje jak skladování krmiv, tak i chov zvířete. Konkrétně jsem se zaměřil na hrabavou drůbež. Stavba je rozdělena na dvě části. První část je navržena jako sklad a jak je obecně známo, tak tyto prostory vyžadují poměrně hodně místa. Proto byly využity lepené nosníky, které umožňují využití i podstřešního prostoru. Naproti tomu prostředí pro chov slepic nesmí být podceňováno, protože i slepice mají právo těžit z výtěžků moderních technologií. Mezi takové patří i kvalitní tepelná izolace, která zajišťuje vhodnou teplotu během roku, a to jak v létě, tak i v zimě. V této části objektu bylo zvoleno zastřešení pomocí vazníků, které jsou vhodnější pro vytvoření optimálního prostředí pro chov těchto zvířat. Slepice totiž vyžadují stálé klimatické podmínky po celý rok. Při splnění těchto všech požadavků je možné dosáhnout efektivního chovu.

2. Cíle práce

Cílem práce je vypracování literární rešerše týkající se zemědělských staveb, materiálů pro tyto typy staveb, konstrukčních řešení a dalších vlastností, které souvisejí se dřevostavbami.

Druhá část je zaměřena na návrh víceúčelového objektu, konkrétně snáškové haly a skladu krmiv pro podlahový chov slepic. Dále je cílem statické a tepelné posouzení zpracovaného návrhu.

3. Dřevo a materiály na bázi dřeva

V České republice je přibližně 35 % území zalesněno. Na stavební dřevěné konstrukce lze využít dřevo listnatých i jehličnatých dřevin vhodných mechanických a fyzikálních vlastností. Nejčastěji se ovšem využívá dřevo jehličnatých dřevin (převážně smrk) (<http://drevene-materialy.fld.czu.cz/> 15.1.2018).

Spojovací součásti (kolíky, hmoždíky apod.) a jiné části konstrukcí (obvykle s požadavkem vysoké odolnosti) se vyrábějí ze dřeva tvrdých listnatých dřevin, obzvláště z dubu (Callister, 2007).

3.1. Druhy dřevin

Dřeviny rozdělujeme na listnaté a jehličnaté. Podrobněji je můžeme rozdělit na měkké a tvrdé, mezi měkkými a tvrdými dřevinami ovšem není naprosto přesná hranice (Motyčka, 2009).

3.1.1. Jehličnaté dřeviny

Jehličnaté dřeviny jsou převážně měkké dřeviny nebo vytvářejí mezičlánek od měkkých dřevin k tvrdým. Mezi nejvýznamnější dřeviny z konstrukčního hlediska patří smrk, jedle, borovice a modřín.

Nejvíce se využívá smrkové dřevo, je poměrně lehké, měkké, pružné a dobře obrobitelné a je vhodné k lepení. V suchém prostředí je trvanlivé, naproti tomu ve vlhkém rychle degraduje.

Jedlové dřevo je z pohledu pravidelnosti růstu obvykle lepší jakosti než smrkové, je však náročnější na opracování (Callister, 2007).

Borovicové dřevo je poměrně hodně sukaté. Z důvodu vysokého obsahu pryskyřice, je značně odolné proti vlivům vlhkosti. Borovice je ovšem poměrně málo pružná a křehká, a proto se nedoporučuje konstrukční prvky vyrobené právě z této dřeviny používat a namáhat ohybem.

Modřínové dřevo tvoří zmíněný mezistupeň mezi tvrdým a měkkým dřevem. Je odolné a dobře odolává střídání vlhka a sucha. Je velice pružné a dříve se využívalo na krovky s velkým rozpětí (Motyčka, 2009).

3.1.2. Listnaté dřeviny

Listnaté dřeviny se většinou řadí do tvrdých dřevin. Mezi nejvýznamnější, z konstrukčního hlediska, patří dubové a bukové.

Dubové dřevo je těžké a odolné. Má významnou pevnost v tahu i tlaku, a proto je vhodnějším dřevem pro výrobu dřevěných spojovacích prvků (hmoždíků, klínů, kolíků apod.). V suchém prostředí vydrží 500 až 700 let, ve vodním je jeho životnost fakticky nekonečná. V porovnání s měkkými dřevinami je dřevo dubu velmi odolné proti ohni zvláště pak, když je vhodně impregnováno (Motyčka, 2009).

Bukové dřevo je měkkší než dubové dřevo, není tak odolné a je těžko obrobitelné. Bez vhodné impregnace odolává špatně vlhkostním vlivům. Bukové dřevo se více než na konstrukce využívá na výrobu dých a překližek (Svoboda, 2013).

3.2. Vlastnosti dřeva

Dřevo, jakožto anizotropní materiál, má rozdílné vlastnosti v různých směrech. Zásadně se odlišují vlastnosti zejména rovnoběžně s vlákny a kolmo k vláknům. V kolmém směru k vláknům se navíc ještě mezi sebou liší vlastnosti v tangenciálním a v radiálním směru. Největší tuhosti i pevnosti a současně nejmenší deformace bobtnání a sesychání či deformace od účinku teploty má dřevo ve směru rovnoběžně s vlákny (Motyčka, 2009).

3.2.1. Fyzikální vlastnosti dřeva

Objemová hmotnost dřeva závisí na množství vody, které obsahuje.

Tabulka 1 Průměrná objemová hmotnost dřeva

(Jelínek, 2012)

Dřevina	Objemová hmotnost dřeva (kg/m ³)		
	čerstvě vytěženého	při vlhkosti 15 %	při vlhkosti 0 %
dub	920–1300	690	650
buk	900–1240	720	680
modřín	800	590	550
borovice	900	520	490
jedle	850	450	410
smrk	850	470	430

Při výpočtech stavebních konstrukcí se obvykle používají objemové hmotnosti dřeva podle norem pro zatížení (Svoboda, 2013).

3.2.2. Vlhkost dřeva

Vlhkost dřeva udává množství vody, které dřevo obsahuje. Vyjadřuje se poměrem hmotnosti sušiny dřevní hmoty k hmotnosti vody. Voda se ve dřevu vyskytuje v podobě vody hygroskopicky vázané (obsažené ve stěnách buněk) a vody volné (obsažené mimo stěny buněk). Do vlhkosti okolo 30 % se voda vyskytuje ve dřevu, jako hygroskopicky vázaná. V rozmezí 1-2 % se ve dřevě vyskytuje také voda chemicky vázaná voda, což je součást chemických sloučenin a nelze ji odstranit sušením dřeva, ale pouze spálením. Pro charakteristiku vlastností nemá význam. Vlhkost 30 % se označuje bodem nasycení vláken a rovná se stavu, při kterém jsou všechny buněčné stěny nasyceny vodou. Hygroskopickým vysycháním a vlhnutím se zmenšuje a zvětšuje tloušťka buněčných stěn, a tím dochází k sesychání a bobtnání dřevěných prvků (Svoboda, 2013).

Tabulka 2 Dovolená vlhkost dřeva na stavební konstrukce

(Svoboda, 2013)

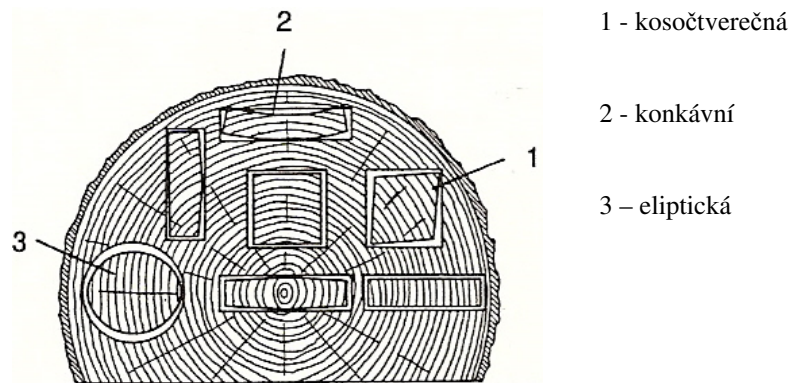
Vlhkost dřeva (%)	Použití dřeva
nejvýše 10 %	spojovací součásti (hmoždíky, kolíky, klíny ap.) a prvky vystavené dlouhodobým zvýšeným teplotám nepřevyšujícím 55 °C
nejvýše 15 %	lepené prvky
nejvýše 20 %	konstrukční prvky spojované hřebíky ^{*)} , svorníky, kovovými hmoždíky apod.
nejvýše 25 %	prvky vystavené nechráněné expozici, u kterých vysychání dřeva není na závadu
bez omezení	prvky, které budou trvale ve vlhkém nebo mokřém prostředí

Uvedené vlhkosti platí pro zpracování dřeva (výrobu konstrukčních prvků).

^{*)} Hřebíkované konstrukce se doporučuje vyrobit ze dřeva vysušeného na vlhkost nejvýše 18 %.

Anizotropní struktury dřeva mimo jiné způsobují zřejmé odlišnosti v bobtnání a sesychání dřeva v radiálním a tangenciálním směru. Tyto procesy jsou příčinou tvarových změn dřevěných prvků (Motyčka, 2009).

Změny tvaru dřevěných prvků vlivem sesychání dřeva:

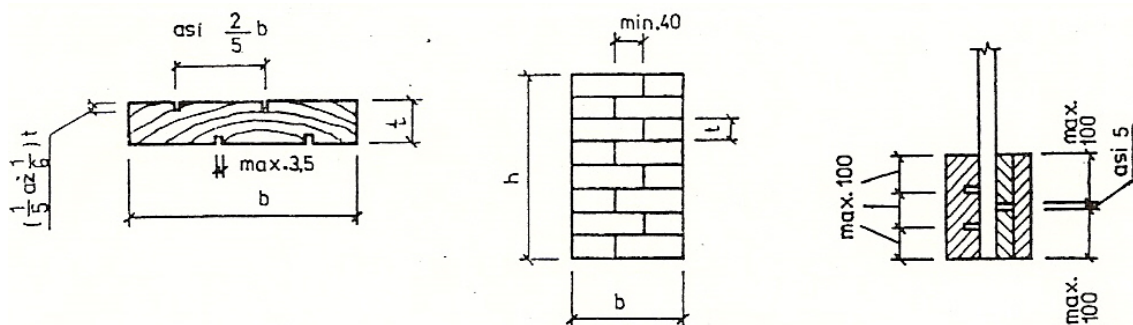


Obrázek 1 Tvarové změny

(Motyčka, 2009)

3.2.3. Tvarové změny

Tvarové změny dřevěných prvků vyžadují různá konstrukční opatření, obzvláště u konstrukcí lepených. Kupříkladu u lepených lamelových prvků širších než 200 mm musí mít lamely drážky, eventuálně místo jedné lamely se použijí lamely dvě vedle sebe, tak jak je zobrazeno na obrázku 2. Podobné úpravy je třeba učinit u nosníků se stěnou z desek na bázi dřeva a pásnicí ze dřeva.



Obrázek 2 Konstrukční úprava lepených prvků

(Jelínek, 2012)

Sesychání dřeva je problém, který má na svědomí, zejména u velkých elementů z hraněného a deskového řeziva, povrchové trhliny, jejichž míra závisí na tom, jak kvalitně byly tyto prvky sušeny a zda sušení proběhlo rovnoměrně v celém průřezu a délce prvku. (Motyčka, 2009)

3.2.4. Tepelné vlastnosti dřeva.

Dřevo vede teplo jen velmi málo, a z toho důvodu je příhodným tepelně izolačním materiálem. Teplotní roztažnost dřeva je také velmi nízká, a tak se při navrhování

dřevěných konstrukcí účinky od teplotních změn zanedbávají a není potřeba provádět dilatační spáry. Délková roztažnost vlivem teploty se uvádí hodnotou změny jednotkové délky při zvýšení teploty o 1 °C, což například u smrkového dřeva je $5,4 \cdot 10^{-6}$ ve směru vláken a $34,1 \cdot 10^{-6}$ napříč vláken (Svoboda, 2013).

3.2.5. Elektrické vlastnosti dřeva.

Vysušené dřevo je velice dobrý izolační materiál. Měrný elektrický odpor dřeva je nejnižší v podélném směru vláken. Napříč je takřka dvojnásobná. Se zvyšující se teplotou a vlhkostí se elektrický odpor dřeva značně klesá (Motyčka, 2009).

3.2.6. Akustické vlastnosti dřeva.

Akustickými vlastnostmi dřeva chápeme zejména zvukovou vodivost, průzvučnost a pohltivost. Průměrná orientační zvuková vodivost dřeva je v podélném směru vláken $4500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a napříč vláken $1000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pohltivost zvuku dřevem v procentech dopadající energie je přibližně 50 %. Zvuková průzvučnost vyjádřená poklesem intenzity zvuku, při procházení materiálem, je u dřeva tloušťky 50 mm 27 dB a u překližky tloušťky 12 mm 23 dB (Motyčka, 2009).

3.2.7. Mechanické vlastnosti dřeva

Mechanickými vlastnostmi jsou především vlastnosti dřeva z pohledu pevnosti a pružnosti. Tyto atributy jsou závislé na povaze zatížení (dynamické, statické, rázové) a na čase zatížení (krátkodobé, střednědobé, dlouhodobé, stálé). Mechanické vlastnosti dřeva se nejčastěji zjišťují statickými zkouškami na zkušebních vzorcích podle příslušných norem (Jelínek, 2012).

Mechanické vlastnosti dřeva ovlivňuje řada faktorů:

Konstrukční rozměr – zvětšováním dimenzí prvků následuje zhoršení mechanických vlastností dřeva.

Objemová hmotnost (hustota) - zvětšováním hustoty se obecně vylepšují mechanické vlastnosti dřeva.

Vlhkost dřeva – s růstem vlhkosti dřeva do bodu nasycení vláken (30%) se jeho mechanické vlastnosti zhoršují, zejména pevnost dřeva v tlaku. Vlhkost dřeva převyšující 30 % již nemá na změnu mechanických vlastností podstatný vliv.

Vady dřeva – vady dřeva (suky, výsušné trhliny, poškození hmyzem, hniloba a podobné) snižují mechanické vlastnosti, obzvláště pevnost dřeva v tahu.

Rychlost zatěžování – zvýšením rychlosti zatěžování se pevnost dřeva zvětšuje.

Doba trvání zatížení – prodlužováním času působení zatížení pevnost dřeva klesá zhruba na 60 % krátkodobé pevnosti dřeva, a to je třeba vzít v potaz při návrhu (Motyčka, 2009).

3.3. Spoje dřeva

Konstrukční elementy dřevěných konstrukcí spojujeme nejčastěji prostřednictvím různých ocelových spojovacích prostředků (sponek, hřebíků, kolíků, desek s prolisovanými trny, vrutů, svorníků a hmoždíků), tesařských spojů a lepení (Motyčka, 2009).

Spoje dřevěných konstrukcí podle uspořádání lze rozdělit takto:

- nastavování (spojování v podélném směru)
- sdružování (spojování v příčném směru)
- spojování do styčnicku (spojování pod různými úhly v rovině a v prostoru)

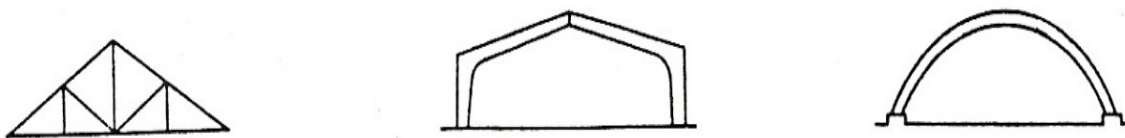
Podle charakteru působení a druhu spojovacího prostředku rozlišujeme spoje:

- poddajné
 - tesařské spoje
 - spoje pomocí různých, především ocelových spojovacích prostředků
- nepoddajné
 - lepené spoje

4. Rovinné dřevěné konstrukce

Dřevěné konstrukce dělíme na dvě hlavní skupiny: rovinné a prostorové konstrukce.

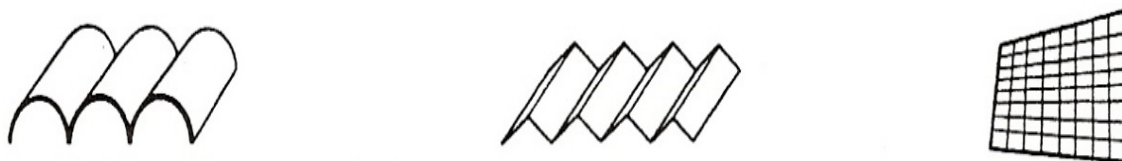
Rovinné dřevěné konstrukce přenáší pouze zatížení, které působí v jejich rovině. Zatížení působící kolmo na jejich rovinu přenáší do základů zavětrování (ztužidla) konstrukce.



Obrázek 3 Rovinné dřevěné konstrukce

(Motyčka, 2009)

Prostorové dřevěné konstrukce zvládají přenášet zatížení působící v libovolném směru až do základů, případně do uložení (ukotvení) konstrukce.

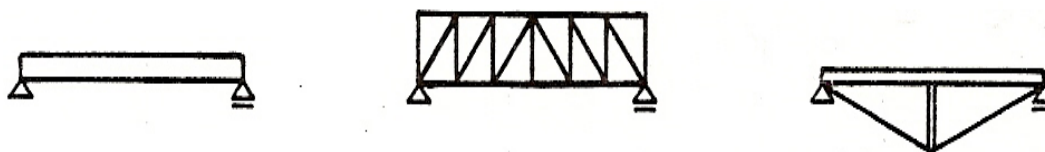


Obrázek 4 prostorové dřevěné konstrukce

(Motyčka, 2009)

4.3. Nosníky

Nosníky jsou nejjednodušším a nejčastěji používaným druhem rovinné dřevěné konstrukce. Jsou to obvykle horizontální nosné konstrukční prvky, které pokládáme na vertikální nosné prvky (sloupy nebo stěny). Z hlediska statiky můžou nosníky působit jako spojité, prosté a lomené. Z pohledu konstrukčního zhotovení rozdělujeme nosníky na plnostěnné, příhradové a speciální konstrukce (Jelínek, 2012).



Obrázek 5 Typy nosníků

(Jelínek, 2012)

Prosté nosníky speciální konstrukce patří k nejstarším typům nosníků používaným na dřevěné konstrukce střech a lávek. Vyvinuly se z klasického prostého nosníku do podoby různých věšadel, vzpínadel, kombinovaných věšadel a vzpěradel (Jelínek, 2012).

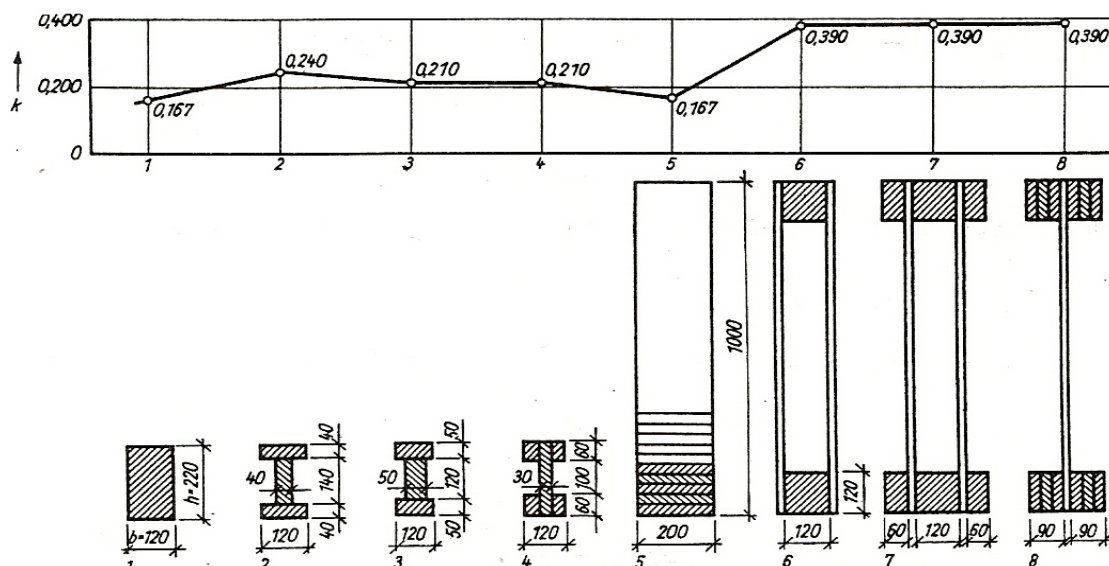
4.3.1. Plnostěnné nosníky

Plnostěnné nosníky provádíme různým způsobem. Způsob provedení plnostěnných nosníků má velký vliv na spotřebu materiálu. Například prostý trámový nosník obdélníkového průřezu má poměr průřezového modulu k ploše nosníku:

Rovnice 1 Průřezový modul

$W / A = b \cdot h^2 / (6 \cdot b \cdot h) = h / 6 = 0,167 h$, obecně lze uvést $W / A = k \cdot h$. (Motyčka, 2009)

Hodnoty součinitele k závisí na tvaru příčného řezu nosníku. Čím je hodnota součinitele k vyšší, tím je nosník hospodárnější z hlediska spotřeby materiálu.



Obrázek 6 Poměr průřezového modulu

(Motyčka, 2009)

Úspory materiálu můžeme, vedle volby typu průřezu, docílit i změnou statické soustavy. Prostý nosník nahradíme spojitým, nebo lomeným nosníkem. Řešit problém můžeme i tak, že plnostěnný nosník nahradíme příhradovým.

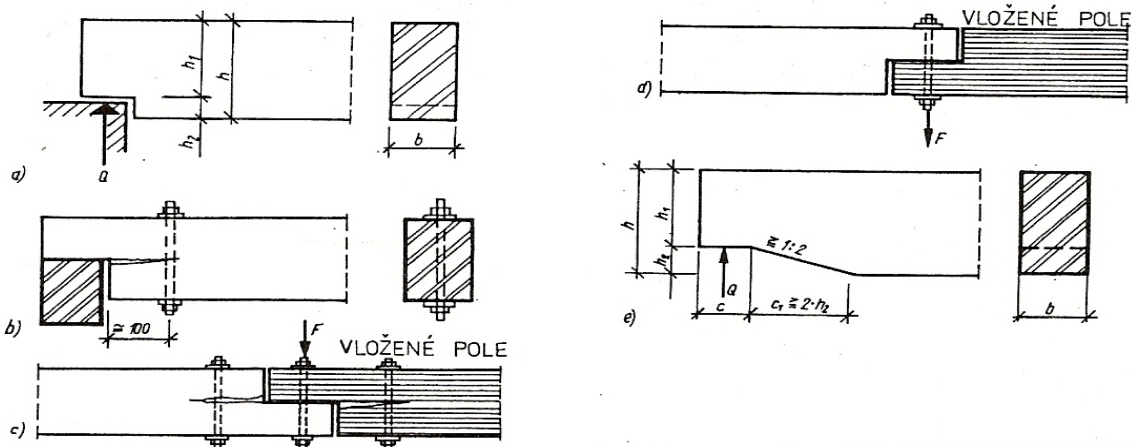
U spojitých nosníků můžeme oproti nosníkům prostým docílit úspory výšky nosníku 10–15 cm. Spojité nosníky se ovšem nechají využít pouze na konstrukce s jednotným rozpětím polí. Pak totiž je v souladu s hlediskem konstrukčním (vhodné délky dílčích lepených lamelových prvků), vyrovnání podporových a mezipodporových momentů.

Při použití příhradových nosníků musíme mít stále na zřeteli, že klíčovým problémem konstrukcí ze dřeva je stykování (spojování) prvků, jehož realizace často ovlivní celé řešení konstrukce. Příhradové nosníky mají také poměrně velkou konstrukční výšku (Jelínek, 2012).

Plnostěnné nosníky se zářezem v místě uložení.

Plnostěnné nosníky musíme často, především z konstrukčních důvodů, provádět se zářezem (vrubem) v místě uložení. Rozložení napětí u pravoúhle vyříznutých nosníků ukazuje, že v místě zářezu dochází ke koncentraci napětí a nosníky jsou náchylné na roztržení. Napětí v místě zářezu je možné zmenšit, jestliže nosník provedeme s náběhem.

Často také nosníky zpevňujeme například pomocí svorníků. U spojitých kloubových nosníků dbáme na to, abychom vkládané pole zavěšovali. (Jelínek, 2012)



Obrázek 7 Zmírnění napětí v zářezu

(Jelínek, 2012)

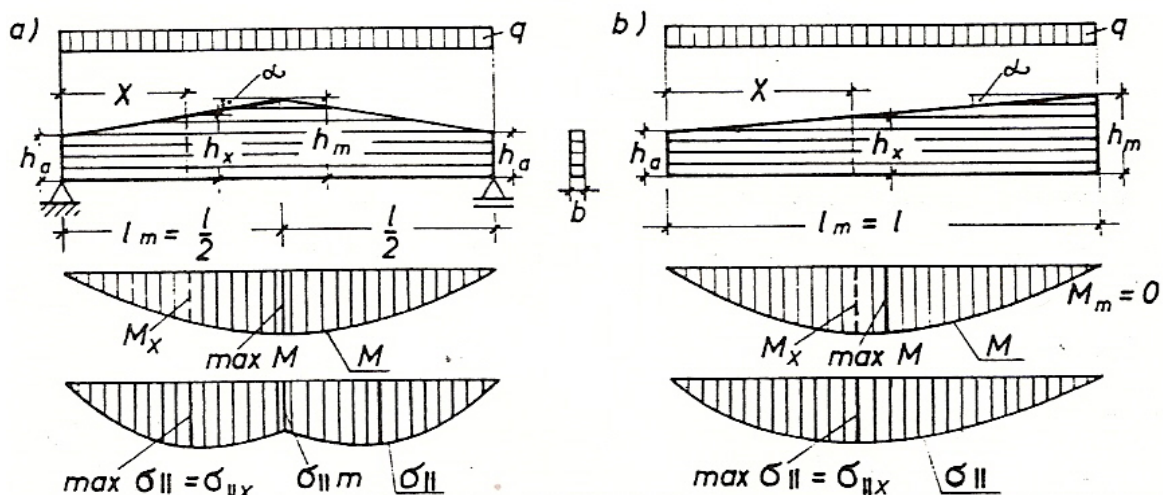
Plnostěnné sedlové a pultové nosníky.

Nosníky proměnného průřezu se posuzují na normálové napětí v průřezích, ve kterých jsou normálová napětí od ohybu v krajních vláknech průřezu maximální. Poloha průřezu se určí z podmínky:

Rovnice 2 Poloha průřezu

(Motyčka, 2009)

- pro sedlový nosník: $x = l/2 \cdot h_a/h_m$; $h_x = h_a \cdot (2 - h_a/h_m)$
- pro pultový nosník: $x = l / (1 + h_m/h_a)$; $h_x = 2 \cdot h_m / (1 + h_m/h_a)$

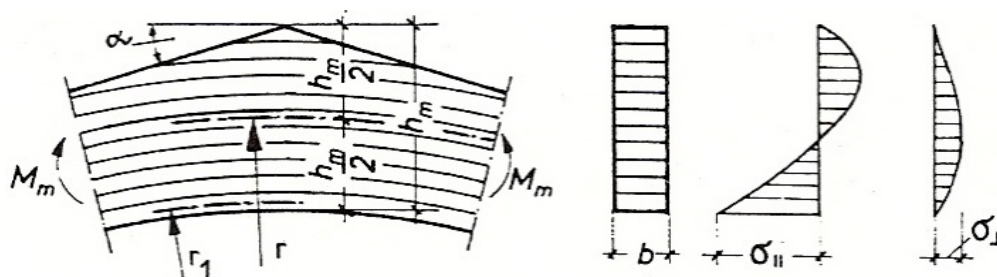


Obrázek 8 Průběh momentu

(Motyčka, 2009)

Poznatky o chování zkosených lepených lamelových nosníků ukazují, že problematika jejich navrhování je velmi komplikovaná. V současnosti se dopracovávají nové metodiky jejich výpočtu (ČSN EN 1995-1-1).

U dřevěných nosníků dochází ke zvýšení průhybu z hlediska času, který nabývá po delší době užívání konstrukce přibližně hodnoty dvojnásobku okamžitého elastického průhybu, a to účinkem dotvarování dřeva. Proto, když je to možné, vyrábíme nosníky s nadvýšením nebo v jiných případech dokonce nosníky realizujeme klenuté. Pokud nosník vykleneme nebo nadvýšíme, vznikají v něm přídatná namáhání, tzv. radiální napětí, která působí napříč nosníku a mají snahu ho rozlamovat. Se zakřivením střednice nosníku se také zprvu lineární průběh napětí změní v nelineární (viz následující obr.).



Obrázek 9 Napětí v nosníku

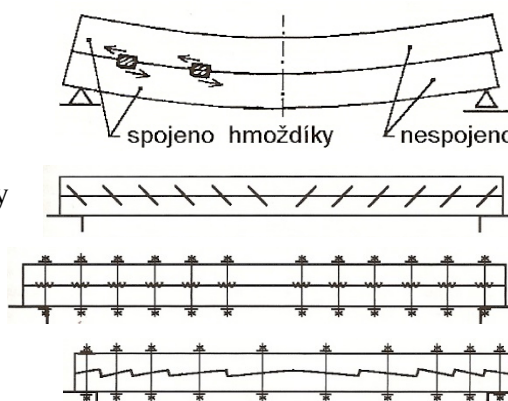
(Kolb & Koželuh, 2011)

4.3.2. Roštové nosníky.

Pokud při větším zatížení nebo rozpětí nevyhověly průřezové rozměry jednoho trámu, spojovaly se dva někdy tři trámy na výšku tak, aby působily jako jeden nosník. Taková konstrukce se nazývá roštový trám. Spojovací prostředky brání vzájemnému posunu a jsou tedy namáhány na smyk. Ve výpočtech únosnosti je třeba uvažovat poddajnost spojů (Kolb & Koželuh, 2011).

Spojení trámů se provádí:

- tesařskými skobami
- kovovými nebo dřevěnými hmoždíky
- zazubením



Obrázek 10 Ukázky spojení trámů

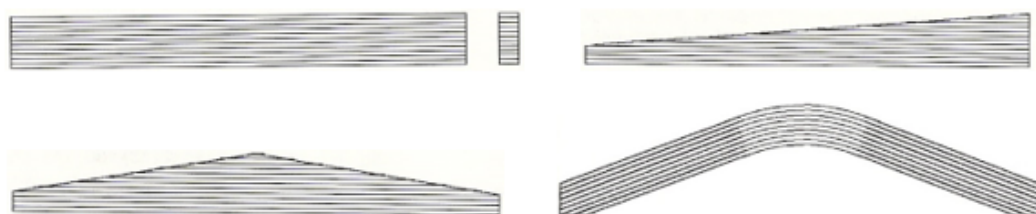
(Kolb & Koželuh, 2011)

V současné době jsou tyto konstrukce nahrazovány lepenými lamelovými nosníky (Kolb & Koželuh, 2011).

4.3.3. Lepené lamelové nosníky

Vznikají slepením více vrstev prken nebo fošen. Přířezy délky 1,5 až 5 metrů, tloušťky do 50 mm se spojují zubovitým spojem v tzv. nekonečnou lamelu. Rozptýlením vad dřeva po celém prvku se získá docela stejnorodý konstrukční materiál (vyšší pevnost). Prvky se lepí při cca 12 % vlhkosti dřeva a lisovací doba je podle druhu lepidla asi 6 hodin. Lamelové dřevo se vyrábí ve dvou třídách kvality, a to pohledové a nepohledové (Kuklík, 2005).

Nejčastěji se používají nosníky obdélníkového průřezu, výjimečně jiných tvarů. Vyrábějí se též pultové a sedlové nosníky z lepeného dřeva, nebo i zakřivené nosníky, kdy se jednotlivé lamely před slepením ohnou do požadovaného tvaru (Kuklík, 2005).



Obrázek 11 Lepené lamelové nosníky

(Kuklík, 2005)

K výhodám lepených lamelových prvků patří lepší požární odolnost než u dřeva rostlého, nevýhodou však je jeho vyšší cena. Nosníky z lepeného dřeva jsou velmi estetické, a proto se v podhledech nechávají viditelné (Lorenz, 2005).

4.3.4. Nosníky z vrstveného dřeva.

Vrstvené dřevo je vyrobeno z loupaných dých tl. 2–4 mm, délky asi 2 m, slepených vzájemně rovnoběžně s vlákny. Slepením se vytvoří dlouhý pás potřebného průřezu a šířky podle strojního zařízení. Krajiní dýhy se vzájemně spojují úkosovým spojem, střední dýhy na tupo nebo přeložením, ve vrstvách jsou styky vystřídány. Po slepení při teplotě asi 150 °C se z vyrobeného dílce řezou potřebné rozměry prvků (Svoboda, 2013).

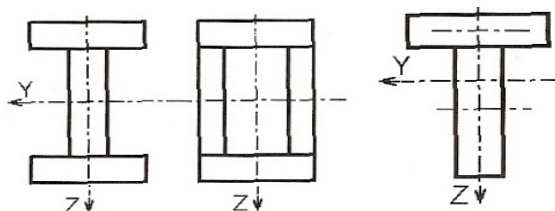
V Evropě se toto dřevo vyrábí zejména ve Finsku ze severského smrku, dále pak v Kanadě a v USA. Při výrobě se vady (zejména suky) rozptýlí po celém objemu dřeva a dřevo se slisováním zhuští (přibližně dvojnásobná pevnost než řezivo). Vrstvené dřevo se používá tam, kde se požaduje vysoká pevnost (Lorenz, 2005).

Nosníky z konstrukčního masivního dřeva KVH (konstruktions voll holz).

Vyrábí se z jehličnatých dřevin. Jednotlivé přířezy jsou opatřeny zubovitým spojem, kterým se spojují do „nekonečně dlouhých vlysů“. Pokud se přířezy lepí k sobě ze dvou nebo tří prvků, vznikají konstrukční hranoly Duo nebo Trio hranoly. Po vytvrzení lepidla jsou hranoly ohoblované a jejich hrany sražené (Kolb & Koželuh, 2011).

4.3.5. Sbíjené nebo lepené nosníky

Sbíjené nebo lepené nosníky se stěnou z prken nebo z fošen.



Obrázek 12 Příklady průřezů nosníků

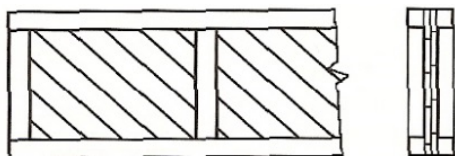
(Štefků & Štumpa, 2010)

Jsou sestaveny z prken nebo fošen do tvaru symetrického I nebo do průřezu truhlíkového, občas do tvaru písmene T. Délka těchto nosníků bývá do 6 m. Ve statickém výpočtu se musí posoudit normálové napětí, tangenciální napětí

v neutrální ose, průhyb, klopení a navrhnout hřebíkové spojení stěny a obou pásnic. Při výpočtu ohybové únosnosti je nutno uvažovat snížení vlivem poddajnosti spojů. Tloušťka stěny je často dána možností umístění potřebného počtu spojovacích hřebíků, kterých bývá poměrně hodně. Normálové a tangenciální napětí u lepených nosníků z řeziva se posoudí jako u rostlého dřeva. Ve srovnání s nosníky sbíjenými může být stěna lepených nosníků menší tloušťky (Štefků & Štumpa, 2010). U více zatížených nosníků se někdy stěna dělá dvojitá. U sbíjených nosníků je velkou nevýhodou pracnost výroby, což zvyšuje jejich cenu, a tím se ztrácí výhoda úspory dřeva.

Sbíjené nosníky se stěnou ze zkřížených prken.

V minulosti byly vyráběny sbíjené nosníky, které mají stěnu složenou ze dvou vrstev vzájemně se křížujících prken. Vyráběny byly jako přímopásové, sedlové či pultové s rozpětím od 6 m až do 30 m (u mostních provizorií). Průřez byl tvaru I a pásy



Obrázek 13 Sbíjený nosník

(Štefků & Štumpa, 2010)

byly vyrobeny z fošen tl. 40-60 mm nebo u větších rozpětí z hranolů. Stěny byly ze dvou vrstev prken tl. 18 až 32 mm, šířky alespoň 180 mm. Prkna vrstev stěny byla vzájemně zkřížená obvykle pod pravým úhlem, s podélnou osou

svíraly úhel 45°. Svislé výztuhy, zajišťující stěnu proti boulení, byly ve vzdálenosti do 1/10 rozpětí od sebe. Pásy a výztuhy byly ke stěně připojeny pomocí hřebíků, při větším rozpětí byly nosníky ze dvou částí a spojeny svorníky (Štefků & Štumpa, 2010).

Nosníky této konstrukce se užívaly jako střešní nosníky továrních hal a pro jednoduchost a rychlost výroby byly používány pro mostní provizoria (Motyčka, 2009).

4.3.6. Příhradové nosníky

Příhradové nosníky projektujeme jako rovinné prutové soustavy různé podoby podle účelu použití, zatížení a možnosti provedení styčniců. Tyto nosníky jsou typické tím, že na rozdíl od plnostěnných nosníků mají relativně velkou konstrukční výšku a také jsou velmi náročné na provedení spojů ve styčnicích. Při zjišťování osových sil, momentů a průhybu je velice významný výběr statického modelu příhradového nosníku z pohledu průběžnosti, či neprůběžnosti pásů a z pohledu excentricity ve styčnicích. Příhradové nosníky se v současnosti nejčastěji realizují se ocelovými sponami Gang-Nail (Jelínek, 2012).



Obrázek 14 Příhradový nosník

(<http://www.alkadomky.cz/prihradove-konstrukce/prihradove-vazniky/> 25.2.2018)

Pokud je horní i dolní pás příhradového nosníku průběžný, osové síly v prutech jsou menší a nosník má menší průhyby, než je tomu u nosníku s klasickými kloubovými styčnicemi.

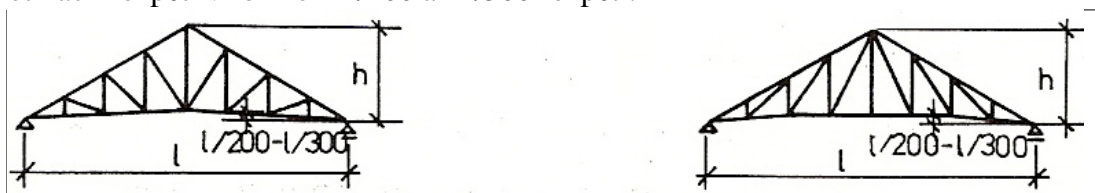
Provedení excentrických styčniců má za následek přidavné namáhání pásů nosníku ohybovým momentem. Při řešení uvedené problematiky musíme vždy vycházet z provedení styčniců příhradového nosníku, které je dáno použitým spojovacím prostředkem (Jelínek, 2012).

U příhradových nosníků sbíjených hřebíky je snaha, aby nosná soustava měla co nejvyšší počet prutů (diagonál a svislic), a tím byly osové síly v prutech co nejmenší. Protože hřebíky požadují plochu pro rozmístění ve styčnicích velkou, jsou tyto styčnicí

vždy excentrické. Držíme se zde zásady, aby vnitřní okraj diagonálního prutu zasahoval maximálně do jedné třetiny výšky pásu, a tím byly přídatné momenty v pásu co nejmenší.

Příhradové nosníky se záchytkami (hmoždíky) typu Tuchschererův kroužek a Bulldog se řídí v podstatě „opačnými“ pravidly než nosníky s hřebíky. Snažíme se, aby příhradových prutů bylo ve styčnicku co nejméně, abychom dokázali provést centrické styčníky (Kuklík, 2005).

Abychom snížili průhyby příhradových nosníků, rozdělujeme je podle možnosti s nadvýšeným dolním pásem. Nadvýšení se provádí většinou uprostřed rozpětí nebo ve třetinách rozpětí v rozmezí $1/200$ až $1/300$ rozpětí.



Obrázek 15 nosník s nadvýšením a bez nadvýšení

(Motyčka, 2009)

Příhradové nosníky s kovovými deskami s prolisovanými trny

Příhradové nosníky s deskami s prolisovanými trny se používají v České republice už několik desítek let a v současnosti jsou nejčastěji používaným příhradovým nosníkem. Běžně se vyrábějí nosníky do rozpětí třicet metrů. Výhodou tohoto vyhotovení nosníků je rychlost a jednoduchost výroby. Rodinné domy v USA a v Kanadě jsou téměř všechny dřevěné, mají nosnou konstrukci střechy často složitých tvarů, sestavenou právě z těchto nosníků. Půdní prostor domů není využíván. Nosníky mají všechny pruty z nehoblovaných hranolů (Jelínek, 2012). Vzhledem ke spojování oboustrannými deskami musí mít všechna použitá dřeva stejnou tloušťku. U jednotlivých prutů se mění podle působící síly průřez elementů v důsledku změny šířky dřeva. Pomocí desek s prolisovanými trny se nastavují také dřeva pásů do délky a provede se nadvýšení nosníků. Zvláštností současného provedení nosníků je, že osy mezilehlých prutů se protínají na hraně pásu a je tím zmenšována velikost styčnickové desky. Pomocí desek s prolisovanými trny umožňuje jejich sdružování vedle sebe, a tak vytvoření průvlaků velké únosnosti (Kolb & Koželuh, 2011). Hlavní nevýhodou je špatný vzhled (použitá dřeva jsou nehoblovaná, styčnickové desky nejsou pohledné a jejich trny někdy konce dřev u styčnicků rozštípnou) a malá požární odolnost (při požáru desky na povrchu nosníku od trnů odpadnou a konstrukce se hrouť). Vzhled a požární odolnost konstrukce s příhradovými nosníky s prolisovanými trny se zlepšuje sádrokartonovým podhledem.

Tloušťka dřeva na výrobu příhradových nosníků s prolisovanými trny nesmí být menší než 35 mm, výška pásových prvků musí být alespoň 68 mm a výška svislic a diagonál musí být minimálně 58 mm. Celkové vodorovné i svislé rozměry nosných prvků se nesmí od předepsaných rozměrů odchylovat o více než 10 mm pro prvky do 10 m, a pro prvky větší než 10 m o ± 1 mm/m. Největší vlhkost použitého dřeva nesmí překročit 22 %. Průměrná tloušťka spáry mezi dvěma spojovacími prvky v ploše styčnickové desky nesmí v době výroby překročit 1,5 mm (<http://bova-nail.cz/> 20.3.2018).

Použité dřevo v oblasti spojovacích prostředků a v uložení nesmí mít oblíny. Zarostlé suky se v ploše připojení povolují za předpokladu, že trny desky jsou dostatečně zalisovány bez viditelného zkroucení styčnickových desek nebo rozštípnutí dřeva vedle suku. Vyskytne-li se v ploše připojení nezarostlý suk, otvor po suku nebo trhlina, musí účinný počet trnů desky odpovídat předepsanému návrhu. Přitom se trny zasahující do suku, otvoru či trhliny zanedbávají. Trhliny, které nezasahují do vzdálenosti větší než 50 mm od trnu styčnickové desky, kterým jsou zřejmě způsobené, se neuvažují (Jelínek, 2012).

Dřevo na výrobu příhradových nosníků s prolisovanými trny může mít podélné zakřivení ve směru šířky nejvíce 4 mm na 2 m délky, podélné zakřivení ve směru tloušťky nejvíce 6 mm na 2 m délky, šroubové zakřivení nejvíce 2 mm na 25 mm šířky a na 2 m délky a příčné zakřivení nejvíce 2 mm na 100 mm šířky plochy.

Poloha styčnickových desek nesmí mít odchylky od správné polohy v návrhu více než o 10 mm v jakémkoliv směru. Trny styčnickové desky musí být zalisované kolmo k povrchu dřeva a povrch dřeva nesmí být zkroucen. Mezera mezi plochou desky a dřevem nesmí být větší než 1 mm a nesmí se vyskytovat na více než 25 % plochy připojené desky v jakémkoliv spoji. Kovové desky nesmějí podélně přesahovat přes okraje dřev. Dolní okraj desky v podporovém styčnicku musí být nejméně 3 mm nad spodním okrajem dřeva (Jelínek, 2012).

Pro příhradové nosníky s trojúhelníkovou příhradovinou je dovolen zjednodušený výpočet vyhovující-li následujícím podmínkám:

- vnější úhel mezi dvěma sousedními pruty je alespoň 180°
- úložná šířka je umístěna uvnitř délky a_1 pod styčnickem a vzdálenost a_2 není větší než $a_1/3$ nebo 100 mm, podle toho, co je větší

- výška příhradového nosníku je větší než 0,15násobek rozpětí a desetinasobek maximální výšky vnějšího prvku (<http://bova-nail.cz/> 20.3.2018).

Pro spojité pruty s příčným zatížením a s výraznými koncovými momenty (napětí v ohybu nejméně 40 % napětí v tlaku) se účinná délka l_{el} uvažuje:

Tabulka 3 Účinná uvažovaná délka

(Jelínek, 2012)

Na konci nosníku s momentem	0 (tj. vzpěr se neuvažuje)
V předposledním poli	1,0násobek délky pole
Ostatní pole a styčníky	Jako nosníky bez momentu

Pro spojité pruty s příčným zatížením, ale bez výrazných koncových momentů (napětí v ohybu je nejméně 40 % napětí v tlaku) se účinná délka l_{el} uvažuje:

Tabulka 4 Účinná uvažovaná délka bez momentů

(Jelínek, 2012)

Ve vnějším poli	0,8násobek délky pole
Ve vnitřním poli	0,6násobek délky pole
Ve styčníku	0,6násobek délky pole

Pro všechny ostatní případy je účinná délka l_{el} 1,0násobek délky pole.

Pro posouzení únosnosti tlačných prutů a přípojů se mají vypočtené osově síly zvětšit o 10 %. Musí se rovněž ověřit, že příčná stabilita prutu z roviny příhradového nosníku je vyhovující (Jelínek, 2012).

Minimální překrytí každého dřevěného prvku kovovou deskou s prolisovanými trny má být nejméně 40 mm nebo 1/3 výšky dřevěného prvku, podle toho, co je větší. Desky ve styčnicích mají překrývat nejméně 2/3 výšky prvků.

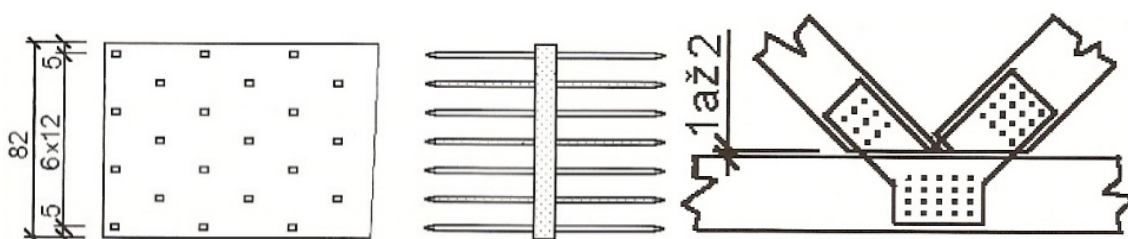
Podniky vyrábějící tyto nosníky používají k návrhu celé konstrukce počítačové programy, pomocí nichž se určí požadovaný průřez prutů, navrhnu velikosti styčnickových desek, jejich přesné umístění ve styčníku. Počítačově se vypracuje celá výkresová a výrobní dokumentace konstrukce, včetně zavětrování (Kuklík, 2005).

Střecha s nosníky s deskami s prolisovanými trny může mít také valbu, což při použití nosníků s jinými spojovacími prostředky prakticky není možné. Spád střešní

roviny, která valbu tvoří, je obvykle větší než spád střešních rovin ostatních. Pole velikosti valby je jeden nebo více nosníků pod valbou lichoběžníkového tvaru. Pod nároží jsou vloženy nosníky s přečnávajícím horním pásem. Na lichoběžníkové nosníky a na nárožní nosníky se uloží krátké nosníky námětkové. Všechny prvky valby se navrhnu a rozkreslí opět pomocí počítačového programu. (Jelínek, 2012)

Příhradové nosníky systému MKD

Systém MKD (Multi-Kraft-Dübel = mnoho-síla-kolík) se ve světě používá od roku 1995, v ČR od roku 2000. Pro spojení prutů příhradového nosníku ve styčnicku se



Obrázek 16 Styčnick MKD nosníku

(Motyčka, 2009)

používá ocelový plech tl.10 mm, na který jsou v předepsaných roztečích přivařeny ocelové hřeby délky 50 mm. Tyto plechy jsou zalisovány mezi dvě nebo tři vrstvy prvků příhradového nosníku.

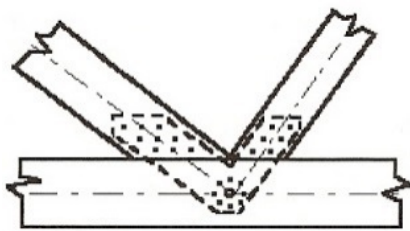
Ve styčnicích jsou pruty spojeny se vzájemnou vzdáleností 1 až 2 mm, takže tlakové síly jsou přenášeny spojovacími deskami, nikoliv kontaktem mezi pruty dřeva. Ve styčnicích nedochází k mimostřednému připojení prutů. Spojení dřevěných prvků je bez viditelných ocelových spojů (Kuklík, 2005).

Plechys jsou z oceli řady 52, hřeby mají obdélníkový průřez 3x4 mm. Na nosníky se používá jak dřevo rostlé, tak i lepené lamelové nebo vrstvené dřevo. Minimální tloušťka použitých dřev je 63 mm, obvykle jsou však používány tloušťky větší.

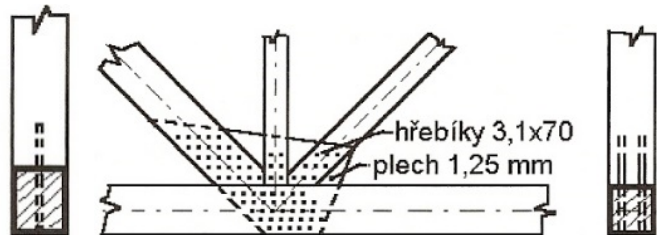
Příhradové nosníky MKD se používají pro větší rozpětí (až 50 m) a větší zatížení (Lorenz, 2005).

Příhradové nosníky s ocelovými kolíky.

Zde jsou všechny pruty příhradové konstrukce z hranolů, jejichž rozměry odpovídají v nich působícím silám. Ve styčnicích je do konců prutů vložen ocelový plech



Obrázek 18 Nosník s ocelovými kolíky
(Motyčka, 2009)



Obrázek 17 Nosník z nastřílených ocelových hřebíků
(Motyčka, 2009)

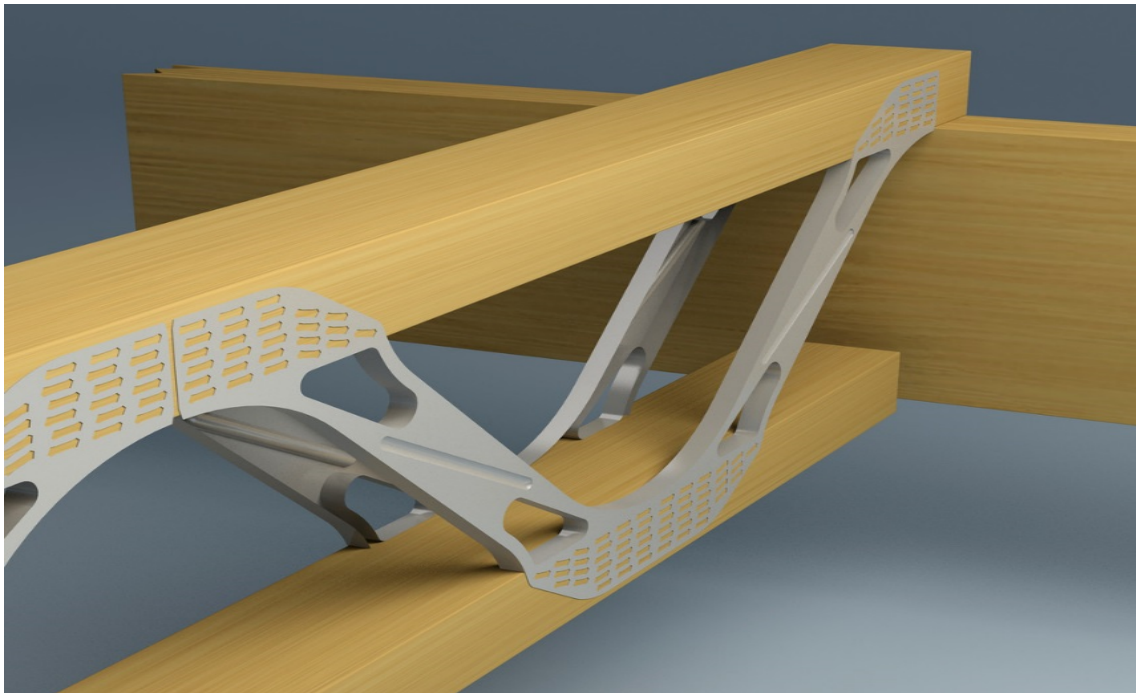
s otvory pro ocelové kolíky. V případě potřeby může být ve spoji použito plechů více. Vlastní spojení prutů je pomocí ocelových kolíků průměru 8 až 24 mm, jejich počet ve spoji je určen statickým výpočtem. Tento systém je technologicky velice propracovaný ve Švýcarsku (Callister, 2007). Vše je vyráběno pomocí výpočetní techniky, takže spoje jsou velmi přesné a tím také tuhé. Drážka pro plechy se provádí okružní pilou, tloušťka plechu je 5 mm. Z estetických důvodů jsou kolíky ve spoji umístěny buď v řadě nebo v kruhu (Lorenz, 2005).

Méně používaným způsobem provedení příhradových nosníků je nastřelování ocelových hřebíků přes vložené plechy. Všechny prvky jsou z hranolů, ve styčnickovém spoji je použit jeden, častěji dva, ale i čtyři nebo více zároveň pozinkovaných plechů malé tloušťky. Drážky do dřevěných prvků se zhotovují pomocí jednoúčelové okružní pily. Přes dřevo a přes plechy se z jedné nebo častěji z obou stran spoje nastřelují zakalené hřebíky (Kolb & Koželuh, 2011).

Tento způsob se používá v Německu a také u nás zejména pro větší rozpětí (<http://www.sema-soft.de/> 20.1.2018).

Příhradové nosníky s kovovými diagonálami.

Kovové diagonály nosníků jsou buď z prolisovaného plechu tvaru písmene V nebo trubkové. Z výrobního hlediska je třeba, aby všechny kovové prvky byly stejné a proto se používají u přímopásových nosníků.



Obrázek 19 Nosník s kovovými diagonály

(<https://hiveminer.com/Tags/spacejoist%2Cwood/Timeline> 30.3.2018)

Všechny diagonály mají stejný tvar a stejnou délku, k pásům z dřevěných hranolů jsou připojeny svými trny podobně jako u styčnickových desek s prolisovanými plechy.

Uvedené konstrukce jsou už více než dvacet let používány v USA a Kanadě, užívají se také v Německu a vyrábí se také na Slovensku. Nosník je velmi lehký, jeho nevýhodou je však malá požární odolnost (Callister, 2007).

4.3.7. Plnostěnné nosníky profilového průřezu

Plnostěnné nosníky mají zpravidla průřez tvaru I nebo uzavřený (komůrkový) průřez. Jsou sestaveny z horního, dolního pásu a poměrně tenké a vysoké stěny, popřípadě dvou i více stěn. Pásky z deskového řeziva, případně hranolů, se spojují se stěnou lepením nebo hřebíky a svorníky. Podle konstrukčního řešení rozlišujeme nosníky se stěnou ze dvou vrstev vzájemně se křížujících desek a nosníky, u nichž je stěna provedena z materiálu na bázi dřeva (Motyčka, 2009).

4.3.8. Tenkostěnné lepené nosníky.

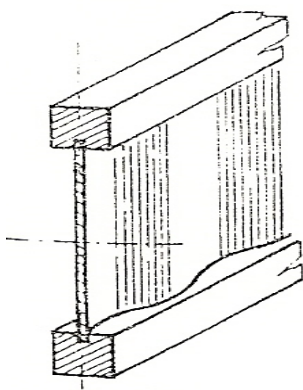
Stěny těchto nosníků se zhotovují z vodovzdorných překližek, tvrdých dřevovláknitých desek nebo dřevotřískových desek.

Lepené nosníky s překližkovou stěnou se skládají z pásů zhotovených z desek, které jsou přilepeny ke stěně z vodovzdorné překližky tloušťky alespoň 10 mm. Stěna

musí být proti vyboulení vyztužena příčnými (případně i podélnými) výztuhami, přibližně ve vzdálenostech 1/8 rozpětí nosníku. Nad podporou je účelné navrhnout i šikmou výztuhu (Motyčka, 2009).

Lepené nosníky se stěnou z tvrdých dřevovláknitých desek, dřevotřískových desek nebo dnes často z OSB desek mají obdobnou skladbu jako nosníky s překližkovou stěnou.

Pro stěny lepených nosníků se používá též vlnitá překližka, která má lepší parametry z hlediska boulení stěny. Konstrukční provedení nosníku – viz obrázek:



Obrázek 20 Nosník z vlnité překližky (Svoboda, 2013)

V severní Americe oblíbené nosníky průřezu I se stěnou z desek OSB jsou v poslední době vyráběny i v České republice. Pásky tvoří dřevěné hranolky, podle potřeby nastavované zubovitým spojem. Stěny jsou z desky OSB tloušťky 8–18 mm podle velikosti nosníku. Do pásů je pro spojení se stěnou vyfrézována úkosová drážka hloubky asi 20 mm a šířky podle tloušťky stěny. Drážka v pásech a úkos stěny mají takový tvar, že lepený spoj stěny s pásky je samosvorný (Motyčka, 2009).

Pro zvýšení únosnosti je stěna z desky OSB vložena do nosníku po jeho délce vždy ve směru její hlavní osy. Hlavní osa desky je ve směru podélné orientace třísek vnější vrstvy desky. Ve všech místech, kde působí osamělé břemeno, zejména v podepřeních, musí být nosník vyztužen pomocí přibitých dřevěných příložek (nebo z desek OSB či překližky). Nosníky průřezu I musí být řádně zajištěny proti klopení. U hromadně vyráběných nosníků výrobci udávají únosnosti nosníků ve formě tabulek nebo průsečíkových nomogramů (Svoboda, 2013).

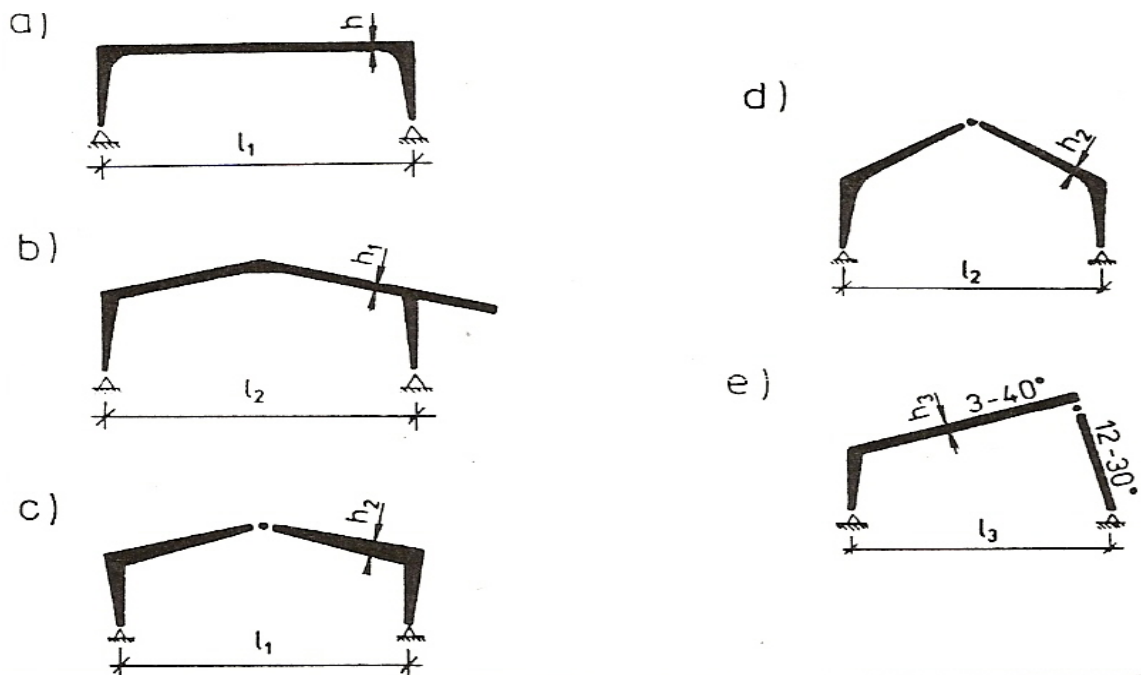
4.3.9. Uložené nosníků na podpory

Nosníky se ukládají buď na průběžné prvky osazené na svislých nosných konstrukcích, nebo na fošnové podložky osazené na zděné nebo betonové nosné konstrukce. Průběžnými prvky mohou být pozednice, dřevěný horní rám dřevostavby nebo dřevěný či ocelový průvlak. Podložka pod nosníkem při osazení na zdivo nebo beton má přesahovat úložnou plochu nosníku na všechny strany alespoň o 50 mm. Velikost podložky má být taková, aby ve styku nosníku a podložky nebyla překročena návrhová pevnost dřeva v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,d}$.

Dřevěná podložka i úložná plocha dřevěného prvku musí být impregnovány. Do pozedních pásů se připevní kotvy z páskové oceli pomocí vrutů, pro připevnění na průběžné dřevěné prvky se užijí kovové úhelníky. Pro přichycení na ocelový nosník se mohou použít kotvy se zářezem, umístěné diagonálně v páru. Kotvy podle potřeby mohou být přivařené (Jelínek, 2012).

4.4. Plnostěnné rámy a oblouky

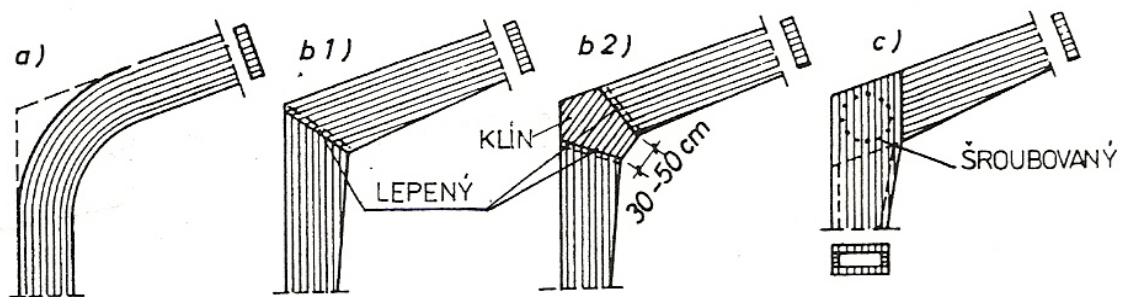
Základní tvary plnostěnných rámu:



Obrázek 21 Typy rámu

(Kuklík, 2005)

Rozpětí rámu se pohybuje od 10 m do 40 m podle typu rámu. Zásadním úkolem rámových konstrukcí ze dřeva je zhotovení styku rámové příčle a rámové stojky v místě rámového rohu.



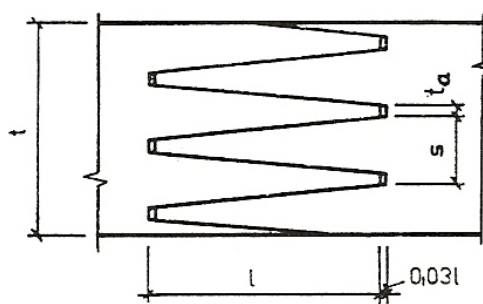
Obrázek 22 Typy rohových spojů

(Kuklík, 2005)

Často využívané řešení, které problém stykování obchází, je **zakřivením střednice rámu** v místě rámového rohu. Poloměr zakřivení by zároveň neměl být menší než 200násobek tloušťky prkna. Tloušťka prkna by se přitom měla pohybovat kolem 30 mm. Rámový roh potom posoudíme na normálové napětí v tlaku za ohybu. Uvážíme též vliv nelineárního průběhu napětí po výšce průřezu a dále vliv radiálních napětí. Pozornost je třeba věnovat též klopení, které většinou vyloučíme vyztužením rámového rohu (Kuklík, 2005).

4.4.1. Lepené rámové rohy.

Zajímavým spojem rámové příčle a stojky v místě rámového rohu je lepený zubovitý spoj. Do šikmo seříznuté příčle a stojky se vyfrézuje zazubení a obě části se slepí.



Obrázek 23 Lepený rámový roh

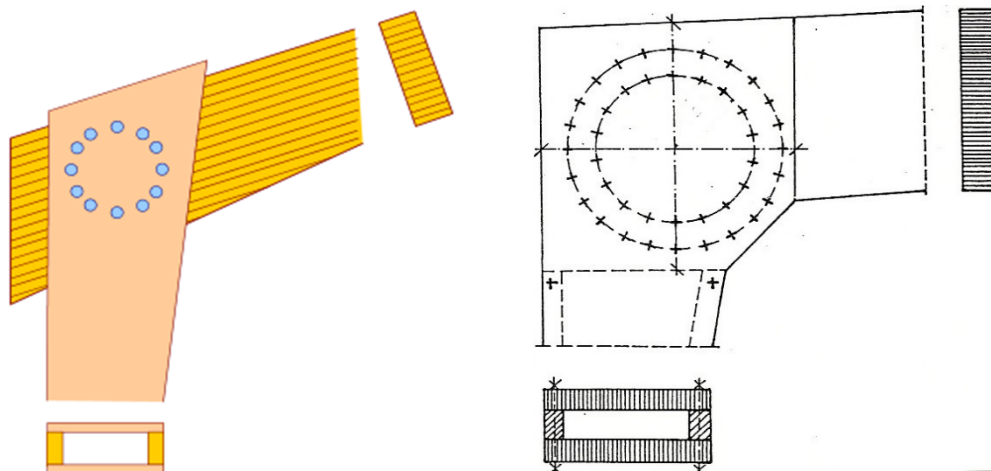
(Kuklík, 2005)

Problémem ovšem může být dlouhodobá pevnost lepeného spoje. Na tyto spoje je proto nutné aplikovat velice kvalitní lepidla. Zazubení se zhotovuje již na dílně, ale lepidlo se nanáší a spoj lisuje povětšinou až přímo na stavbě. Velice důležité je zhotovení zazubení z pohledu sklonu zubů a s tím vyplývající hustoty zubů (Kuklík, 2005).

4.4.2. Šroubované rámové rohy.

Jsou velmi vhodným spojením styku příčle a stojky v rámovém rohu. Dovolují složení rámové konstrukce na stavbě v obvyklých podmínkách a popřípadě i její následující rozebrání. Na jejich provedení lze využít různých spojovacích prostředků – kroužků, kolíků i svorníků. Pro všechny tyto typy spojovacích prostředků zároveň platí, že nejlepší je jejich uspořádání do kruhu či mezikruží (ČSN EN 1995-1-1).

Uspořádání spojovacích prostředků do pravoúhlé sítě či sítí, které se může zdát geometricky výhodné, nelze doporučovat pro náchylnost ke štípaní dřeva (Kolb & Koželuh, 2011).



Obrázek 24 Detaily rohového spoje

(Kuklík, 2005)

4.5. Oblouky

Oblouková konstrukce je konstrukční soustavou, která je vhodná jak na velká, tak i malá rozpětí. Nejrozšířenější je trojkloubový oblouk s táhlem, využívaný na zastřešení halových konstrukcí za situace, že táhlo esteticky, a hlavně funkčně nevádí.

V současné době je velká pozornost dávána obloukovým konstrukcím bez táhla, které se aplikují na stále větší rozpětí. Doposud byly obvykle používány na konstrukce do rozpětí 60 m trojkloubovými oblouky, které se realizovaly z elementů délky 30 až 35 m bez montážních styků (Kolb & Koželuh, 2011).

V případě, že rozpětí překročí 60 m, je provedení oblouku podstatně náročnější. Předně musí být proveden statický výpočet podle teorie 2. řádu (rovnováhy sil na deformované konstrukci), a za druhé se nevyhne provedení montážních styků průřezu oblouku (Kolb & Koželuh, 2011).



Obrázek 25 Příklad obloukové konstrukce z lepeného dřeva

(<https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/11740-pozoruhodne-drevene-konstrukce-ze-severni-ameriky>
10.2.2018)

4.6. Římsy

Římsa v budovách zastřešených příhradovými nosníky se obvykle vytváří prodloužením horního pásu. Je však možné prodloužit také pás dolní. Větší vyložení římsy je možné udělat uložením příhradového nosníku až na styčník (Hanzalová, 2002).

Protože není vhodné používat hřebíky nebo vruty umístěné do čelního dřeva, to je rovnoběžně s vlákny, vyrábí se pro zhotovení vnějšího obložení nosníku ocelové čelní spojky. Prkna obložení se k nim připevní krátkými kroužkovými hřebíky nebo vruty. Pro vytvoření rovného podhledu římsy se na konec nosníku připevní prkenný námětek, který se podle potřeby podepře také ve zdi. Námětek může být také součástí nosníku (Jelínek, 2012).

4.7. Podélné střešní ztužidlo

Podélné ztužidlo zabezpečuje při montáži svislou polohu nosníků. Statický význam má jen při působení příčných sil na spodní pás nosníků, což je výjimečné. Podélné ztužidlo se umísťuje v místech zalomení tlačného pásu, v místech jeho nastavení a v podporách. Toto ztužidlo probíhá obvykle ve všech polích, tj. po celé délce střechy. Jeho funkci mohou v některých polích převzít dřevěné prvky, na které je osazen střešní světlík. U sedlových střech je podélné ztužidlo vždy pod hřebenem. U trojúhelníkových nosníků je v místě největší výšky střechy. Při větších rozpětích a při nosnících lichoběžníkového tvaru se používají též podélná ztužidla okapová. Podélné ztužidlo může být umístěno na nosníky také ve skloněné rovině. (Jelínek, 2012)

Při dřevěném provedení podélného ztužidla se průřezy prutů volí tak, aby štíhlostní poměr byl „lambda“ menší nebo roven 200. V nejjednodušších případech při malých vzdálenostech nosníků je podélné zavětrování vytvořeno šikmo přibitými prkny na svislice nosníků, a to přes jedno nebo dvě pole. Často se používá přibitých zkřížených prken ve tvaru Ondřejova kříže opět přes jedno či dvě pole (<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018).

Pro podélná ztužidla je možné použít také zavětrovací pásy vždy jako Ondřejovy kříže mezi sousedními nosníky. Pásy ztužidla tvoří dřevěné hranoly, řádně připojené k nosníkům. Pro horní pás ztužidla může být případně použita hřebenová vaznička. Zavětrovací pásy jsou zdvojené a hranoly vytvářející pásy ztužidla se přibijí kroužkovými hřebíky. (Jelínek, 2012)

Podélné zavětrování konstrukcí střech s příhradovými nosníky s prolisovanými trny se provádí dřevěnými prvky podle výše uvedeného textu, které jsou připevněny obvykle na diagonálách. V blízkosti podepření nosníků se dává jako podélné zavětrování napříč nosníků průběžný hranol, který je připevněn na každém nosníku vždy dvěma krátkými hranoly, a to z obou stran nosníků. (Jelínek, 2012)

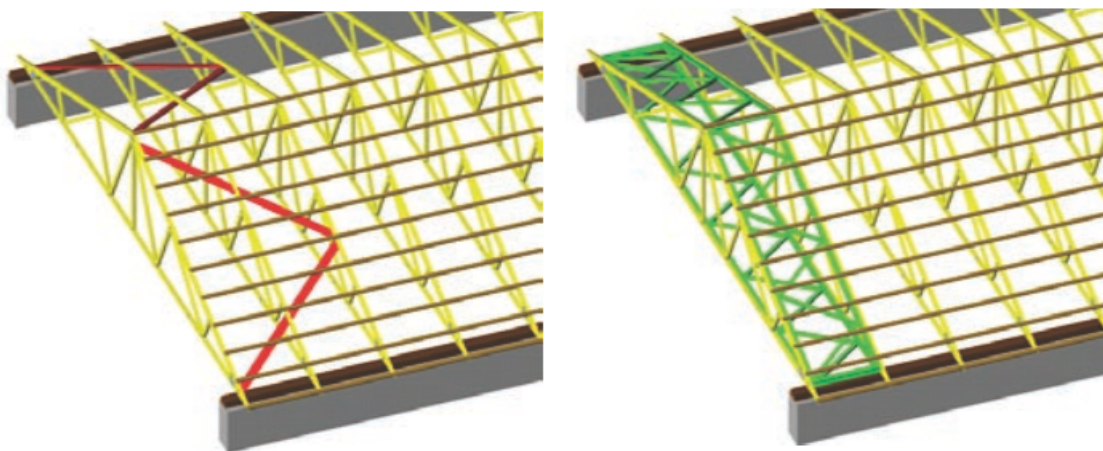
4.8. Konstrukční zásady ztužení vazníků

Ztužení prostorových konstrukcí spojených styčnickovými deskami s prolisovanými trny. Příhradové konstrukce se styčnickovými deskami s prolisovanými trny jsou velmi tuhé v rovině vazníku, ale poměrně nestabilní ve směru z roviny. Kvůli tomu je potřeba při projekci konstrukce zhotovit příslušné prostorové ztužení.

Prostorové ztužení lze rozdělit do skupin:

- 1) Ztužení bránicí odchýlení v rovině střechy
- 2) Ztužení v rovině dolních pasů
- 3) Ztužení bránicí vybočení z roviny vazníku
- 4) Ztužení tlačných diagonál
- 5) Ztužení bránicí vybočení v rovině střechy

Ztužení bránicí odchýlení v rovině střechy se navrhuje v momentě, že střešní plášť nezaručí dostatečnou tuhost na to, aby zajistil přenos sil v rovině střechy. Ztužení se provádí s podélnými prvky (vaznicemi a latěmi) spojujícími jednotlivé vazníky s diagonálními prvky ztužujícími konstrukci. Úlohu diagonálních prvků můžou přebrat ztužující příhradové vazníky vložené mezi horní pásy (<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018).



Obrázek 26 Ztužení v rovině střechy diagonály a pomocí zavětrovacího vazníku

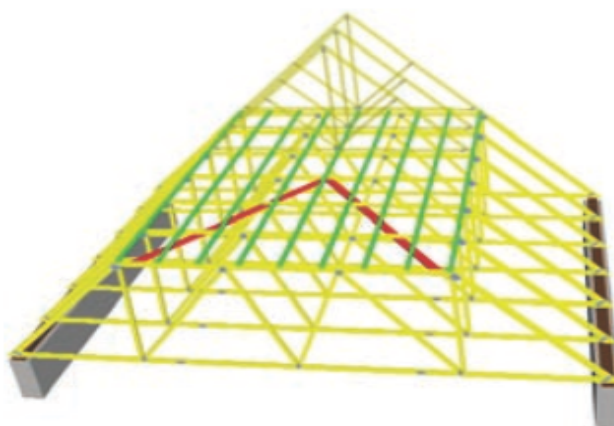
(<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)

Podélné prvky zabraňují vychýlení horních pásů vazníku. Obvykle jsou pro horní pásy umístěny 600 mm od sebe. Jako podélné prvky ztužení se běžně užívají střešní latě nebo vaznice. Střešní latě by se ovšem neměly používat, pokud jsou vazníky ve větších rozstupech. Veškeré přípoje je třeba navrhovat s ohledem na konstrukční požadavky dané normou. Nelze-li zajistit požadované parametry spojovacích prostředků při nastavování latí, je potřeba tyto spoje střídat takovým způsobem, že latě nejsou spojovány na stejném vazníku (Kolb & Koželuh, 2011).

Diagonální prvky tuží konstrukci a většinou také přenášejí vodorovné síly větru v podélném směru. Využívají se nejen dřevěné prvky, ale i ocelové zavětrovací pásy. Diagonální prvky mohou být nahrazeny zavětrovacími vazníky. Musí se dbát na to, aby tyto vazníky byly navrženy na celou délku horních pásů. V místě zalomení (např. hřeben střechy), a s tím související propojení zavětrovacích vazníků, je nezbytné zabezpečit propojení vazníků zajišťující přenos sil dle statickému výpočtu. Zavětrovací vazníky se mnohdy využívají jako část tzv. ztužujícího pole, které se skládá se ze ztužujících vazníků spodních pásů a v rovině střechy a dvou sousedních střešních vazníků. Aplikování zavětrovacích vazníků (resp. ztužujících polí) sebou přináší hojné množství pozitiv, od nenáročné výroby po montáž a uložení do stavby, kde zároveň funguje jako ztužidlo při montáži ostatních vazníků (<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018).

Umístění ztužujících prvků (diagonály nebo ztužující pole) odolávajících větru musí korespondovat požadavkům normy (ČSN 73 1701 čl. 175), tj. u budovy delší než 12 metrů minimálně dvě ztužidla, maximální vzdálenost ztužidel 25 metrů.

Důležité je také věnovat pozornost horizontálně děleným vazníkům. Pečlivé ztužení je třeba zabezpečit i u horního pásu spodního vazníku ve styčné spáře.



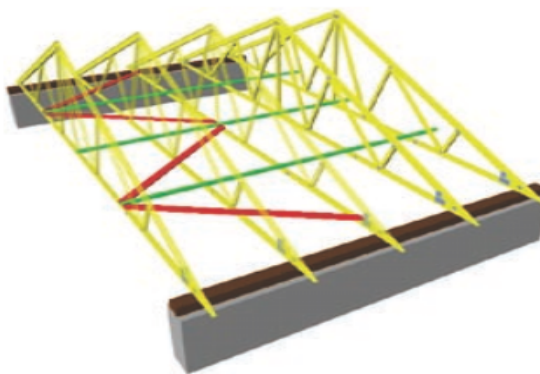
Obrázek 27 Ztužení horního i spodního pásu

(<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)

Ztužení v rovině dolních pásů

Ztužení dolních pásů v rovině zajišťuje vyžadovanou distanci vazníků, zamezuje bočnímu posunu spodních pásů způsobeného horizontálními silami (např. vítr v podélném směru) a zkracuje vzpěrnou délku tlačných pásů. Ve spodních pásech se tlakové síly můžou vyskytovat při sání větru, eventuálně vychází rovnou ze statického schématu (např. u mezilehlých podpor) (ČSN 73 1701).

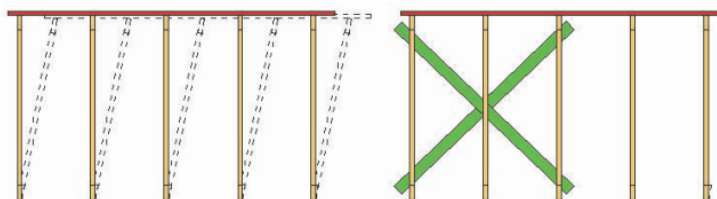
Spodní pásy se nejběžněji ztužují podélnými výztuhami, jenž doplňují buď zavětrovací vazníky nebo diagonální prvky (obr. 28) vkládanými mezi pásy. Je-li nutné nastavovat podélné výztuhy, překrytí by se mělo provést nejméně přes jedno pole. Vzdálenost ztužujících diagonál (respektive ztužujících příhradových vazníků) by neměla přesáhnout 25 metrů (Kuklík, 2005).



Obrázek 28 Ztužení dolních pásů

(<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)

Ztužení není potřeba, pokud jsou spodní pásy staženy dostatečně tuhým podhledem. Vybočení z roviny vazníku:

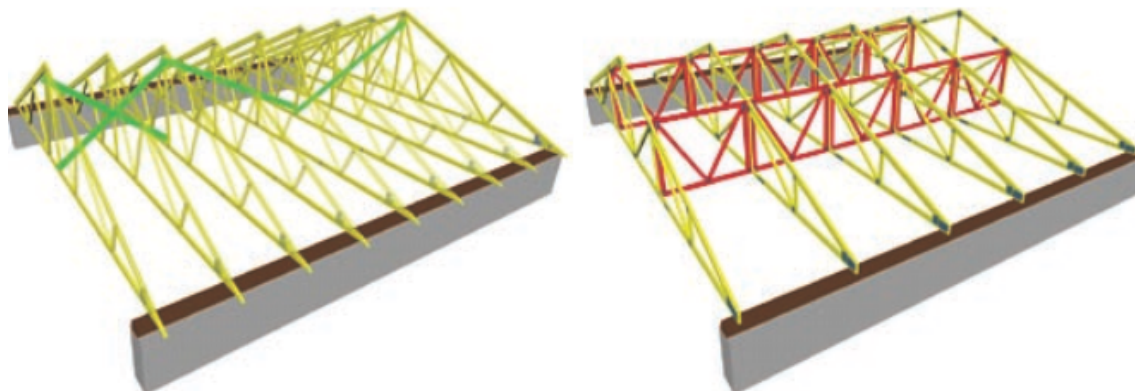


Obrázek 29 Působení větrování proti vybočení

(<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)

I přesto, že je správně zhotoveno ztužení konstrukce v rovině spodních pásů i v rovině střechy, je potřeba zamezit vybočení vazníků z roviny, eventuálně jejich odchýlení od svislé pozice (schéma viz obr. 29). Z tohoto důvodu je nutné mezi vazníky vytvořit příslušné ztužení. To se provádí v podélném směru v rovinách mezilehlých prutů

(diagonál či stojen), pomocí ondřejských křížů či kombinace ondřejských křížů a klesajících a stoupajících diagonál (obr. 30) (<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)



Obrázek 30 Ztužení proti vybočení z roviny

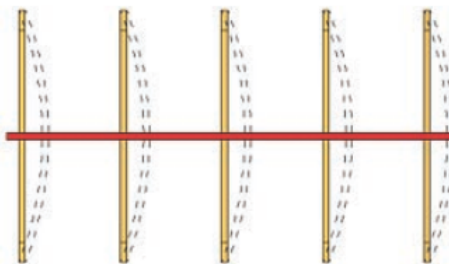
(<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)

Při větších vzdálenostech vazníků se dají využít i odlišné druhy ztužení, efektivní je využití krátkých příhradovin vložených mezi vazníky (obr. 31). Příhradoviny lze vyrobit také za pomoci styčnickových desek s prolisovanými trny, které se pak chovají jako tuhé desky a podporují větší prostorovou tuhost konstrukce.

Ztužení tlačných diagonál

Dlouhé tlačené výplňové pruty jsou poměrně štíhlé a často nevyhoví na vzpěr z roviny vazníku. Musíme proto navrhnout taková konstrukční opatření, která dostatečně sníží štíhlost prutu. To lze docílit buď zvětšením jeho tuhosti nebo zkrácením vzpěrné délky prut (Remeš, 2017).

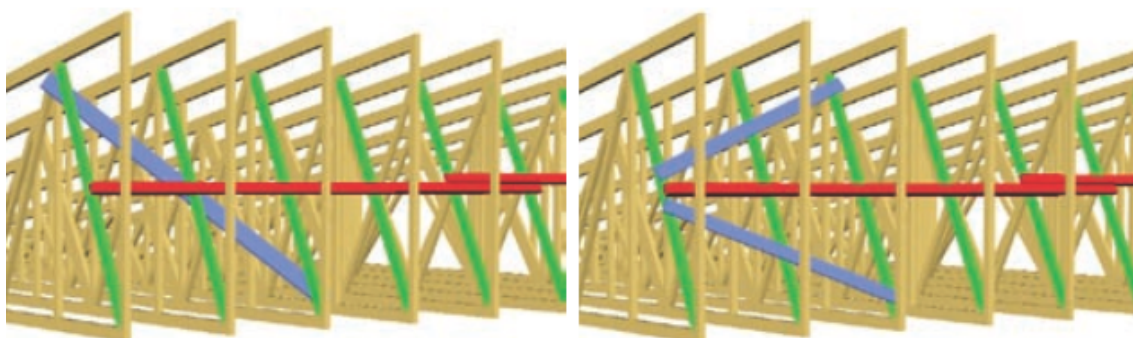
Přidáním průběžných vodorovných výztuh lze zmenšit vzpěrnou délku z roviny vazníku. Je nezbytné tyto výztuhy nepoddajně ukotvit, aby se zabránilo vybočení konstrukce, protože jinak je tu hrozba vybočení celé skupiny výztuhou spojených dílců (viz obr. 32)



Obrázek 31 Vybočení skupiny dílců

(<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)

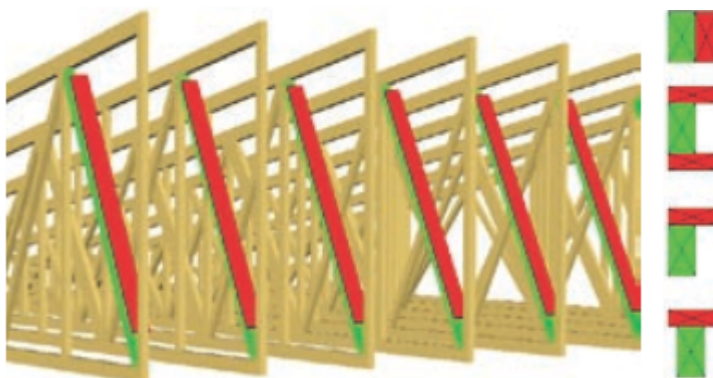
Přidáním diagonálních prvků do roviny se nejsnadněji ztuhí dílce a zhotoví nepoddajné ukotvení.



Obrázek 32 Možnosti vložení tuhých výztuh

(<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)

Podélné výztuhy nelze využít v místech, kde se střídají vazníky s odlišným uspořádáním diagonál. Vzpěrnou délku tu lze snížit příložkami tlačенých prvků (obr. 33), protože mohou mít odlišné uspořádání vůči vyztužovanému prvku (viz obr. 34), vzhledem k odlišnému osazení vazníku v konstrukci. Spojovací prvky příložek by měly být schopné přenést odpovídající smykové napětí mezi příložkami a vyztužovaným prutem (<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018).



Obrázek 33 Ztužení tlačенých prvků příložkami

(<http://bova-nail.cz/> 21.2.2018)

4.9. Příčná střešní ztužidla kovová

V současné době se příčné zavětrování dělá přímo pomocí kovových prvků, a to buď ocelovými zavětrovacími pásy, nebo tyčemi z kruhové oceli. Zavětrování z uvedených prvků má vždy tvar Ondřejova kříže (Remeš, 2017).

Zavětrovací pásy jsou průřezu 2/40, 3/40, 2/60 nebo 2/80 mm. Po celé své délce mají otvory o průměru 5 mm v různém uspořádání. Na stavbu se dodávají svinuté v délce několik desítek metrů. Na nosníky se přibíjí kroužkovými (též konvexními) hřebíky o průměru 4 mm (Jelínek, 2012). O únosnosti pásů obvykle rozhoduje počet použitých hřebíků. Před připevněním zavětrovacích pásů je nutné jejich řádné napnutí. Výrobci pásů proto zapůjčují uživatelům různé typy napínáků. Je-li potřeba přenášet větší síly, je možné dát více pásů vedle sebe.

Důkladnější připojení zavětrovacích pásů k nosníkům se může udělat speciálními přípojkami zavětrovacích pásů. Přípojka se zapustí do drážek ve dřevě nosníků a zajistí se ocelovými kolíky. Spojení se zavětrovacím pásem a napnutí se provede přípojkou zavětrování se závitovou tyčí s pravým a levým závitem. Pásy je možno napnout, a to i dodatečně dopínací spojkou. Nosník je potřeba v místě připojení zavětrovacích pásů posoudit na příčný tah (Kuklík, 2005).

Všechny kovové součásti zavětrování jsou vyráběné ve více velikostech. Výrobci v nabídkových katalozích udávají jejich únosnosti.

Diagonály příčných ztužidel, vyrobených jako táhla z kruhové oceli opatřená na koncích závitem, je možné připojit k nosníku pomocí klínových podložek, případně uvedenými přípojkami zavětrovacích pásů a přípojkou skládající se ze závitové části a dlouhé matice pro průměr táhla 12 nebo 16 mm (Remeš, 2017).

Pro velké dřevěné konstrukce např. stadiónů a hal, které jsou obvykle vyrobené z lepeného lamelového dřeva a ponechávají se viditelné v pohledu, se vyrábí povrchově upravený kovový systém zavětrování. Táhla z oceli od průměru 6 mm jsou korozi-vzdorná a leštěná. K systému se dodávají i potřebné upevňovací a napínací prvky. Ty se utahují běžnými klíči. Čelist'ové kleště musí mít ochranu proti poškození povrchu táhel. Táhla zavětrování se připojují kloubově na styčnickové plechy vložené do dřeva. V křížení jsou táhla napojená na kruhové desky, které umožňují stykovat až devět táhel, která musí být v jedné rovině. Pro zmenšení průhybu se dlouhá táhla vyvšují krátkými táhly za spojky s přivařeným okem na nosnou konstrukci (Jelínek, 2012).

5. Prostorové dřevěné konstrukce

U rovinných dřevěných konstrukcí se neuvazuje obvykle se spolupůsobením sousedních příčných vazeb (rámů, nosníků, oblouků), zavětrování, vaznic a střešního pláště. Z toho vyplývá, že rovinné konstrukce projektujeme za předpokladu, že jednotlivé prvky střešní konstrukce jen roznášejí a přenášejí vnější zatížení.

Prostorové dřevěné konstrukce bývají realizovány tak, aby působily v prostoru jako celistvý blok, kde se na únosnosti konstrukce podílejí všechny prvky. Prostorové působení s využitím pomocných prvků zvýší únosnost konstrukce a zvýší se též ekonomičnost takového typu zastřešení (Kolb & Koželuh, 2011).

Důležité je zohlednit trvanlivost těchto konstrukcí, obzvláště z hlediska případného napadení dřevokaznými houbami. Na prostorové konstrukce je nutné používat ošetřené dřevo.

Prostorové konstrukce se na rozdíl od rovinných konstrukcí při poškození jednoho prvku obyčejně nezřítí, protože přilehlé prvky jsou prostorově spojeny a mohou tak nahradit ztrátu únosnosti poškozeného prvku. Prostorové konstrukce není dobré užívat nad vlhkými provozy, u objektů s úžlabím, ve kterých je riziko hromadícího se sněhu a pro zastřešení vysokých prostor s malým rozpětím (Kolb & Koželuh, 2011).



Obrázek 34 Prostorová skořepina

(<http://www.sema-soft.de/> 30.1.2018)

6. Návrh dřevěných konstrukcí

6.1. Protipožární opatření

6.1.1. Hlavní zásady

Postupy pro navrhování dřevěných konstrukcí na účinky požáru jsou uvedeny v ČSN EN 1995-1-2. Eurokód 5 se zabývá specifickými aspekty pasivní požární ochrany tím, že se podle něho navrhuje konstrukce a jejich části na odpovídající únosnost s ohledem na předepsanou dobu normové požární odolnosti. Požaduje-li se v případě požáru odolnost z pohledu stavební mechaniky, konstrukce musí být navrženy a realizovány takovým způsobem, aby si udržely nosnou funkci během příslušného požárního namáhání - Kritérium únosnosti „R“ (Reinprecht, 2008).

Požaduje-li se rozdělení na požární úseky, je třeba odpovídající prvky navrhnout a provést tak, aby si uchovaly svou požárně dělící funkci během příslušného požárního namáhání:

- nesmí dojít k porušení celistvosti následkem trhlin, děr nebo jiných otvorů dostatečně velkých na to, aby způsobily pronikání požáru prostřednictvím horkých plynů nebo plamenů - Kritérium celistvosti „E“.
- nesmí dojít k porušení izolace následkem teplot ohni nevystaveného povrchu, přesahujících přípustné meze - Kritérium tepelné izolace „I“.

Prvky musí vyhovovat kritériím R, E a I takto:

- pouze požárně dělící: E a I
- pouze nosné: R
- požárně dělící a nosné: R, E a I (Motyčka, 2009).

Tepelná a mechanická zatížení – musí se určovat podle ČSN EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí. Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.

Materiály – odolnost materiálu proti účinkům požáru popisuje hlavně hloubka zuhelnatění, která je dána rychlostí jeho zuhelnatění. Zuhelnatění musí být uvažováno pro všechny povrchy přímo namáhané požárem (Svoboda, 2013).

Účinný průřez – má se určit tak, že původní průřez zmenšíme o účinnou hloubku zuhelnatění.

Únosnost – v ohybu, tlaku a tahu je možno vypočítat při užití zbytkového průřezu.

Obecné metody požadavky výpočtu:

V obecném případě se má vypočítat únosnost a tuhost průřezu s použitím:

- hloubek zuhelnatění nebo obecných modelů zuhelnatění
- teplotních profilů ve zbytkovém průřezu
- profilů vlhkosti ve zbytkovém průřezu
- vlastností pevnosti a tuhosti závislých na teplotě a vlhkosti (Reinprecht, 2008).

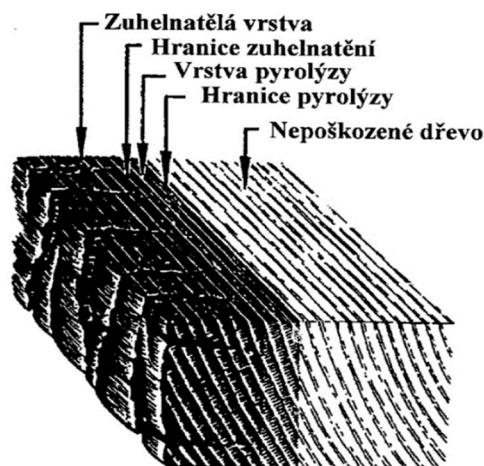
6.1.2. Požární úseky

Požární odolnost stavby (schopnost stavby odolávat účinku požáru bez porušení základních funkcí) je dána jejím celkovým projekčním řešením:

- urbanistické začlenění objektu (odstupová vzdálenost podle normy)
- dělením objektu na požární úseky (dělicími konstrukcemi jako jsou požární stropy, požární stěny apod.)
- řešení požárních úseků (což je požární zatížení → požární riziko → stupeň požární bezpečnosti → požadavky na materiál v požárním úseku a na materiálovou skladbu → stupeň hořlavosti, rychlost šíření plamene, rychlost prohořívání dřevěného prvku anebo panelového systému i celková stabilita objektu při požáru (Jindřichová, 1999).

Zlepšení materiálové skladby se dá dosáhnout i chemickou ochranou – aplikací retardérů hoření

- na požárně fyzikálně-tvarové vlastnosti prvku a způsob jejich umístění → například šíření plamenu je méně intenzivní u horizontálně orientovaných prvků, při menší rychlosti proudění vzduchu anebo bez cirkulace vzduchu, při obložení prvku minerálními materiály typu omítka/sádrokarton/požárními obklady.
- projektování únikových cest a zásahových prostor (Jindřichová, 1999).



Obrázek 35 Odhořívání dřeva

(Jindřichová, 1999)

6.2. Hydroizolace proti vnikání vody do dřevostavby

Dřevostavby je nutné dokonale izolovat vůči spodní a srážkové vodě, při současném zachování paropropustnosti podlah i střechy. Dále je důležitá správná instalace, provoz a údržba vodovodních a topných potrubí i funkčních jednotek – umyvadla, radiátory a podobně (Dudas & Čellár, 2000).

6.2.2. Hydroizolace základů

Potenciálními zdroji přísunu vody do základového zdiva je voda spodní, voda kapilární v zemině, voda zkondenzovaná na základovém zdivu anebo dešťová odstříkující voda.

Z opatření, které brání průniku vody ze základů do stěn dřevostavby je možné uvést hlavně tyto:

- výška základu od země má být dostatečná pro konkrétní objekt (minimálně 30 cm)
- mezi základem a dřevěnou stěnou (věncový trám, sendvičový panel apod.) musí být hydroizolační vrstva
- základ i stěnu je třeba chránit před odstříkující vodou (Dudas & Čellár, 2000).

6.2.3. Hydroizolace střešního pláště

Střešní plášť by měl v dostatečné míře překrývat obvodové stěny dřevostaveb aneb i jiných staveb s venkovním dřevěným obkladem, aby nedocházelo k promáčení dřevěných prvků srážkovou vodou (Kolb & Koželuh, 2011).

Na hydroizolaci šikmých střech se používají různé druhy krytin, a to: pozinkovaný plech, měděné pláty, živičný šindel na základě asfaltových plátů, šindel s různými jeho modifikacemi (štípaný, s měděnou folií apod.), keramické tašky, rákos, sláma a jiné. Krytiny se ukládají většinou na vodorovné laťování, v kombinaci s pojistnou hydroizolační (paropropustnou) folií (Dudas & Čellár, 2000).

Velmi důležité je dobré provětrávání střešní krytiny od spodu, aby nedošlo k vlhnutí a promočení laťování, krokví anebo tepelné izolace, a to jednak pod vlivem prosakování určitého množství dešťové vody přes pórovité typy krytin (dřevěný šindel) a také vlivem vodních pár difundujících z vnitřku objektu a kondenzujících na krytině. Zvýšenou pozornost (projekční, realizační i udržovací) je třeba věnovat žlabům, přelomům střech a komínům, jelikož v těchto místech se vyskytují nejčastější poruchy střech spojené s promáčením dřeva. Poškozenou krytinu je důležité okamžitě vyměnit anebo opravit, aby se zabránilo vniknutí dešťové vody přes střechu do objektu, například na dřevěném prvku krovu (Reinprecht, 2008).

6.2.4. Vzduchové izolace mezi dřevem a jinými materiály

Kapilární přenos vlhkosti do dřeva je typický při kontaktu dřeva s jinými vlhkými pórovitými a hygroskopickými materiály, jako je beton, kámen, cihla apod. Kapilární přenos vody do dřeva se však nezdívka uskutečňuje i při jeho kontaktu s některými nepórovitými materiály s podstatně odlišnou teplenou vodivostí jako dřevo (Dudas & Čellár, 2000). Typickým příkladem je kontakt dřeva s kovy (gang-nail destičky, svorníky, táhla) použitím na spojování anebo zpevnění dřevěných prvků. Nebezpečný je tu vznik vodního kondenzu na kovech a jeho kapilární přenos do dřeva. Nebezpečné jsou i kontakty dřeva s bariérovými paronepropustnými typy izolací, například PVC. Spodní kapilární, případně i jiná forma vody se pod touto izolací blokuje, neodpařuje se, ale kapilárně vzlíná hlouběji do průřezu (Kuklík, 2005).

V interiérech dřevostaveb je důležité, aby se dřevěné prvky úplně neuzavřeli do zdíva, do folií, a podobně. Například staré normy uvádí, že při uložení trámů do zdíva se musí vytvořit minimálně 50 mm vzduchová mezera mezi prvky, přičemž trám usedá na izolační vrstvu, kterou obvykle bývá biocidem impregnovaná dřevěná (např. dubová) podložka (Dudas & Čellár, 2000).

6.3. Regulace klimatických podmínek v dřevostavbě

Jednou z nejdůležitějších úloh konstrukční ochrany dřevostaveb je regulace klimatických podmínek v interiéru (relativní vlhkost, teplo, tlak a cirkulace vzduchu). Od nich se odvíjí optimalizace některých fyzikálních procesů v konstrukčních materiálech i v celém objektu:

- prostup tepla a pohyb vlhkosti ve volné prostoru, ve dřevě, dřevěných kompozitech, panelových systémech, i v jiných materiálech zabudovaných do objektu, s důrazem na zabránění tvorby vodního kondenzu
- proudění vzduchu v objektu (provětrávání a odvětrávání střešního pláště, pravidelné větrání apod.) (Reinprecht L. , 1999).

6.3.2. Stabilizaci rovnovážné vlhkosti dřeva

Konstrukční ochrana dřeva je v daných souvislostech těsně spojená se stavebně-konstrukčními opatřeními, stavební fyzikou, tepelnou technikou a vzduchotechnikou (Reinprecht L. , 1999).

6.3.3. Parozábraných folií

Příkladem konstrukční ochrany je i použití tepelných izolací obvodových plášťů a střech s cílem zabránit tvorbě vodního kondenzu na chladnějších plochách, například v rohu místnosti (kondenzace je typická v zónách objektu oddělujících dva typy prostředí, tedy v zónách se spádem vlhkostních i teplotních potenciálů, kde nastává proces vyrovnávání těchto prostředí „útlum potenciálů“) (Reinprecht L. , 1999).

Způsobem provětrávání a odvětrávání (při provětrání střech je důležité odvádět z objektu jednak vlhkost difuzní z vnitřního prostředí „primární kondenz“, a taktéž vlhkost atmosférickou kondenzovanou ve střeše „sekundární kondenz“. Provětrávání je účinnější u strmějších střech) (Dudas & Čellár, 2000).

6.3.4. Izolace proti vodě srážkové, spodní a podobně.

Při výraznějších a náhlých změnách klima se ve dřevě a dřevěných materiálech mohou tvořit i mechanické defekty (trhliny, tvarové deformace) hlavně v prvcích tvrdých listnáců (dub, buk). Například špatně naklimatizované (sušené) podlahové vlysy, které byly do objektu zabudované ve stavu vyšší vlhkosti vzhledem k rovnovážné vlhkosti, se po krátkém čase vlivem sesychání vznikají spáry (Reinprecht L. , 1999).

Obvodový plášť dřevostaveb se zvýšenými nároky na tepelnou ochranu

Nároky na tepelnou ochranu budov se kromě zpřísněných požadavků tepelně technických norem projeví v řadě dalších standardech, které posouvají hranici energetické spotřeby budovy až k nulové hranici (Štefko & Sedlák, 2001).

Na tepelných ztrátách se podstatně podílí transmise tepla obalovým pláštěm budovy. Podíl tepelných ztrát závisí na úrovni tepelné ochrany budov a těsnosti konstrukcí výplní otvorů i samotném plášti (Štefko & Sedlák, 2001).

Zvýšené nároky na tepelnou ochranu se promítli například do zesílených tloušťek tepelných izolací sendvičových skladeb. Z pohledu tepelné ochrany a při současných normativních požadavcích, jsou aktuální sendvičové pláště budov na bázi dřeva s vrstvou vysokoúčinné tepelné izolace. Také konstrukční systém je charakterizovaný nízkou hmotností a objemem nosných prvků konstrukce. To umožňuje aplikaci tepelných a zvukových izolací bez neúměrného zvětšování tloušťky samotné konstrukce. Typické skladby plášťů pro různé úrovně standardů (Dudas & Čellár, 2000).

Když porovnáváme současnou standardní nabídku výrobců stavebních hmot a konstrukcí pro obytné budovy na různé materiálové bázi, při přibližně stejné investiční náročnosti (pokud se vezme do úvahy i montáž stavební firmou), jsou tepelně-technické charakteristiky stěn ve skladbě dřevěných montovaných domů podstatně lepší. To se promítá i do celkové nižší spotřeby energie na vytápění (Štefko & Sedlák, 2001).

Další zvyšování tloušťky tepelné izolace je limitované energeticko-ekonomickým kritériem a v současné situaci nejbližší době nebude mít zřejmě smysl. Pro zlepšení tepelné ochrany proto přicházejí do úvahy také technologie, které využívají specifické jevy při sdílení tepla. Takovými jsou například dynamické tepelné izolace, transparentní tepelné izolace anebo vzduchové vrstvy s reflexními povrchy.

Zlepšení tepelněizolačních vlastností pláště s uzavřenou vzduchovou mezerou s reflexními povrchy (reflexní izolaci) je založené na principu snížení přechodu tepla radiací touto vrstvou (Reinprecht, 2008).

Teplo prochází přes uzavřenou vrstvu podle obrázku třemi způsoby:

- 1) vedením (kondukcí)
- 2) prouděním (konvekcí)
- 3) sáláním (radiací)

Přičemž poměr jednotlivých složek je velmi závislý na vyplňujícím materiálu, povrchu vrstvy a její rozměry.

Většina izolací funguje na základě obsahu určitého množství plynu, či už v uzavřených pórech (pěnoplastické hmoty), anebo v prostorech navzájem pospojovaných (vláknité izolační materiály). Tyto látky, stejně jako pevné, redukuje průchod tepla prouděním a z důvodu obsahu plynu také vedením. Různé typy izolací redukuje průchod tepla vedením, prouděním a sáláním rozdílnými způsoby. V důsledku toho každá izolace vykazuje jiný součinitel tepelné vodivosti λ (Štefko & Sedlák, 2001).

Primární funkcí reflexních izolací je omezit tepelný tok způsobený radiací, který tvoří významnou složku z celkového tepelného toku přes uzavřenou vzduchovou vrstvu. Povrch reflexní folie (zpravidla hliníkové) zabraňuje tomuto jevu s účinností až 97 %. Význam průchodu tepla radiací se ukázal při konstrukci oken, kde se podařilo tvrdým pokovením skel (vytvořením určité odrazivé vrstvy pro záření) snížit součinitel průchodu tepla (Kolb & Koželuh, 2011). Když se reflexní izolace nachází ve stěně, kde už existuje určitá izolace, tak rozdíl teplot na povrchu této vrstvy výrazně klesá. Při malém rozdílu teplot se navíc snižuje cirkulace vzduchu, čímž se snižuje až odbourává přechod tepla prouděním. Toto má za následek zvýšení tepelného odporu vzduchové vrstvy a tím samozřejmě i celé stěny (Štefko & Sedlák, 2001).

6.4. Akustika v dřevostavbách

Zvuk

Jako zvuk se označuje mechanické kmitání a vlnění, které se šíří vzduchem nebo hmotou. Jde o pohyb částic kolem své rovnovážné polohy. Zvuk šířící se vzduchem je zvuk šířený kmitáním částic vzduchu postupným podélným vlněním. Kročejevý zvuk se označuje jako zvuk šířící se nárazy například chůzí po stropní konstrukci a schodišti a je dále přenášen do okolního prostoru vzduchem (Holenda, 2001).

Šíření zvuku si lze představit jako kyvadlo, které je v rovnovážné klidové poloze nazývané ticho. Pokud zdroj zvuku rozkmitá částice vzduchu (hmoty) – kyvadlo se rozkmitá kolem své rovnovážné polohy. Nárazy jednotlivých částic na okolní částice – kyvadla – dochází k šíření zvuku.

Vzduchová neprůzvučnost je rozdíl hladin zvuku mezi vysílací a přijímací místností. Obecně lze říci, že s rostoucí frekvencí roste i neprůzvučnost, a tím i ochrana před hlukem. Z toho vyplývá že lehké stavební konstrukce (tedy i dřevostavby) se z hlediska akustiky chovají nejhůře v nízkých frekvencích – jejich neprůzvučnost je nízká (Kolb & Koželuh, 2011).

Kročejevá neprůzvučnost je rozdílná od předchozí tím, že místnosti jsou umístěny nad sebou a zkoumá se přenos zvuku vyvolávající chůze po podlaze horní místnosti. Zde platí, že s rostoucí frekvencí se snižuje hladina kročejevého zvuku. Čím nižší je hodnota hladiny kročejevého zvuku, tím je lepší ochrana před hlukem. Nejhuře se chovají lehké trámové stropy (Holenda, 2001).

Útlum zvuku se v dřevostavbách (ať vzduchový nebo kročejevý) závisí na:

- vlastnostech jednotlivých vrstev (oplaštěné)
- způsobu spojení obou vrstev dohromady
- provedení dutého prostoru mezi vrstvami (vyplnění zvukovou izolací)

U kročejevé neprůzvučnosti se k výše uvedenému řadí ještě vliv vrchní vrstvy položené na nosné stropní konstrukci (Holenda, 2001).

7. Ochrana dřeva

7.1. Konstrukční ochrana dřevostaveb

Pod pojmem „ochrana výrobků ze dřeva“ se rozumí soubor veškerých opatření, kterými se dá trvale předcházet jejich zbytečným poškozením ze současného zajištění jejich naprojektované fyzikální životnosti (Reinprecht, 2008).

Ochrana výrobků ze dřeva, a v daném smyslu i dřevostaveb, se dá realizovat metodami konstrukční a chemické ochrany. Prioritou má být vždy konstrukční ochrana. Chemickou ochranou je vhodné vykonat tehdy, když aplikovatelné metody konstrukční ochrany nedokáží v dostatečné míře zabránit poškození dřeva degradačními činiteli (Reinprecht L. , 1999).

7.1.2. Principy konstrukční ochrany dřevostaveb

Aktivité degradačních činitelů dřeva se dá zabránit anebo jejich činnost omezit výběrem vhodných druhů dřeva a dřevěných materiálů, dále tvarovými optimalizacemi prvků, výrobků a samotných objektů, jejich izolací od vlhkosti a degradačních činitelů, a v neposlední míře regulací klimatických podmínek v objektu (Remeš, 2017).

K významným úlohám konstrukční ochrany dřevostaveb patří i správné vysušení dřevěných prvků a jejich dostatečná ochrana po dobu přepravy, při skladování i v průběhu stavby. Za nevhodné se pokládá především uložení dřevěných prvků přímo na zem bez ochrany vůči dešťové vodě. Nevhodné je i jejich uložení pod mechanicky porušené paronepropustné folie, pak totiž dešťová voda přes folii pronikne, ale zpětně se už těžko

odpařuje. Ty dřevěné prvky, které po ukončení stavby budou chráněné před povětrností, by se i v průběhu stavby měli chránit před srážkami, přičemž střešní konstrukce by se měli, co nejdříve zakrýt (Reinprecht L. , 1999).

7.1.3. Minimalizace vlhkosti

Jednou z hlavních úloh konstrukční ochrany dřevostaveb je předcházet zvýšené vlhkosti dřeva, s cílem předejít napadnutí dřeva houbami i vícerymi druhy hmyzu. Jde o navrhnutí a realizaci takových řešení, které zabezpečují vlhkostní stav dřeva a dřevěných materiálů v objektu trvale pod hranicí kritické minimální vlhkosti, pod kterou se degradační aktivita biotických škůdců dřeva už nemůže projevit. Například aktivita larev středoevropských druhů dřevokazného hmyzu v interiéru dřevostaveb (brouci) se vylučují při hodnotě $w < 10 \%$. Nebezpečí hniloby vlivem dřevokazných hub, dřevozbarvujících hub a plísní se vylučuje při $w < 20 \%$ (Dudas & Čellár, 2000).

Dále se vlhkost dřeva snižuje se zvýšením teploty, jelikož relativní vlhkost vzduchu se snižuje ohřevem a při souběžném ohřevu dřeva se snižuje také jeho sorpční vlhkostní kapacita (Dudas & Čellár, 2000).

Výběr vhodného druhu dřeva a dřevěných materiálů

Materiálová skladba dřevostavby vychází z požadavků investora a projektanta. Z pohledu konstrukční ochrany je přitom žádoucí, aby se ty prvky a konstrukční celky, které budou expandované do vyšší třídy ohrožení vlivem biotických škůdců vyrobily z druhů dřeva mající vyšší přirozenou trvanlivost, respektive bi odolnějších materiálů (například použití cementotřískových desek namísto dřevotřískových). Tím se dá vyloučit potřeba chemické ochrany těchto prvků (Kuklík, 2005).

7.1.4. Tvarové optimalizace

Trvanlivost dřevostavby se dá zvýšit tvarovými optimalizacemi dřevěných prvků (geometrie, typem povrchu), a také tvarem a architekturou samotné dřevostavby.

Všeobecně platí následující zásady:

- prvky dřevostavby není třeba zbytečně a neúčelně kontaktovat se zemí, betonem, zdivem a jinými zdroji vlhkosti
- prvky, u kterých kontakt se zdivem anebo jinými zdroji vlhkosti je funkčně nutný (pozednice, okenní zárubně atd.), je vhodné vyrobit z dostatečně trvanlivých druhů dřeva pro danou expozici, anebo je třeba chemicky ošetřit vhodným ochranným prostředkem.

- dřevostavby by se měly podle možností stavět na slunečných a provzdušněných plochách se správným způsobem zastřešení veškerých prvků (Reinprecht L. , 1999).

Tvarové optimalizace dřevěných prvků je možné řešit například následujícími opatřeními:

- u všech prvků je vhodné minimalizovat podíl čelních ploch vzhledem k plochám radiálním a tangenciálním
- prvky s větším průřezem je vhodné vyrobit z vrstveného dřeva (lepený nosník), a naopak nevhodné je dřevo s podílem dřevě, jelikož dřevo s dřevě má zvýšený sklon k tvorbě trhlin
- hrany prvků, které se budou upravovat bariérovým typem nátěru anebo ochranným prostředkem s filmotvornou složkou, je vhodné zaoblit, aby nátěry na hranách lépe drželi.
- šindele i jiné prvky s vyšším stupněm kontaktu s dešťovou vodou je vhodné vyrobit štípáním/krájením po vláknech a ne řezáním, čím se relativně sníží jejich promočení
- u oken a dveří je žádoucí aplikovat detaily na zajištění odtoku vody ze štěrbin a spár, proti tvorbě kondenzační vody a na její odtok
- do objektů s vyšším rizikem požáru je vhodné použít nosné prvky většího průřezu a nosné i nenosné prvky s hladkým povrchem (Reinprecht L. , 1999).

Tvarová optimalizace jednotlivých dřevěných prvků i objektů se musí řešit komplexně tak, aby byla v rámci ní zajištěná i možnost dodatečné chemické ochrany dřeva. Například vždy je vhodné zajistit přístupnost podkroví, konstrukčních spojů a jednotlivých prvků střešní konstrukce pro kontrolu, a také dodatečnou chemickou ochranu dřevěných prvků prostředkem nebo nátěrem (Reinprecht, 2008).

U prvků vystavených povětrnostním vlivům je nevhodné:

- aby se jejich čelní plochy orientovali směrem k obloze, anebo aby se použili prvky s větším počtem trhlin, jelikož voda vniká do dřeva nejnadhěji přes čela a trhliny. Vnikání dešťové vody do prvku přes čela nebo boční plochy se dá zabránit vhodnými stříškami, případně omezit úkosy
- aby se realizovaly ve formě vodorovných ploch, na kterých se voda dlouze drží a následní snáze proniká do jejich vnitra

- aby se používaly takové typy spojů, do kterých voda snadno vniká a těžko se z nich vypařuje, spoje čep a dlab a jiné je přitom vhodné vyhladit, jelikož se tím zlepší odpařitelnost vody (Reinprecht L. , 1999).

Izolace dřevěných prvků od vlhkosti a degradačních činitelů

Pojem izolace dřevěných prvků od vlhkosti a degradačních činitelů zahrnuje u dřevostaveb takováto opatření:

- bariérové povrchové úpravy dřeva s cílem zabránit přístupu škůdců do dřeva
- hydroizolace proti vnikání vlhkosti do objektu, a tím i do dřevěných prvků s cílem udržovat dřevostavbu trvale v suchu
- vzduchové izolace mezi dřevěnými prvky a jinými hygroskopickými materiály (beton, zdivo), s cílem zabránit přenosu kapilární vody do dřeva a zajistit trvalé provzdušnění dřevěných prvků (Kolb & Koželuh, 2011).

Samostatnou skupinou izolací jsou projekční protipožární řešení prvků i celé dřevostavby, ve spojení s tvorbou vzájemně od sebe izolovaných zónových pásem – požární úseky, únikové cesty (Lorenz, 2005).

Bariérové povrchové úpravy dřeva

Mechanické bariérové clony brání vnikání biotických škůdců do dřeva a specificky i vnikání vlhkosti. Vytvářejí se pomocí:

- povrchových úprav dřeva, použitím filmových i lazurových nátěrů, folií anebo obkladem/krytinou
- zuhelnatěním vrstev, vytvořením povrchu dřeva po jeho opálení plamenem (vznikají zde i látky s toxickým účinkem na škůdce), tato metoda se v minulosti aplikovala na ochranu záhlaví stropních trámů, dnes se již příliš nevyužívá, avšak dřevo (nikoliv však nosné prvky) nechá chránit termickou modifikací, tak zvaným termodřevem (Reinprecht L. , 1999).

Bariérové povrchové úpravy dřeva jsou ochranou konstrukční (fyzikální) a ne chemickou. Chemickou ochranou se stanou tehdy, když se k úpravě povrchu použije současně i ochranný prostředek s vhodným účinkem (fungicid, insekticid, retardér hoření, proti povětrnostní komponent) (Kolb & Koželuh, 2011).

Paronepropustné bariérové úpravy (například olejové filmové nátěry, kovové fólie a podobné) je možné vzduchosuché dřevo s vlhkostí pod 10-16 % (podle typu expozice), a to za předpokladu, že takto upravené dřevo nebude v budoucnosti vystavěné

intenzivnějšímu působení difuzní, kondenzované, spodní anebo srážkové vody. V případě, že by se paronepropustná bariérová úprava aplikovala na vlhké dřevo anebo na dřevo trvaleji zvlhčované po dobu přepravy nebo expozice v objektu (například od zdiva), je třeba počítat s opačným efektem. Znamená to, že vlhké dřevo pod paronepropustnou bariérou obvykle rychle znehodnotí hnilobou anebo požerkami. Ukázkovým příkladem je časté poškození v podlahách, schodištích a dalších prvků zakrytých PVC krytinami. Podobně se poškozuji i srubové trámy obvodových stěn i příček po úpravě olejovými nátěry, když jsou nedostatečně izolované od základů nebo v nich vzniká kondenzovaná voda (pod vnějším nátěrem) (Reinprecht, 2008).

7.2. Impregnace

Impregnace dřeva neboli jeho nasycování příhodnými chemickými nebo i přírodními látkami, s cílem jeho ochrany před různými druhy vnějších vlivů. (<https://cs.wikipedia.org/wiki/Impregnace> 3.3.2018) Impregnaci lze rozdělit podle provedení na tlakovou, prováděnou v impregnačních stanicích v kotlích, kde je materiál napuštěn ochrannou látkou do významnější hloubky, a na impregnaci beztlakovou, což je pouze máčení, nátěr, injektáž, postřik (Svoboda, 2013).

Také se dělí na: černou impregnaci, která se provádí dehtovými oleji (na sloupy či pražce) a bílou impregnaci, která se provádí vodouředitelnými látkami (Svoboda, 2013).

7.3. Ostatní způsoby ochrany

Vedle impregnace dřeva ochrannými látkami se nechají využít i jiné metody ochrany dřeva, avšak není to tak časté. Jsou to například *ozařování gama zářením*, *plynování* nebo ohřev dřeva na teplotu 60 až 70 °C po dobu cca 5 hodin, při maximálně padesátiprocentní vlhkosti prostředí. Při plynování se často využívá fosforovodík nebo kyanovodík. K ozařovací ochraně se využívá záření gama, které má biocidní účinky. Takovéto ochrany mají jednorázový účinek a používá se například v památkově chráněných objektech (Štefků & Štumpa, 2010).

Podle účinnosti na druh škůdce účinků ochranných látek rozdělují na:

- fungicidní – účinné proti houbám a plísním,
- insekticidní – účinné proti dřevokaznému hmyzu.

(Reinprecht, 2008).

7.4. Tepelněizolační materiály a folie v dřevostavbách

Obalový plášť dřevostaveb je charakteristický vrstvenými stěnovými a stropními prvky. V převážné míře se skládá z dřevěného rámu opláštěného velkoplošnými materiály na bázi dřeva. Vnitřní prostor dřevěného rámu je vyplněný vysokoúčinnou tepelněizolační látkou. Případně je chráněný folií s vysokodifuzním odporem vůči proudění vodní páry do konstrukce a překážkou proti průniku studeného vzduchu do konstrukce s nízkým difuzním odporem (Dudas & Čellár, 2000).

Obalová konstrukce plní funkci dlouhodobé ochrany vnitřního prostoru budov před nepříznivými účinky venkovních klimatických podmínek s charakteristickým přenosem tepla a hmoty přes obalový plášť.

Obalový plášť musí splnit následující požadavky:

- 1) Musí zachovat minimální požadovanou izolační schopnost po dobu životnosti dřevěné stavby
- 2) V časovém průběhu celého roku nesmí narůstat vlhkost v obalových pláštích – tedy nesmí docházet k akumulaci vlhkosti
- 3) Hmotnostní vlhkost dřeva by neměla překročit 20 % (Remeš, 2017).

Možnosti splnění uvedených požadavků na obalový plášť dřevěné stavby jsou v přímé vazbě se skladbou vrstvených konstrukcí, řazením jednotlivých vrstev a s podmínkami vnitřního a venkovního prostředí konkrétní lokality.

Přehled, rozdělení fyzikálních vlastností materiálů používaných v dřevostavbách

- 1) tepelněizolační materiály
- 2) folie
- 3) ostatní materiály na bázi dřeva (Kolb & Koželuh, 2011).

7.4.2. Tepelně izolační materiály

Za tepelně izolační materiály se považují lehké materiály, jejichž tepelná vodivost je menší než 0,06 W/mK.

Použití tepelněizolačního materiálu vyžaduje poznání jeho fyzikálních vlastností ve vztahu k vlastnostem dalších materiálů skladby pláště, s ohledem na jeho polohu v konstrukci a předpokládané namáhání vnitřním a venkovním prostředím. Nerespektování těchto souvislostí vyvolává pokles tepelněizolačních vlastností a následnou degradaci konstrukce (Štefko & Sedlák, 2001).

Rozdělení tepelněizolačních materiálů z hlediska struktury a chemického složení:

- anorganické materiály
 - pěněné plasty
 - materiály na bázi dřeva a papíru
 - minerálně expandované a pěnové materiály
- přírodní organické vláknité materiály (Lorenz, 2005).

Rozdělení tepelněizolačních materiálů z hlediska přenosu tepla a hmoty:

- 1) přenos tepla:
 - tepelněizolační materiály kde λ je menší než 0,06 W/mK
 - ostatní materiály kde je λ větší
- 2) přenos vzduchu:
 - vzduchotěsné materiály a vrstvy
 - vzduchopropustné materiály a vrstvy
- 3) přenos vlhkosti:
 - paronepropustné materiály a vrstvy
 - středněpropustné materiály a vrstvy
 - paropropustné materiály a vrstvy

Přenos vzduchu

Proudění vzduchu přes vrstvené konstrukce vyvolává tepelné ztráty a nechtěný přenos vlhkosti (Infiltrace, exfiltrace). Základním požadavkem odolné konstrukce je jejich vzduchová neprostupnost. Z hlediska přenosu vzduchu dělíme materiály:

- vzduchově neprostupné materiály a vrstvy (zařazují se sem všechny mikropórovité materiály ($d < 10^{-7}$ m) a nepórovité materiály a všechny spojitě vrstvy z těchto materiálů bez styků a trhlin mezi prvky)

vzduchově propustné materiály, patří sem všechny makropórovité materiály, všechny vrstvy těchto materiálů a vzduchonepropustné materiály obsahující styky a trhliny (Lorenz, 2005).

Přenos vlhkosti

Z hlediska přenosu vodní páry dělíme materiály:

- paropropustné materiály a vrstvy
- všechny vzduchopropustné materiály jsou zároveň paropropustné
- středněpropustné materiály a vrstvy (Dudas & Čellár, 2000).

Všechny vzduchonepropustné materiály jsou částečně paropropustné anebo paronepropustné podle schopnosti vázat vodní páru dělíme materiály na:

- hyroskopické
- nehyroskopické (Dudas & Čellár, 2000).

Hyroskopický materiál v kontaktu s vlhkým vzduchem váže množství vodní páry odpovídající vlhkosti prostředí a struktuře pórovitosti materiálu (charakteristická hodnota je rovnovážná vlhkost materiálu při RH=80%) (Dudas & Čellár, 2000).

Podle schopnosti přenosu kapalné vody dělíme materiály na:

- hyroskopicky kapilární materiály a vrstvy
- kapilární materiály v kontaktu s kapalnou vodou vodu nasávají a vedou (materiály na bázi dřeva a papíru, přírodní organické materiály)
- hyroskopicky nekapilární materiály a vrstvy (hydrofobní materiály)
- nehyroskopické nekapilární materiály a vrstvy (materiály s nulovou otevřenou pórovitostí nebo jen s makropóry (minerální vaty, pěněné plasty, pěnové sklo, folie) (Dudas & Čellár, 2000).

7.4.3. Folie

Pro dodržení funkce tepelné izolace je důležité, jaký typ fólií je použitý v konstrukci šikmých střech a obvodových stěn dřevostaveb. Nesprávný výběr fólií může vyvolat dodatečné poškození konstrukcí následným vlivem vlhkosti. Uvádí se několik pravidel pro výběr fólií na šikmé střechy a obvodové stěny (Dudas & Čellár, 2000).

Folie dělíme na:

- a) difuzní folie
- b) parozábranné folie
- c) větrové překážky (Dudas & Čellár, 2000).

Difuzní folie

Podle způsobu výroby se liší fyzikální podstatou zabezpečení difuze vodních par z prostoru pod fólií. Rozdělují se na:

- 1) Vysokodifuzní folie
 - využívající difuzní schopnosti netkaných vláknitých textilií. Netkané textilie mají nízkou pevnost v tahu, a proto musí být armované (všechny

struktury). Tyto folie lze používat na plné bednění. Propustnost vodních par je od 100-1800 g/m²/den.

2) Mikropreforované folie

- jejich perforace probíhá po celé ploše při výrobě foukané či lité homogenní folie. Perforace ve tvaru trychtýře umožňuje jednosměrný přechod vodní páry z prostoru pod folií a je nepropustná vůči srážkové vodě (princip rozdílu velikosti molekul vody a molekul vodní páry.) I tyto folie musí být pro nízkou pevnost armované. Doporučují se folie s propustností 20-60 g/m²/den. Nedoporučuje se tento druh folie ukládat na plné bednění anebo tepelnou izolaci (možnost zanesení mikroperforací).

3) Antikondenzační folie

- jsou doplňkovými foliemi využívající vlastnosti netkané textilie a zpevňovací vrstvy. Vodní páry se zachytávají v netkané textili, anebo z kondenzují a za příznivých podmínek oddifundují nebo se odpaří. Difuzní schopnost těchto folií je pod 20 g/m²/den. Jsou to folie vhodné pro průmyslové haly zamezující odkapávání vody do interiéru (Dudas & Čellár, 2000).

Parozábranné folie

Jsou umístěné na interiérové straně. Funkcí parozábrany je zabránit průniku vlhkosti do konstrukce, a aby tato vlhkost nekondenzovala ve velkém množství na nevhodném místě, zejména v tepelné izolaci (Štefků & Štumpa, 2010). Parozábrany dělíme na:

1) Parobrzd

- jsou vyráběné jako mikroperforované folie bez perforace. Jsou slabodifuzní. Používají se zejména tam, kde tento typ folie vyhovuje skladbě pláště pro požadovaný difuzní odpor.

2) Parozábrany

- jsou folie v klasickém provedení nebo obsahují vložky z termoreflexní folie (odrážení tepelných vln). Realizaci parozábran provázejí chyby. Převážně se folie neutěsňují páskami, ale jen překládají, čímž se výrazně může snížit difuzní odpor této vrstvy.

Větrné překážky

Mají zamezit infiltraci studeného vzduchu do konstrukce. Folie paropropustné a vzduchopropustné, kde součinitel vzduchové propustnosti je menší než 2×10^{-6} [s]. Jsou umístěné na exteriérové straně konstrukce (Dudas & Čellár, 2000).

8. Snáškové a výkrmové haly pro hrabavou drůbež

8.1. Konstrukce stájí pro hospodářská zvířata

Jak vyplývá z popisů a obrázků, jsou stáje a jejich příslušenství navrhovány jako objekty v šířkové škále od 6 do 28 metrů (výjimečně i více), nejčastěji jde o haly 10,5-15 metrů široké. Stájové příslušenství je do těchto hal vestavěno, nebo je k nim přistavěno. Stájový prostor je většinou volný, bez vnitřních sloupů, aby se umožnilo snadné instalování stájové technologie nebo její výměna a také snadný projíždění mobilních dopravních prostředků pro krmivo, stelivo nebo pro čištění stáje. Výjimku tvoří širokorozponové stáje skotu, v nichž je možno příčný rozpon střešních konstrukcí zkrátit pomocí vnitřních sloupů umístěných tak, aby nevadily pohybu zvířat ani mobilních prostředků (Sýkora, 2014).

Základním nosným systémem hal o šířce nad 7 metrů je soustava vazníková (sloup, vazník, vlašské, prostorové ztužení) se sedlovými nebo pultovými přímopásovými nebo příhradovými vazníky, soustava je v podélném směru opakována v modulu 3-4,5 metru. Sloupy mohou být ocelové, lepené dřevěné nebo subtilní betonové, konstrukce střechy dřevěná nebo ocelo-dřevěná (Hanzalová, 2002).

Na konci 20. století se vyráběli dřevěné, betonové a ocelové stavebnice nosných koster halových zemědělských objektů, z nichž každá měla určitý nedostatek. Ukázalo se, že nejvhodnější jsou konstrukce kombinované, spojující výhody různých materiálů (Sýkora, 2014).

Pro objekty užší, než sedm metrů se zpravidla navrhuje nosné soustava krokrová nebo hambalková, kterou je možno opakovat v podélném modulu 1-3 metry. Na základním (primárním) nosném systému je uchycen systém sekundární (paždíky, pomocné krokve, latě), který nese obalový plášť objektu. Ten je bez tepelné izolace (skot), nebo s tepelnou izolací (všechna ostatní zvířata, dojírny, mléčnice, sýrárny, sklady vajec, vertikální ošetřovny apod.). Obvodové stěny stájí musí být snadno dezinfikovatelné, čistitelné a nesmí mít výstupky, které by mohly zavinit poranění zvířat (Kolb & Koželuh, 2011). Musí odolávat vnitřnímu vlhkému prostředí a tlakům zvířat

nebo poškození od projíždějících mechanismů. Vnější plášť a celý konstrukční systém musí být architektonicky ztvárnitelný, protože jde o velké plochy, které jsou součástí krajinného obrazu. Tepelně izolovaný plášť se řeší výhradně jako vícevrstvý s odvětrávanou vnější dutinou nebo s odvětrávaným podstřešním prostorem, protože stájová vlhkost nesmí zůstat v konstrukci (Sýkora, 2014).

Pronikání vlhkosti do vrstev obvodového pláště prakticky nelze zabránit, protože dokonalá parozábrana se dá těžko provést. Používaná hydroizolace má účinky pouze ve snížení pronikající vlhkosti, nikoliv v jejím úplném vyloučení (Reinprecht, 2008).

Dnes se klade velký důraz na ochranu půdy a podzemní vody před znečištěním hnojivými a dezinfekčními látkami. Dlažby stájí a podroštové kanály musí mít proto důkladnou hydroizolaci. Ve vodohospodářsky cenných územích musí být okolí stájí opatřeno i systémem kontrolních vrtů pro zajištění případných úniků. (Sýkora, 2014)

Z dlouhodobého ověřování zemědělských staveb za provozu vyplynula celá řada důležitých poznatků pro navrhování, například:

- a) Nosné konstrukce vyčnívající do stájového prostoru musí mít jednoduchý povrch, na kterém se nebudou usazovat prachové a stéblové částice. Z tohoto důvodu by se neměli používat viditelné příhradové systémy. Ty je možno použít tam, kde budou zakryty například tepelně-izolačním podhledem;
- b) Střešní krytinu pro kostrové systémy s vlašskými krokviemi by měly tvořit velkoplošné trapézové nebo vlnité desky. U nezateplených staveb pro skot může v létě docházet k sálání tepla z rozpálené krytiny do stájového prostoru a v zimě ke srážení vodních par. To je možno omezit vhodnou barevností krytiny a úpravou pohledu (krytiny tmavých barev se více rozehvívají);
- c) Stáje všech druhů zvířat s výjimkou drůbeže, musí mít denní osvětlení. U širokorozponových stájí skotu půjde o střešní průhledné profilované pláty, které dobře zapadnou do střešních vlnovek, u ostatních stájí půjde o stěnová okna nebo průhledné pásy. Stěnová okna se řeší jako bezpantová, výklopná (panty ve vlhkém prostředí nevydrží), s trvalou vzduchovou mezerou u parapetu pro odvod kondenzátu ze skel ven ze stáje;
- d) Na obvodovou stěnu stájí se nehodí dutinové cihly ani dutinové cihelné bloky, protože do nich proniká stájová vlhkost a v zimě je mráz potrhá.

Stájovému prostředí vyhovuje beton, dřevo (pokud není v přímém styku s hnojem a močí), cementové desky a pozinkovaná plech. Tyto lehké materiály je nutno ve spodní části chránit nebo nahradit odolnou přízdívkou proti poškození.

- e) Stájová vrata jsou otevíravá nebo posuvná, v tepelně izolovaných prostorech i třívrstvá, zateplená, zajistitelná v otevřené poloze (průjezd traktorovou soupravou, letní větrání). Z pohledu požární bezpečnosti mají být do každého stájového prostoru min. dvoje vrata otevírací ven (různé směry úniku). Vnější vrata by měla být chráněna proti dešti přetaženou střechou nebo malou markýzou;
- f) Stěny hygienického a veterinárního zařízení, dojíren a mléčnic mají keramický obklad, podlahy jsou odkanalizované. Dlažby pro zvířata musí být neklouzavé, roštové prvky musí mít rozměr napáječky, klecové a větrací systémy, dnes je vyrábí množství podniků. Projektant staveb přizpůsobuje konstrukční řešení stájí jejich výrobním rozměrům (Kolb & Koželuh, 2011).

Ve stájích se vyskytuje prach (manipulace s krmivem a stelivem), vodní pára (pocení a dýchání zvířat), dusík (rozkládání moči a tuhých výkalů), kysličník uhličitý (dýchání zvířat) a v některých provozech i výfukové plyny (projíždějící vozidla) a zvířata nemohou v takto poškozeném prostředí pobývat, protože by to ohrozilo jejich zdraví a užitkovost. Zvířata také nemají stejně vyvinutou termoregulační schopnost snášet vysoké nebo nízké teploty a stájové prostředí proto musí být neustále regulováno z hlediska čistoty ovzduší, vlhkosti, přípustného obsahu škodlivin a tepla. V tomto procesu hraje důležitou roli větrání. To je možno provádět přirozeně nebo nucené nebo kombinací obou způsobů, přičemž nucené formy se zajišťují přetlakově, podtlakově nebo rovnotlakovým způsobem. (Sýkora, 2014)

Problém je v tom, že k přívodu a odvodu vzduchu máme sice k dispozici stěny a střechy stájí, ale proudění vzduchu nesmí být ve stáji prudké (zvířata těžko snášejí průvan) a proudícímu vzduchu ve stáji brání řada překážek – těly zvířat počínaje a technologickým zařízením konče. Větrání zajišťují otevřená okna, vrata, stěnové štěrby, osově ventilační jednotky a ventilační potrubí v různých skladbách. Podrobné popisování větracích systémů by přesáhlo rámec této práce, a proto nejsou popisovány (Sýkora, 2014)

8.2. Snáškové haly slepic

Užitkový chov slepic (nosnic) s produkcí vajec se provádí třemi způsoby:

- 1) V klecích
- 2) Ve voliérách
- 3) Na podestýlané podlaze

Tyto způsoby oscilují mezi ekonomickou využití prostoru haly, ekologií prostředí pro slepice různým stupněm pracnosti. Klecové a voliérové technologie jsou typické pro velkochovy intenzivního zemědělství, podlahové technologie jsou typické pro menší chovy ekologického zemědělství nebo pro rozmnožovací zaměření, jehož produktem je kuře (Tuláček, 2002).



Obrázek 36 Příklad hrabavé drůbeže česká zlatá kropenka

(<http://www.toulcuvdvr.cz/2094-ceska-zlata-kropenka> 5.1.2018)

Klecový chov je z hlediska využití prostoru haly počtem slepic neekonomičtější, ale slepice v něm mají minimum přirozeného prostředí. Jsou umístěovány do klecových buněk o výšce 45-55 cm a minimální ploše 750 cm²/ks po 3-4 kusech, kde tráví celou dobu chovu (až 16 měsíců) (<http://www.toulcuvdvr.cz/2094-ceska-zlata-kropenka> 5.1.2018)

. Klecové buňky se sestavují do jednopodlažních až čtyř podlažních baterií, tak že má každá klec napojení na mechanizované krmné žlábkky a na napájecí žlábkky, vejce se

vykulují na dopravní pás (skloněná podlaha klece) a trus propadá na trusný pás nebo do trusného kanálu. Vzniká dlouhý stroj, jehož součástí jsou slepice, který má na jednom konci zásobník jadrného krmiva a vykulovací stůl na vejce a na druhém šnek na trus. Tím je dána čistá a nečistá koncovka, které se přizpůsobují i další baterie – v hale jich může být optimálně až osm. Mezi nimi jsou kontrolovány uličky, kterými se osazují a vybírají slepice. Klecový způsob chovu je velmi náročný na větrání, protože čerstvý vzduch se musí dostat ke každé slepici a baterie tvoří překážku příčnému provětrání haly. Vzduch by měl proto proudit podélně, uličkami a klecemi a délka haly by neměla překročit 80 metrů. (Sýkora, 2014)

Voliérový chov tvoří přechod mezi klecovým a podlahovým uspořádáním. Obsahuje zpravidla hřadové rošty v několika etážích, snášková hnízda v několika etážích a mezi nimi podestlanou podlahou (hrabaniště) tak, že slepice může mezi těmito částmi volně přecházet. Každá slepice má možnost hřadovat a snášet vejce v hnízdě, má trvalý přístup ke krmným a napájecím žlábkům a na hrabaniště (Tuláček, 2002). Voliérových systémů je celá řada. Hřady jsou rozloženy v několika řadách na plastových roštích nad dopravními pásy pro trus, snášková hnízda se sestavují do dlouhých budek rozdělených přepážkami (klid ke snášení), každé hnízdo o rozměrech šířka x délka x výška = 30 x 35 x 35 cm má sklonitou měkkou podlahu (umělá tráva) směrem k dopravnímu pásu pro vejce, na 1 hnízdo připadá 7 nosnic. Hnízda se zavěšují nad podlahu ve 2-3 etážích. Podestýlka hrabaniště je tvořena směsí hoblin, slamnaté řezanky a rašeliny, zakládá se na začátku turnusu a vyklízí se po jeho skončení. Na jednu slepici má připadnout minimálně 250-300 cm² hrabaniště. Trus se odstraňuje z haly denně, nebo se nechá několik dní prosychat. Po vyskladnění se musí dále upravovat. (Sýkora, 2014)

U podlahového chovu nosnic je hala rozdělena na podestlanou plochu (hrabaniště) a zaroštovanou plochu s hřady a snáškovými hnízdy. Roštová plocha je na rozdíl od voliérového chovu jen v jedné úrovni a neměla by být větší, než 60 % celkové plochy haly (Tuláček, 2002). Umísťuje se buď ve středu haly, nebo do dvou pásů po obou jejích stránkách. Může nést i část mechanizovaných krmných žlábků a napáječků, pokud nejsou všechny tyto části umístěny na podlaze. Na 1 m² hrabaniště připadá asi sedm slepic. Trus a podestýlka se vyklízí jednorázově po skončení snáškového trusu, hřady a hnízda musí být proto rozebíratelné. Prostor hal s podlahovým systémem chovu se velmi dobře větrá a pokud se do něj navrhne i podélná ulička, je i dobře kontrolovatelný. (Sýkora, 2014)

Snáškové haly všech typů potřebují prostor pro sběr vajec z pásů a pro jejich přepravu ke konečné úpravě – prohlídce, čištění, třídění a balení před expedicí do prodeje. Haly mají proto manipulační předsíň s velínem pro ovládání dopravních a větracích systémů, konečná úprava se provádí pro všechny haly v centrální třídárně. (Sýkora, 2014)

8.3. Výkrmny kuřecích brojlerů

Výkrm kuřecích brojlerů (Výraz „brojler“ označuje speciálně vyšlechtěné kuře na maso) se provádí v halách na podestlané podlaze, kam se vypouštějí jednodenní kuřata z líhňářských středisek. Kuřata jsou nejprve držena v malých ohrádkách pod tepelnými zářiči, kde se krmí z malých misek a napáječek. Po 14 dnech se ohrádky a zářiče odstraní (zdvihnou) a kuřata se pohybují po celé ploše haly. Na 1 m² podlahy se vejde až 15 kuřat, v jedné hale může být až 15 000 kusů (Tuláček, 2002).

Krmné směsi s řetězovými nebo spirálovými dopravníky svádějí krmivo od zásobníků ke krmítkům různých typů, stojícím na podlaze, krmivo a voda jsou neustále k dispozici. Podestýlka se zakládá na počátku turnusu a vyklízí se jednorázově mobilním způsobem – hala proto musí být podélně průjezdná. Turnus trvá až 8 týdnů a po jeho skončení se musí kuřata šetrně odchytnit (používá se k tomu posuvných rámových sítí) a umístit do přepravních klecí. Před novým turnusem se musí hala vyčistit a vydezinfikovat. (Sýkora, 2014)

Výkrm kuřat na podestýlce se dá také provádět ve dvou podlažních – např. při adaptaci starého zachovalého kravína s půdním prostorem. Uspořádání obou podlaží je stejné (provozu budou vadit sloupy v interiéru), vertikální dopravou malotraktoru pro vyhrnování podestýlky a pro svoz kuřat je nutno řešit nákladním výtahem. (Sýkora, 2014)

Kuřata jsou životně závislá na dobrém větrání hal (Tuláček, 2002). při výpadku elektřiny může rychle uhynout až několik tisíc kusů. Středisko pro výkrm brojlerů proto musí být vybaveno náhradním zdrojem elektrické energie (dieselovým agregátem).

Haly pro drůbež se navrhují jako tepelně izolované objekty o rozponech 10-15 metrů s nuceným větráním. Jsou řešeny většinou jako bezokenní s umělým světelným režimem, s výjimkou trvalých pracovišť lidí. Na rozdíl od stájí pro skot, prasata, ovce a koně se musí celý prostor pro drůbež vytápět, a to buď teplovzdušně nebo podlahově. Pro snížení spotřeby energie je možno použít rekuperaci tepla. (<http://www.zvvz.cz/zvvz-as.html> 23.1.2018). Dříve se teplo pro celé středisko drůbeže vyrábělo v centrální kotelně, dnes se dává přednost halovým zdrojům tepla.

8.4. Sklady krmiva

V chovech hospodářských zvířat a drůbeže se používají různá sklady. Jejich výběr je ovlivněn druhem krmiva (krmnými dávkami), jejich velikost množství krmných komponent, délkou skladování a počtem zvířat. Vlastní technické řešení skladů je přizpůsobeno charakteru skladovaného materiálu a způsobů manipulace s ním. Nejčastějšími typy skladů jsou sklady sena, sklady siláže (senáže) a zásobníky jadrných a tvarových krmiv. (Sýkora, 2014)

8.5. Sklady jadrných a tvarových krmiv

Oproti ostatním skladům krmiv, které se dimenzují na celoroční nebo půlroční zásobu, jsou sklady jadrných a tvarovaných krmiv navrhovány jako zásobník na 10-14 denní spotřebu, protože delším skladováním by se mohla poškodit kvalita krmiv. Jadrná a tvarovaná krmiva se proto pravidelně dovážejí během roku ze speciálních výroben. (Sýkora, 2014)

Jadrné krmné směsi se používají prakticky u všech hospodářských zvířat u některých druhů (prasata, drůbež) jako jediné krmivo, liší se však složením. Tvarovaná krmiva se používají hlavně u mladého a dospělého skotu. Zásobníky pro oba druhy krmiva mají válcovou podobu o průměrech 1,2-2,5 m, mají kónické dno a plní se mechanicky nebo pneumaticky. Při větší spotřebě tvarovaných krmiv se pro ně může navrhnout i halový prostor se skladováním na hromadě. (Sýkora, 2014)

8.6. Sklady podestýlky

Sláma je nezastupitelný materiál pro podestýlání všech druhů stájí, slamnatá řezanka příznivě zatepluje lože zvířat (případně tvoří i součást krmné dávky některých zvířat). Je důležitou součástí hnoje, protože působí příznivě na vlastnosti zemědělské půdy. Skladuje se obdobně jako seno za použití stejných mechanizačních prostředků (Tuláček, 2002). Do konce 20. století se velmi často používalo bezstelivové ustájení zvířat, jehož jedinou výhodou byla úspora lidské práce a menší prašnost stájového prostředí. Jeho nevýhody, ekologické, stavební, technické a dopady na krajinu však převážily, takže dnes se praktikuje pouze u intenzivních forem chovu a výkrmu prasat a u některých forem výkrmu jehňat a býčků.

Pro podestýlku drůbeže je možno navrhovat jednoduché přístřešky, které umožňují mechanickou manipulaci pomocí shrnovacích radlic a mobilních nakladačů. (Sýkora, 2014)

8.7. Sklady hnoje, kejdy a trusu

Tyto sklady se liší podle konzistence hnojných látek. Slamnatý hnůj skotu, koní, ovcí, koz, případně prasat se ukládá do povrchových hnojišť, jejichž půdorys je přizpůsoben mechanizací plnění (to zajišťují nejčastěji hřeblové dopravníky a traktorové lžíce). Vrství se do výše až 3,5 m, vytlačená hnojůvka se zachytává v zemních jímkách. Z důvodů provozních a ekologických se hnojiště musí dimenzovat na šesti měsíční zásobu (hnojení polí na jaře a před zimou). Hnojiště je vhodné na horách a v chráněných krajinách zakrývat střechou. Hnůj je možno i komerčně upravovat pro zahrádkáře, například dosoušet a granulovat do pytlů, nebo využívat pro výrobu bioplynu. (Sýkora, 2014)

Tekutý hnůj ze stájí prasat, případně od jiných zvířat, kde se používá bezstelivové ustájení, dopravuje pomocí čerpadel do velkých kruhových nadzemních nádrží. Ty mají průměr až 30 m a skladovací výšku až 6 m, větší výšce brání především krajinářské ohledy (Tuláček, 2002). Aby se tuhá část výkalů nespojila do těžko rozpojitelného „víka“, je každá nádrž vybavena mícháním (homogenizačním) zařízením. Míchání vyvolává nepříjemné pachové efekty, a proto je vhodné nádrže zakrývat. (Sýkora, 2014)

Sklady tekutého hnoje se opět musí dimenzovat na půlroční zásobu, a proto musí být minimálně dvě (jedna se plní, druhá vyprazdňuje). Nádrž se vyprazdňuje přes čerpací stanici. Menší množství tekutého hnoje je možno skladovat i v zemních jímkách se zkoseným dnem. Ty mají šířku zpravidla 12 m a skladovací hloubku okolo 2 m. Tyto jímky jsou levnější než nadzemní nádrže, nenarušují krajinné panorama, ale zabírají větší plochu. Tekutý hnůj se musí před aplikací do půdy dále upravovat, například separovat tuhou a tekutou složku (tuhá pro kompost, tekutá k biologickému dočištění) nebo podřídit procesu vyhnívání v bioplynové stanici. (Sýkora, 2014)

K tekutým hnojivým látkám patří také močůvka a hnojůvka. Ty se skladují v zemních betonových jímkách otevřených nebo krytých nepřejezdným stropem. Všechny druhy hnojišť a nádrží musí mít nepropustní stěny a dna, aby se zamezilo případnému úniku hnojivých látek do okolní půdy a povrchové i podzemní vody. Ve vodohospodářsky cenných krajinách a v chráněných krajinách je jejich výstavba omezena (Kolb & Koželuh, 2011).

Upravovat se musí po vyskladnění i drůbeží trus. Ten by se měl nechat částečně vysušit na krytých hromadách, kde v důsledku činnosti bakterií dochází k jeho zahřátí až na 70°C. To vede ke zvýšení odparu vody a ke změně kašovitě struktury trusu na sušší

drobtovitou – takové hnojivo je možno i pytlovat. Trus lze mísit s kompostem nebo z něj získávat bioplyn. (Sýkora, 2014)

8.8. Sklady Obilí

Obilí se skladuje v halách nebo v silech, případně v kombinovaných skladech, přičemž sklady jsou buď sezónní (faremní), nebo dlouhodobé (podniky zemědělských služeb). Po sklizni musí obilí projít základním příjmacím procesem, musí se zvážít, zbavit rostlinných zbytků, hlinitých příměsí a vysušit, což zajišťuje soustava technologického vybavení, která musí být dimenzována na nárazový sklizňový provoz. Po zvážení přepravního prostředku se obilí sklápí d násypek, prochází samospádnému toku. Linka posklizňové úpravy je jednodušší u krátkodobých sil a složitější u sil dlouhodobých, velkokapacitních. Po příjmacích operacích je obilí skladováno. (Sýkora, 2014)

Skladovací prostor má být suchý a chladný (optimum +12°C), ale obilí jako živý organismus „dýchá“ tj. přijímá ze vzduchu kyslík a vydává kysličník uhličitý a teplo. Z těchto důvodů se skladování prostor a obilí musí neustále provětrávat. Přisun vzduchu do obilní vrstvy zajišťují ventilátory a vzduchové kanály nebo vzduchová potrubí, provětrávání je možno také zajistit přesypáním obilí přes proud chladného vzduchu. Skladovací prostory proto musejí být vybaveny senzory pro sledování vlhkosti a teploty. (Sýkora, 2014)

Obilní haly jsou typem krátkodobých skladů. Mají prostor rozdělen na průjezdnou příjmovou část, navazující na jedné straně na linku posklizňové úpravy a na druhé straně na skladovací oddělení pro různé druhy obilovin. Hala je 12-18 m široká, obilí se v ní skladuje do výšky až 4 m. Hromada se vytváří pomocí soustavy podstřešních pásových dopravníků nebo pomocí čelních nakladačů (traktorových lžic) (Tuláček, 2002).

Obilní sila tvoří soustava kruhových nádrží o průměrech 6-9 m (výjimečně i více) a výšce až 30 m (středně kapacitní sila) nebo až 60 m (velkokapacitní dlouhodobá sila). Nádrže mají rovné nebo kónické dno, což ovlivňuje způsob vyprazdňování (samospád nebo jeho kombinace s proudem vzduchu) (Gašparík, 2016). Nádrže se sestavují do několika řad podél plnicích a vyprazdňovacích pásů, které jsou napojeny na soustavu korečkových dopravníků. Obilí se ze sil vyprazdňuje do expedičních zásobníků umístěných nad průjezdem nákladních automobilů nebo i železničních vagónů (Gašparík, 2016).

Sušárna obilí stojí mimo skladovací prostory a tvoří ji topný zdroj, rozměrné vzduchové potrubí a krytá soustava šikmých plošek, kterými obilí propadává přes vzduchové proudění. Vysušené obilí se vrací do skladovacích prostor. (Sýkora, 2014)

Kombinované sklady souží na farmách pro krátkodobé uskladnění více druhů obilovin, luštěnin osiv a tvoří je malokapacitní sila různých půdorysných tvarů a výšek do 6 m, umístěných v halovém přístřešku (Sýkora, 2014).

9. METODIKA

Pomocí odborné literatury byla zpracována literární rešerše zaměřena na navrhování dřevěných konstrukcí a požadavků, které jsou s nimi spojené. Dále teoretická část obsahuje podrobnější zpracování týkající se staveb pro hrabavou drůbež.

V praktické části byl nejprve zpracován návrh víceúčelové haly v programu SEMA, na který navazovala příprava vstupních hodnot pro program DLUBAL, ve kterém proběhlo statické posouzení navržené konstrukce. Posouzení té části objektu, u které je použita vazníková střešní konstrukce, proběhlo ve spolupráci s firmou Dřevěné konstrukce s.r.o. pomocí programu TRUSS4.

10. Praktická část

10.1. Třídy provozu a třídy trvání zatížení

Třídy provozu v někdy označováno jako třídy použití.

System tříd provozu je zaměřen především na určování hodnot pevností a na výpočet deformací při daných podmínkách prostředí.

Třída provozu 1 je charakterizována vlhkostí materiálů odpovídající teplotě 20 °C a relativní vlhkostí okolního vzduchu přesahující 65 % pouze po několik týdnů v roce. Ve třídě vlhkosti 1 nepřesahuje průměrná vlhkost u většiny měkkého dřeva 12 %.

Třída provozu 2 je charakterizována vlhkostí materiálů odpovídající teplotě 20 °C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 85 % pouze po několik týdnů v roce. Ve třídě vlhkosti 2 nepřesahuje průměrná vlhkost u většiny měkkého dřeva 20 %.

Třída provozu 3 je charakterizována klimatickými podmínkami vedoucími k vlhkosti vyšší než ve třídě vlhkosti (ČSN EN 1995-1-1). Kryté konstrukce by měly být zařazeny do třídy provozu 3 pouze výjimečně.

Třídy trvání zatížení jsou charakterizovány účinkem konstantního zatížení působícího po určitou dobu během životnosti konstrukce (ČSN EN 1995-1-1)

Tabulka 5 Třída trvání zatížení

(Kuklík, 2005)

Třída trvání zatížení	Řád souhrnného trvání charakteristického zatížení	Příklady zatížení
stálé	déle než 10 let	vlastní tíha
dlouhodobé	6 měsíců až 10 let	skladové zatížení
střednědobé	1 týden až 6 měsíců	užitné zatížení
krátkodobé	méně než 1 týden	sněh ¹⁾ a vítr
okamžikové	-	velmi krátkodobé zatížení

1) V oblastech s velkým zatížením sněhem po delší časové období se má část tohoto zatížení uvažovat jako střednědobé.

10.2. Třídy ohrožení dřeva

Druh ochrany dřeva je pokaždé závislý na konkrétním prostředí, kde bude dřevo umístěno. Normová definice třídy ohrožení dřeva:

Třída ohrožení 1 - dřevo v interiéru staveb plně chráněné před povětrností, bez rizika vyluhování vodou, mimo kontakt se zemí nebo neizolovaným zdivem. Vlhkost

dřeva nikdy nepřevýší 20 %. Předpokládá se možné napadení dřevokazným hmyzem, napadení dřevokaznými houbami je zanedbatelné.

Třída ohrožení 2 - dřevo v interiéru staveb chráněné před účinky povětrnosti a vyluhování vodou. Vlhkost prostředí může vést k občasnému zvýšení vlhkosti dřeva nad 20 %. Lze předpokládat možné napadení dřevokazným hmyzem, dřevokaznými houbami a plísněmi.

Třída ohrožení 3 - dřevo v exteriéru nebo v interiéru nechráněné před působením povětrnosti a vyluhování vodou. Není v trvalém kontaktu se zemí nebo sladkou vodou. Vlhkost dřeva je opakovaně vyšší než 2 %. Je možné napadení dřevokaznými houbami, plísněmi a hmyzem.

Třída ohrožení 4 - dřevo v trvalém kontaktu s vodou nebo se zemí. Vlhkost je trvale vyšší než 20 %. Lze předpokládat napadení houbami, hmyzem a plísněmi.

Třída ohrožení 5 - dřevo v trvalém a přímém styku s mořskou vodou. U nás nepřichází v úvahu (ČSN EN 1995-1-1).

10.3. Požadavky na folie

Střešní folie by měly být nehořlavé a samohasící. Vyrábějí se i standardní folie bez retardérů hoření. Měly by obsahovat přídavek UV stabilizátorů. Jinak se folie poškodí na prudkém slunci, pokud je expandována více týdnů nebo měsíců. Všechny tyto úpravy jsou promítnuté do ceny folií.

Základní parametr folie je pevnost v tahu, která má být minimálně 300 N/50 mm. Chráněná před případným poškozením při našlápnutí pokrývači, a na přenesení hmotnosti srážkové vody při poškození krytiny střechy. Dalším parametrem je prodloužení před protrhnutím – cca 20 %. Dále tzv. pevnost při vtrhnutí klínu, závisí od struktury folie a má dosahovat hodnoty od 90-100 N a více (Dudas & Čellár, 2000).

10.4. Zatížení

10.4.2. Zatížení sněhem

Zatížení sněhem se uvažuje jako zatížení proměnné pevné a posuzují se trvalé a dočasné návrhové situace. Předpokládá se, že zatížení působí svisle a je vztaženo k půdorysné ploše střechy. Pro výpočet zatížení sněhem se vychází ze základního vztahu:

Rovnice 3 Zatížení sněhem

(ČSN EN 1991-1-3)

$$s = \mu_k C_e C_t s_k$$

Kde: μ_k – tvarový součinitel

s_k – charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kN/m²]

C_e – součinitel expozice

C_t – součinitel tepla, který má obvykle hodnotu 1,0

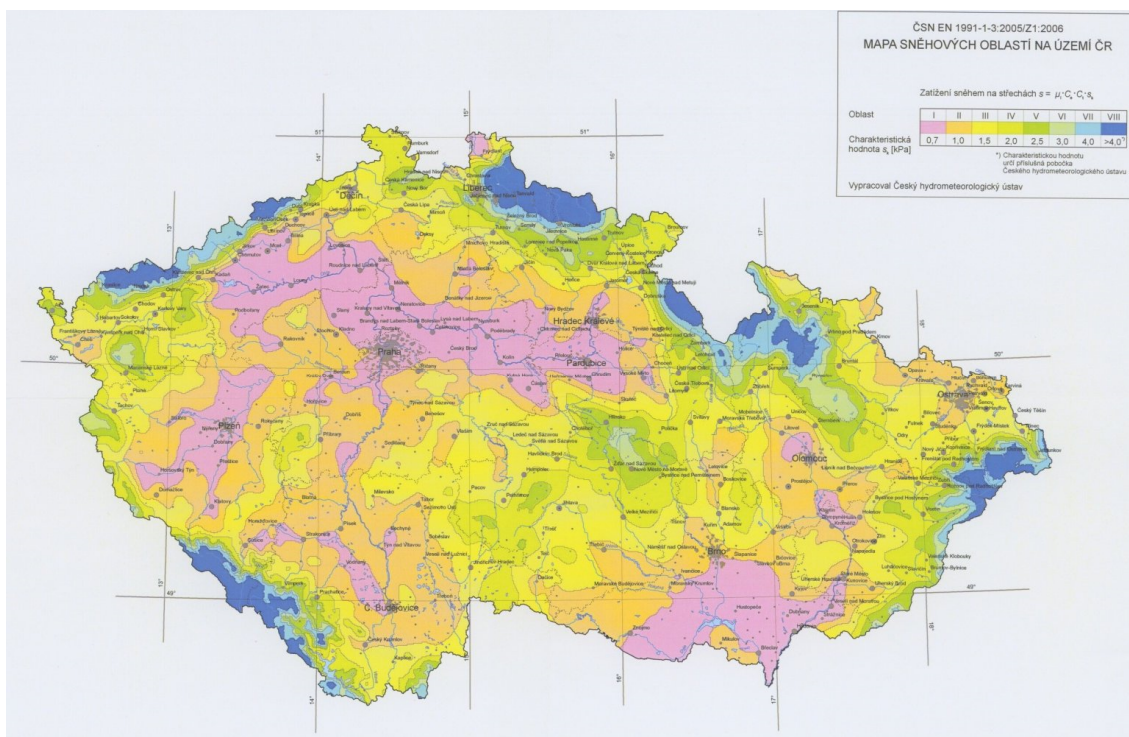
μ_k – Tvarový součinitel se odvíjí od tvaru střechy a jeho hodnota je pro typické případy určena normou ČSN EN 1991-1-3 podle sklonu budovy. Navrhovaný sklon budovy 26°, z čehož vyplívá hodnota pro výpočet 0,8 (ČSN EN 1991-1-3).

Tabulka 6 Tvarové součinitele zatížení sněhem – sedlové střechy

(ČSN EN 1991-1-3)

Úhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
tvarový součinitel μ_k	0,8	0,8	$0,8 (60-\alpha)/30$	0

s_k – Hodnotu zatížení sněhem lze odečíst z mapy sněhových oblastí (viz. obrázek 37) nebo z webové stránky Českého hydrometeorologického ústavu (<http://www.snehovamapa.cz/>), kde lze zadat konkrétní místo v ČR objektu a zobrazí se přesné zatížení pro toto místo. Na základě webových stránek jsem zadal přesnou polohu a určil hodnotu pro obec Chyšky 1,65 kN/m².



Obrázek 37 Mapa sněhových oblastí

(ČSN EN 1991-1-3).

C_e – Součinitel expozice uvažuje okolí budoucí výstavby, jeho hodnota se určuje z tabulky v závislosti na typu krajiny (Lorenz, 2005).

Typy krajiny:

- Otevřená krajina – plocha rovná bez bariér, otevřená do všech stran, nekrytá okolní krajinou, stromy nebo vyššími budovami.
- Normální krajina – plochy, kde nedochází na budovách k výraznému přesunutí sněhu.
- Chráněná krajina – plochy, kde je navrhovaná budova výrazně nižší než okolní stavby, terén či stromy (ČSN EN 1991-1-3).

Jelikož bude budova umístěna do okolní zástavby podobného typu budov i výšek, kde se částečně vyskytují i stromy, byla krajina stanovena jako normální s hodnotou 1.

Tabulka 7 Součinitele expozice

(ČSN EN 1991-1-3)

Typ krajiny	C_e
otevřená	0,8
normální	1
chráněná	1,2

C_t – Tepelný součinitel se pro střechy s tepelnou prostupností menší než 1 W/m K uvažuje roven 1, jinak se určí dle normy (C_t nesmí být menší než 0,8). Jelikož se jedná o silně zateplenou budovu s malou tepelnou prostupností byla použita hodnota 1 (ČSN EN 1991-1-3).

Rovnice po dosažené konkrétních hodnot má tedy podobu:

$$s = 0,8 * 1 * 1 * 1,65 \quad s = 1,32 \text{ kN/m}^2$$

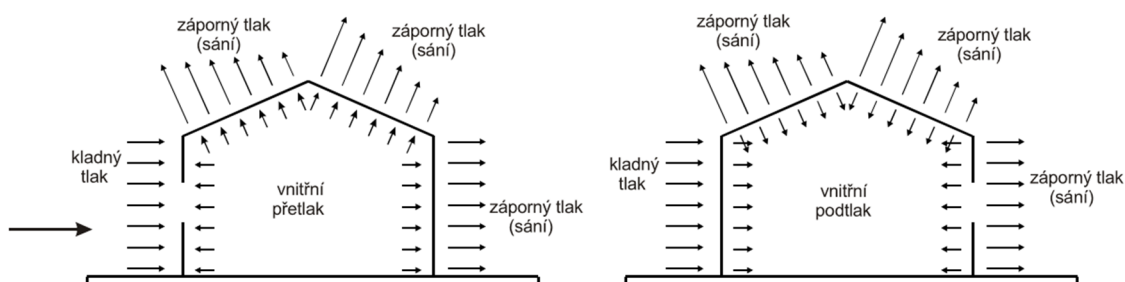
Pro získání hodnoty pro výpočet sněhového zatížení na konstrukci je tuto hodnotu ještě nutné vynásobit zatěžovanou šířkou konstrukce, která je v tomto případě 3,5 m.

$$s_d = 1,32 * 3,5; s = 4,62 \text{ kN/m}$$

Návrhová hodnota tedy činí 4,62 kN/m.

10.4.3. Zatížení větrem

Zatížení větrem je popisováno zjednodušeným souborem sil nebo tlaků, jejichž účinky jsou rovnocenné maximálním účinkům turbulentního větru. Síly a tlaky od větru působí kolmo k jednotlivým elementům obvodového pláště nebo k povrchu konstrukce. Jestliže jsou veliké plochy konstrukce obtékány větrem, můžou také způsobovat závažné třecí síly rovnoběžně s povrchem. Zatížení větrem navržená podle ČSN EN 1991-1-4 jsou charakteristické hodnoty (ČSN EN 1991-1-4).



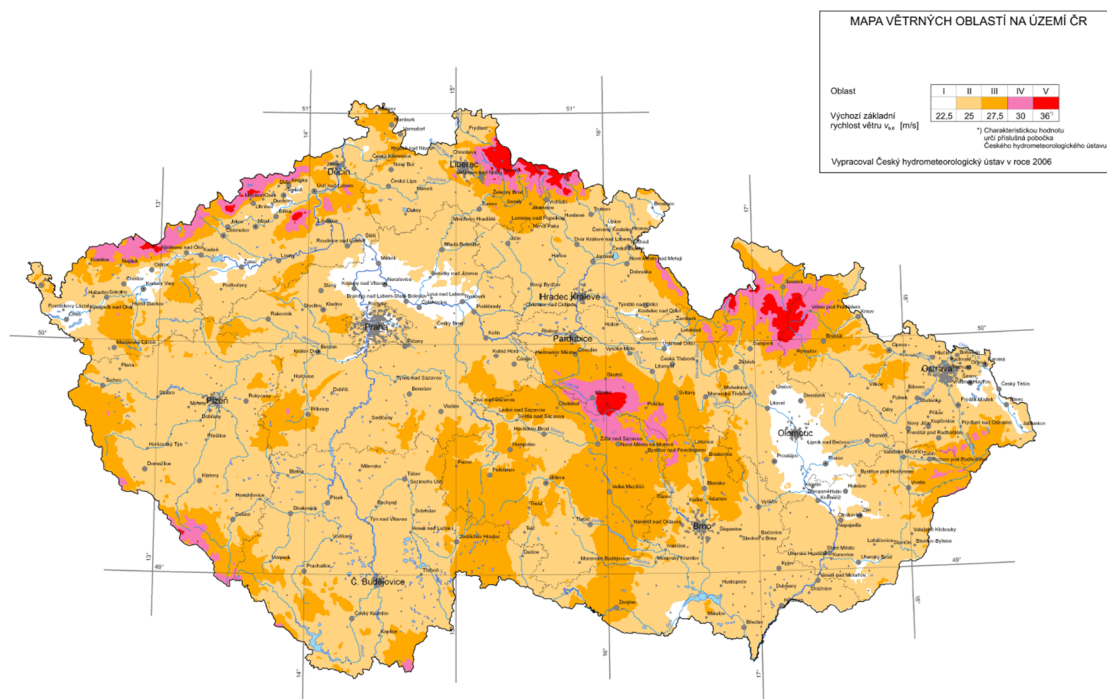
Obrázek 38 Zatížení větrem

(ČSN EN 1991-1-4)

Zatížení větrem ovlivňuje mnoho parametrů. Mezi nejvýznamnější patří rychlost větru, kategorie terénu a je zde i vliv sklonu střechy (Remeš, 2017).

Rychlost větru

Rychlost větru v místě stavby se určuje pomocí mapy větrných oblastí a tabulky se základními rychlostmi a tlaky větru (ČSN EN 1991-1-4).



Obrázek 39 Mapa větrných oblastí na území ČR

(ČSN EN 1991-1-4)

Tabulka 8 Tabulka základních rychlostí a tlaků větru

(ČSN EN 1991-1-4)

Oblast	I	II	III	IV	V
v_0 [m/s]	22,5	25	27,5	30	36
q_b [N/m ²]	316	391	473	563	810
q_b [kN/m ²]	0,316	0,391	0,473	0,563	0,810

Kategorie terénů:

- Kategorie 0 – Moře nebo pobřežní oblasti otevřené k moři (v ČR se neuvažuje)
- Kategorie I – Jezera nebo oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek
- Kategorie II – Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a izolovanými překážkami (budovy, stromy), vzdálenými od sebe nejméně 20násobek, výšky překážek.
- Kategorie III – Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, pozemními stavbami nebo izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou souvislý les, předměstí, vesnice).
- Kategorie IV – Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto budovami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m (ČSN EN 1991-1-4).

Tabulka 9 Součinitele podle kategorií terénu

(ČSN EN 1991-1-4)

h_{\min} [m]	Kategorie terénu			
	I	II	III	IV
4	2,1	1,8	1,2	1,1

Zatížení větrem je velice obsáhlá oblast, která ovšem v případě posouzení nemá v porovnání se zatížením sněhem a vlastní tíhou, při nízkém sklonu střechy takový vliv, a proto byl zvolen zjednodušený postup výpočtu podle návodu statického programu Dlubal (firma zjednodušený výpočet navrhla podle normy ČSN EN 1991-1-4), ve kterém byl celkový statický posudek realizován.

Umístění budovy do obce Chyšky předurčuje hodnoty součinitelů větrové oblasti III a v terénu kategorie III působících v minimální výšce 4 m (pro tento případ).

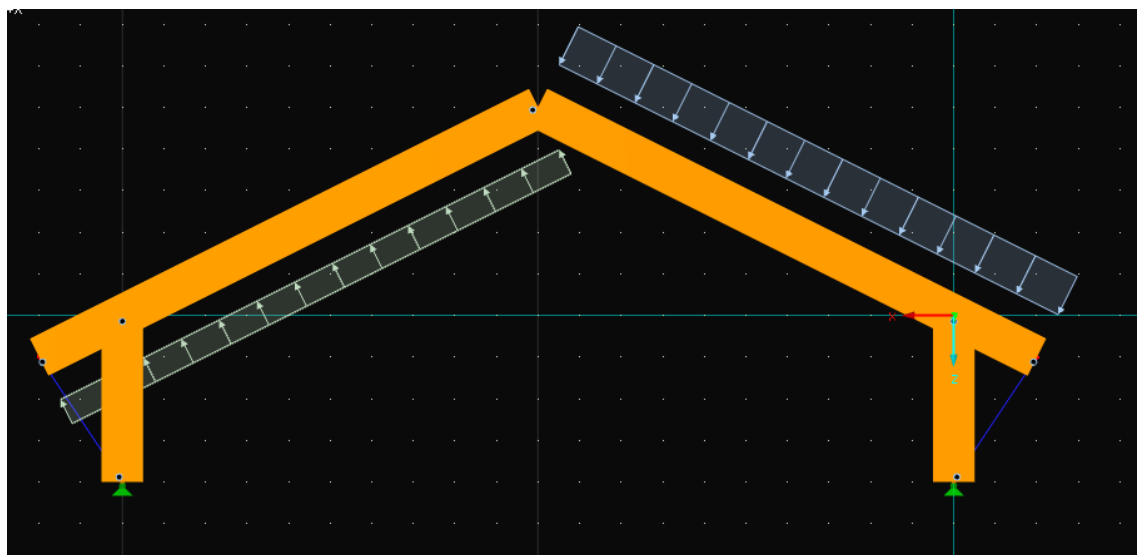
Zjednodušeného dynamického tlaku na návětrné straně tedy vypadá takto:

$$w_D = \text{součinitel terénu} * \text{součinitel větrové oblasti} \text{ kN/m}^2 * 3,5 \text{ m} = 2,0 \text{ kN/m}$$

$$w_D = 1,2 * 0,473 \text{ kN/m}^2 * 3,5 \text{ m} = 2,0 \text{ kN/m}$$

Zatížení sáním větru na závětrné straně se vypočítá následovně:

$$w_S = 1,2 * 0,297 \text{ kN/m}^2 * 3,5 \text{ m} = 1,25 \text{ kN/m}$$



Obrázek 40 Zatížení větrem

(Vlastní tvorba)

10.4.4. Zatížení stálé

Stálé (pevné) zatížení stavebních prvků pojímá vlastní tíhu nenosných prvků a nosných včetně pevných vybavení, jako jsou obvodový plášť nebo střešní krytina.

Na základě skladby konstrukce a údajů o materiálech od výrobců byly zjištěny návrhové hodnoty pro výpočet (Remeš, 2017).

Tabulka 10 Zatížení konstrukce (stálé)

(Vlastní tvorba)

Zatížení	Charakteristické hodnoty	Bezpečnostní koeficient	Návrhové hodnoty
TiZn plech 0,8mm, 5,7kg/m ²	0,20	1,3	0,26
Bednění z nehublovaných prken tl.20 mm	0,32	1,3	0,41
Paropropustná folie	0,00	1,3	0,00
nosná žebra z dřevěných hranolů 200/80	0,32	1,3	0,41
Minerální izolace mezi žebra 200 mm 0,5kN/m ³	0,35	1,3	0,46
Parozábrana	0,00	1,3	0,00
OSB Firestop 19 mm	0,48	1,3	0,62
celkem stálé zatížení	1,66		2,16

10.4.5. Zatížení užitné

Užitná zatížení se podle proměnlivosti v čase a prostoru klasifikují jako proměnná volná zatížení a je tedy nutno uvažovat zatěžovací stavy. Proměnná zatížení jsou obecně nahrazena rovnoměrným zatížením a osamělými tíhami, případně jejich kombinací (Lorenz, 2005).

Tabulka 11 Kategorie zatěžovaných ploch

(ČSN EN 1995-1-1)

Kategorie zatěžovaných ploch	Stanovené použití
H	Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav
I	Střechy přístupné (pochůzné)
K	Střechy přístupné pro zvláštní provoz (např. přistání vrtulníků)

Tabulka 12 Užitná zatížení střech kategorie H

(ČSN EN 1995-1-1)

Užitná zatížení střech kategorie H		
Střecha	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorie H	$q_k (0,75)$	$Q_k (1,0)$
Pozn. 1: Pro kategorii H mohou být hodnoty q_k vybrány v rozmezí od 0,0 kN/m ² do 1,0 kN/m ² a hodnoty Q_k v rozmezí od 0,9 kN do 1,5 kN. Tam, kde je uvedeno rozmezí hodnot, mohou se hodnoty určit v národní příloze. Doporučené hodnoty jsou: $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$; $Q_k = 1,0 \text{ kN}$		
Pozn. 2: q_k se může v národní příloze měnit v závislosti na sklonu střechy.		
Pozn. 3: Lze předpokládat, že q působí na ploše A , která může být stanovena v národní příloze. Doporučená hodnota $A = 10 \text{ m}$, v rozmezí od nuly až do celkové plochy střechy.		
Pozn. 4: Na střechách kategorie H se nemá uvažovat současné působení užitných zatížení a zatížení sněhem nebo větrem.		

Jelikož v tabulce jsou hodnoty zatížení uváděny v kN/m² bylo do výpočtu ještě nutné započítat zatěžovanou oblast (v tomto případě 3,5m) abychom získali hodnotu zatížení na metr [kN/m] potřebnou do 2D výpočtu v programu Dlubal.

Tabulka 13 Zatížení užité + celkové od konstrukce

Vlastní tvorba

Zatížení	Charakteristické	Bezpečnostní koeficient	Návrhové
Užitné zatížení – nepochozí střecha	2,80	1,5	4,20
zatížení od konstrukce celkem (stálé + užité)	4,46		6,36

10.5. Konstrukce

10.5.2. Sklad

Sklad krmiv a obilovin pro drůbež.

Tabulka 14 Skladba konstrukce

(Vlastní tvorba)

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c	Ro [J/(kg.K)]	Mi [kg/m3]	Ma [-]
1	OSB desky	0,0190	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
2	Dörken Delta-L	0,0002	0,1700	1000,0	930,0	10000,0	0.0000
3	Isover Unirol	0,2000	0,0360	840,0	21,5	1,0	0.0000
4	MDF desky 2	0,0160	0,1000	1700,0	400,0	10,0	0.0000
5	Dřevo měkké	0,0200	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

1) Opláštění

OSB FIRESTOP

OSB deska Firestop se skládá ze dvou částí, základovou deskou typu OSB 3, kterou lze použít jako nosnou desku do vlhkého prostředí, a odolnou požární úpravou. Vůči klasickým deskám na bázi dřeva, deska OSB Firestop je lépe hodnocena v reakci na oheň. Povrchová úprava je zhotovena z protipožární látky na bázi oxidu hořečnatého vyztužené mřížkou ze skelných vláken. Takováto úprava dodává velmi pevné spojení se základovou deskou, a vedle vysoké odolnosti proti požáru zvyšuje pevnost OSB desky v ohybu i smyku ve celém průřezu (<http://cz.kronospan-express.com> 3.3.2018).

Kronospan uvádí, že při požáru zároveň zajišťují protipožární celistvost po řádově delší dobu, než je tomu u desek sádrokartonových. Desky OSB Firestop jsou lehčí a pevnější než sádrokarton. Navíc se fixují použitím běžných upevňovacích prvků (šrouby, hřebíky, sponky) (<http://cz.kronospan-express.com> 3.3.2018).



Obrázek 41 OSB Firestop

(<http://cz.kronospan-express.com> 3.3.2018).

DELTA®-LUXX – Dvouvrstvá parobrzda

Tato fólie brzdí průnik vnitřního vlhkého vzduchu a zbylá průchozí vlhkost projde přes tepelnou izolaci a pojistnou hydroizolaci. Parotěsná zábrana se slepuje v přesazích výrobcem určenou páskou DELTA-MULTI Band, kterou lze i připevnit folii i na hrubé povrchy. Na hladké podklady se folie vzduchotěsně lepí pomocí lepidla DELTA-TIXX. Pásky lze pokládat kolmo, nebo i souběžně s krokvemi. Snadno se fixují sponkami nebo lepenkovými hřebíky. Místa kotvení se přelepí páskou nebo se zakryjí nosným profilem vnitřního obkladu (<http://www.doerken.com/cz/vyroby/> 12.3.2018).

MDF desky

Hlavními přednostmi těchto desek je odstranění anizotropního charakteru dřeva, dobré zvukové a tepelně izolační vlastnosti, biologická nezávadnost a jednoduché zpracování.

Palubky

Palubky byly zvoleny na vnější obklad, jelikož jde o přírodní materiál s dobrými vlastnostmi, který je v případě porušení snadno opravitelný. Také nejsou příliš cenově náročné. Jako nevýhodu lze považovat pravidelnou údržbu povrchu palubek, a protože jsou zde zvoleny palubky smrkové je třeba zmínit i jejich menší trvanlivost. Všechny tyto nedostatky ovšem kompenzuje nízká cena oproti jiným materiálům.

Krytina – Trapézový plech Pozink tl. 0,8 mm

Jako střešní krytina byl na celou stavbu použit pozinkovaný trapézový plech tloušťky 0,8 mm. Tato krytina je díky své nízké hmotnosti, ale zároveň dobrým technickým parametrům vhodná pro velkorozponové stavby, jako je i tato. Plech není náročný na techniku montáže. Je ovšem nutné dbát pokynů výrobce, obzvláště pak v oblastech u hřebene a okrajích stavby, kde působí nejvíce sání větru a je tudíž riziko odtržení krytiny (Hanzalová, 2002).



Obrázek 42 Krytina – Trapézový plech

(<http://www.ok-strechy.cz/eshop/932/trapezovy-plech-satjam-sat50-pozink-tl-08-mm.html> 9.4.2018)

2) Nosná konstrukce, střešní konstrukce a její vyplnění

Minerální vata ISOVER UNIROL PROFI

Tato minerální vata se dodává v rolovaných pásech vyrobených ze skelné plsti, která má po povrchu hydrofobizovaná vlákna. Izolaci je potřebné v konstrukci chránit vhodným způsobem (parotěsnicí fólie). Izolace je hygienicky a ekologicky nezávadná a odolná vůči houbám, plísním a dřevokaznému hmyzu. Firma Isover řadí minerální vatu Unirol Profi jako výrobek s nejlepší lambdou na trhu ve své kategorii. Izolaci se doporučuje zabudovávat do konstrukce lehce zhuštěnou, a to tak že pokud je zabudována vata o šířce 600 mm doporučuje se světlá mezera mezi sloupky konstrukce o 10 mm menší, tedy 590 mm. Tomu rozměru byla uzpůsobena sloupková konstrukce (<http://www.isover-eshop.cz/isover-unirol-profi?v=1060> 8.4.2018).



Obrázek 43 Minerální vata

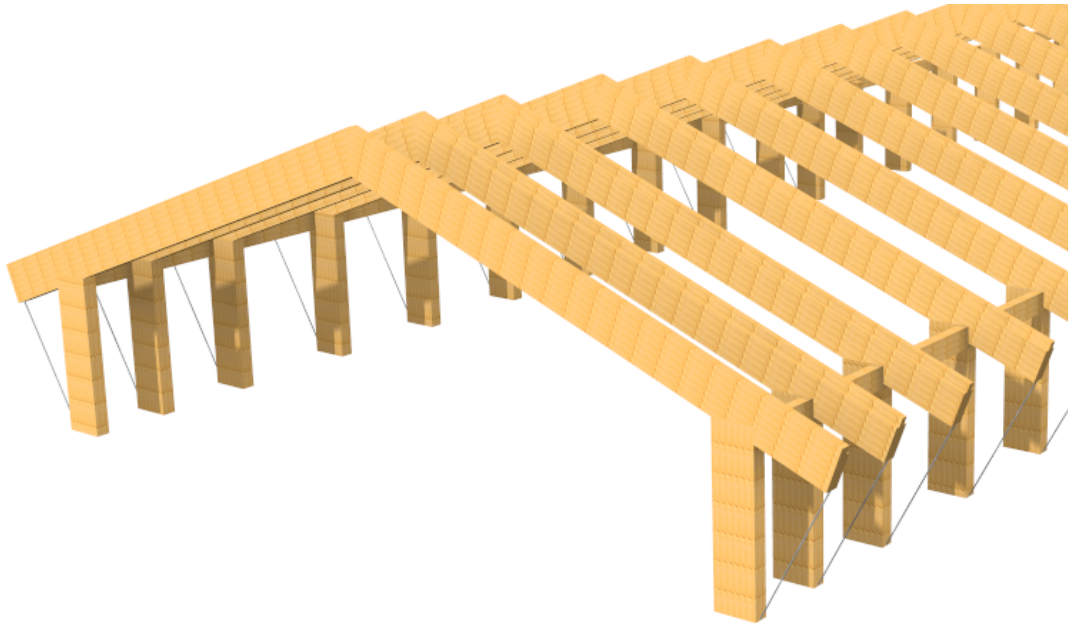
(<http://www.isover-eshop.cz/isover-unirool-profi?v=1060> 8.4.2018)

Sloupková konstrukce – Hranoly z rostlého řeziva

Sloupková konstrukce je z rostlého řeziva průřezu 80/200 mm v osových vzdálenostech 670 mm. Osová vzdálenost je odvozena od požadované světlé šířky pro izolaci, která činí 590 mm a sloupků šířky 80 mm. Tato sloupková konstrukce tvoří jak konstrukci stěn skladu, tak i střešní panely, které jsou vsazeny do lepených lamelových nosníků, ve kterých je na to zhotovena odpovídající polodrážka. Konstrukce tak díky panelům, které jsou vysoce tuhé díky rámu a konstrukce z řeziva zaklopené deskovými materiály, získává i vysokou tuhost v podélném směru.

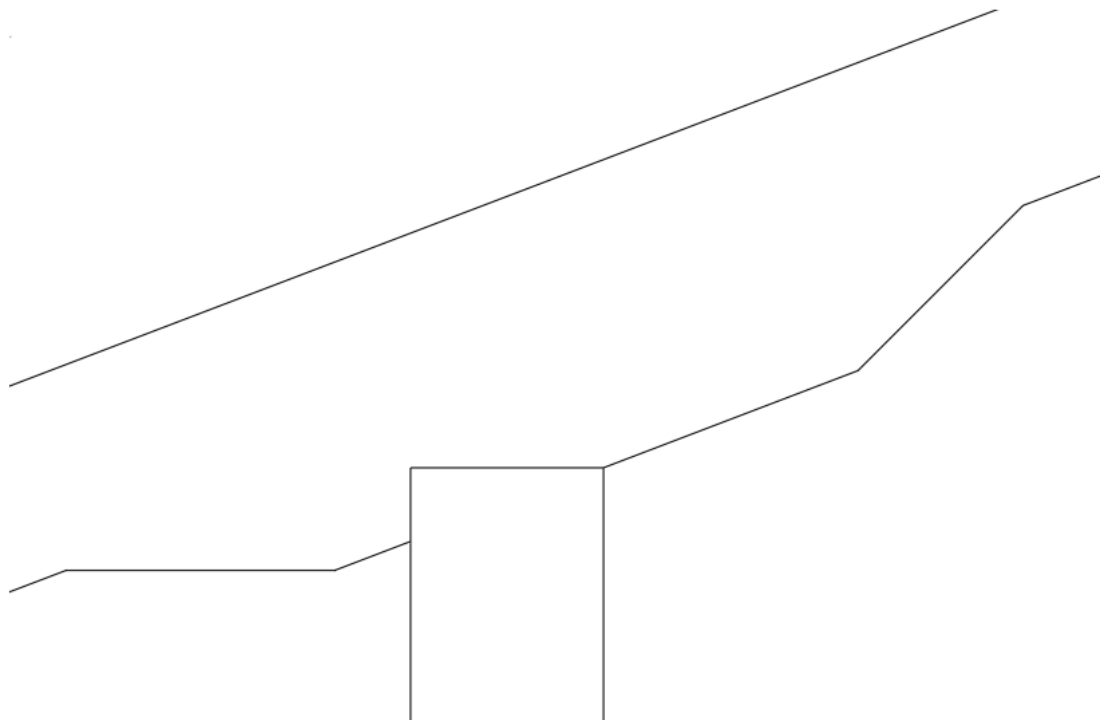
Lepené lamelové nosníky

Konstrukce skladu je navržena tak, že naprostá většina zatížení je přenášena do lepených lamelových nosníků průřezu 350/1000 mm, třídy GL 24c, pomocí kterých je zatížení přeneseno do skeletu také z lepených lamelových nosníků stejného průřezu. Tato konstrukce má díky svému homogennímu průřezu snadno předvídatelné, a hlavně dobré vlastnosti. Tyto nosníky mají i přes velký průřez vyšší tvarovou stálost a také menší náchylnost k tvorbě trhlin (<http://www.konstrukce-tesko.cz/lepene-lamelove-drevo-vyroba-a-prodej> 16.12.2017). Tyto nosníky by v případě vysokých nároků na cenu bylo možné eventuálně zhotovit v i druhým způsobem a to tím, že v místě s nejvyšším namáháním by se průřez zvýšil a v místě s malým namáháním snížil. Tím by se snížil celkový objem použitého materiálu, ovšem na úkor esteticky.



Obrázek 44 Konstrukce z lepených nosníků

(Vlastní tvorba)



Obrázek 45 Ekonomické řešení

(Vlastní tvorba)

3) Zavětrování

Příčné zavětrování

Příčné zavětrování (ztužení) konstrukce je řešeno pomocí ocelových táhel, které jsou umístěny zvenku, aby mohl být maximálně využit skladovací prostor. Ocelové táhlo bylo na základě statického posouzení v programu DLUBAL RSAB. Táhlo je z oceli jakosti S355 a kvality materiálu průměru M 35 mm. V plném zatížení konstrukce je toto táhlo namáháno maximální tahovou silou 212,321 MPa. Při takovém zatížení je využití táhla nejvíce 60 % a proto bezpečně vyhoví.

Prut č.	A	B	C	D	E		F	G
	Místo x [m]	Nap. bod č.	Zatížení	Typ napětí	Napětí [MPa] návrh	mez	Vy- užití	
5	Průřez č. 6 - Tyč 35							
	2.404	28	KZ3	Sigma celkem	212.321	355.000	0.60	
	0.000	37	ZS1	Tau celkem	0.105	204.959	0.00	
	2.404	28	KZ3	Sigma-eqv	212.321	355.000	0.60	
8	Průřez č. 6 - Tyč 35							
	2.404	28	KZ2	Sigma celkem	193.452	355.000	0.54	
	0.000	37	ZS1	Tau celkem	0.105	204.959	0.00	
	2.404	28	KZ2	Sigma-eqv	193.452	355.000	0.54	

Obrázek 46 Napětí v prutech

(Vlastní tvorba)



Obrázek 47 Ocelové táhlo

(<http://www.konstrukce.cz/clanek/protah-certifikovany-system-konstrukcnich-tahel/> 3.4.2018)

Přikotvení táhla, konstrukční spoje

Kotvení táhel i ostatních spojů bylo navrženo v souladu s normou ČSN 73 1702, která určuje minimální vzdálenosti při kotvení ocelových prvků do dřeva. Ve spodní části konstrukce je táhlo přikotveno přes čepový spoj ke svařovanému prvku, který je pevně ukotven do základů a na tomto prvku stojí i nosníkový sloup, který je připevněn svorníky. Exteriérová část toho prvku je ukryta pod povrchem na stejném principu jako je tomu na obrázku 47. Vrchní část táhla prochází Lepeným lamelovým nosníkem naskrz a je zakončena závitem přes, na který je nasazena masivní podložka s matkou a díky nimž je táhlo pevně dotaženo a zajišťuje požadovanou tuhost. Spoj je tak možno postupně

dotahovat i v průběhu užívání stavby. Rohový spoj nosníku a nosníkového sloupu je řešený pomocí příložných ocelových plátů připevněných svorníky. Rovněž tomu tak bylo i ve vrcholovém spoji obou střešních nosníků, kde ovšem byl ocelový plát vložen. Detailní provedení táhla i ostatních spoje jsou naznačeny na výkresu „CAD detaily spojů“ v přílohách.



Obrázek 48 Přikotvení táhla do země

(Vlastní zdroj)

Tabulka 15 Nejmenší osové vzdálenosti svorníků a kolíků

(ČSN 73 1702)

Nejmenší osová vzdálenost svorníků nebo kolíků		Celková tloušťka prvku	
		> 10 d	≤ 10 d
Ve směru vláken	Mezi svorníky	7 d	6 d
	Od namáhaného konce		
Kolmo na vlákna (kolmo na směr síly)	Mezi svorníky	3,5 d	3 d
	Od kraje prvku	3 d	2,5 d
Šikmo k vláknům	Od kraje prvku	3,5 d	
Pro ocelové svorníky platí, že musí být od kraje minimálně 100 mm			

Podélné zavětrování

Podélné ztužení konstrukce zde plní rámy vložené v konstrukci, a to jak ve stěnách, tak i ve střešní konstrukci. Tyto rámy mají díky své skladbě (převážně kvůli konstrukčním deskám) vysokou tuhost a bezpečně tak zajistí podélné ztužení konstrukce. Rámy jsou ve střeše vsazeny do drážek 100/200 mm, které jsou v lepených nosnících (obrázek 46). Rámy a lepené nosníky jsou spojeny vruty. Rámy stěn jsou vsazeny mezi nosníkové sloupy a jsou k nim přivrtávány.



Obrázek 49 Rámy střešní konstrukce v lepeném nosníku

(Vlastní tvorba)

10.5.3. Hala pro hrabavou drůbež

Tabulka 16 Skladba konstrukce

(Vlastní tvorba)

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c	Ro [J/(kg.K)]	Mi [kg/m ³]	Ma [-]
1	OSB desky	0,0190	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
2	Dörken Delta-L	0,0002	0,1700	1000,0	930,0	10000,0	0.0000
3	Isover Unirol	0,2600	0,0360	840,0	21,5	1,0	0.0000
4	MDF desky 2	0,0160	0,1000	1700,0	400,0	10,0	0.0000
5	Dřevo měkké	0,0200	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

1) Opláštění

Stejně jako u skladové části, jelikož deska OSB Firestop je omyvatelná a z vnějšíku je požadavek na stejné opláštění celé konstrukce.

2) Nosná konstrukce, střešní konstrukce a její vyplnění

Nosná konstrukce je totožná se skladovou částí, pouze s rozdílem v tloušťce tepelné izolace (tím pádem i sloupkové konstrukce), která z důvodů vysokých tepelně technických požadavků je zvýšena na 260 mm. Tímto způsobem je dosažen tepelný komfort pro efektivní chov.

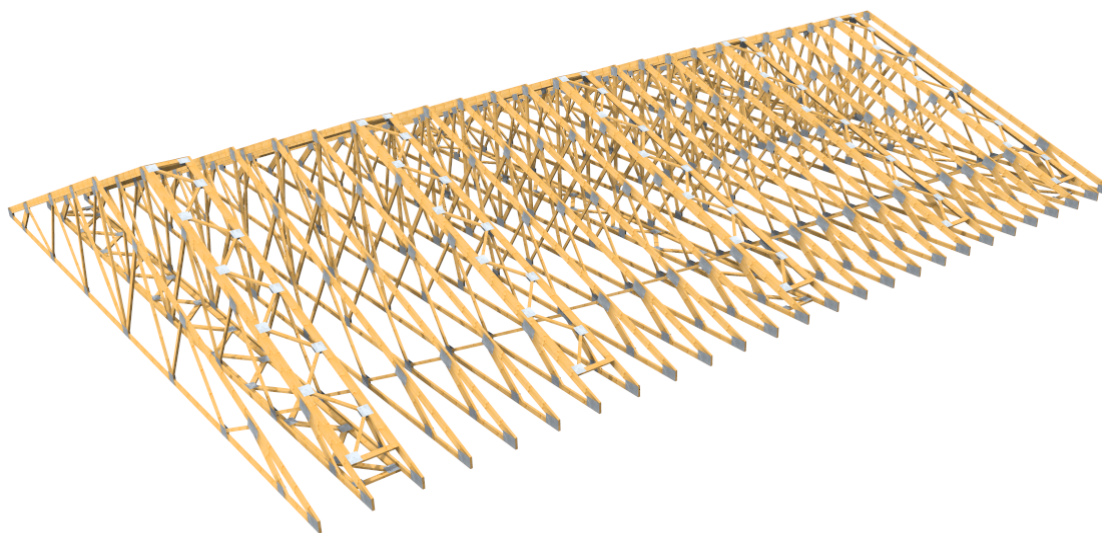
Největší rozdíl zde nastává ve střešní konstrukci. Z důvodů vysokého tepelného komfortu byl zde požadavek na dobré zateplení a snadné vytápění. Proto bylo rozhodnuto o využití vazníkové konstrukce, která umožňuje snadné vytvoření nízkého podhledu, který je výhodný pro udržení tepelného komfortu a zároveň i snadný rozvod vzduchotechniky skrze konstrukci vazníku. Vazníky byly navrženy ve spolupráci s firmou Dřevěné konstrukce s.r.o., která se na tuto problematiku specializuje. Vazníky jsou v konstrukci uloženy na pozednici o rozměrech 250/500. Pozednice je zde umístěna z toho důvodu, aby přenesla zatížení od střechy do sloupů, protože nosné sloupy mají osový rozestup 3,5 což je o dost méně než vazníky.

3) Vzduchotechnika

Pomocí vzduchotechniky bude zajištěna kvalitní výměna vzduchu a rovnoměrný rozvod tepla, který chov hrabavé drůbeže vyžaduje. Jelikož je vzduchotechnika důležitý prvek, je zde řešena externí firmou specializující se v této oblasti. Jedná se o firmu ZVVZ Milevsko a.s., která navíc působí přímo v regionu, kam je stavba navržena.

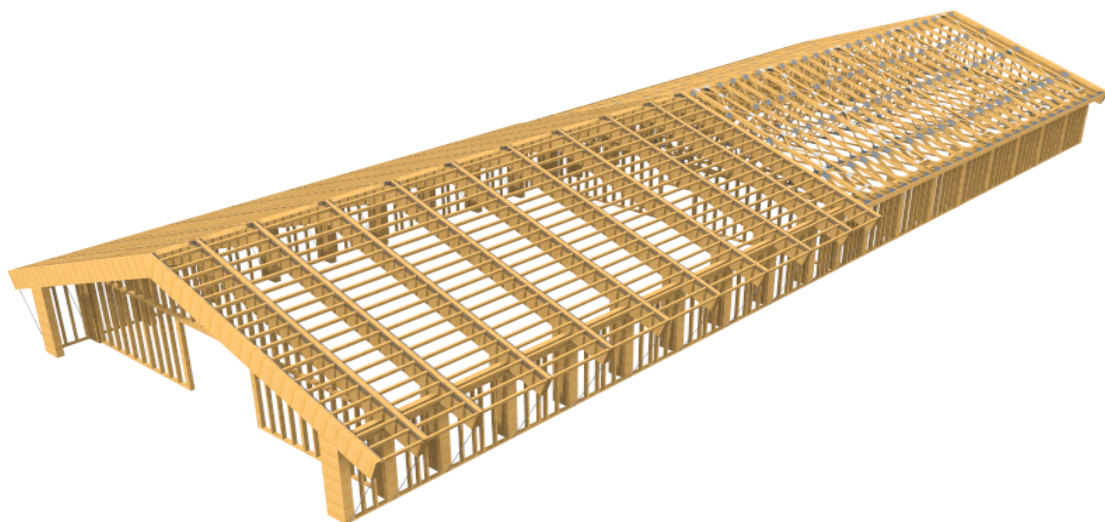
4) Ztužení konstrukce

Podélné ztužení konstrukce podélné střešní ztužení konstrukce bylo řešeno podle postupu ztužení vazníků v kapitole 4.6 které je v souladu s obecně uznávanými požadavky (ztužovací vazníky apod.). Ztužení stěn je řešeno jako u konstrukce skladu.



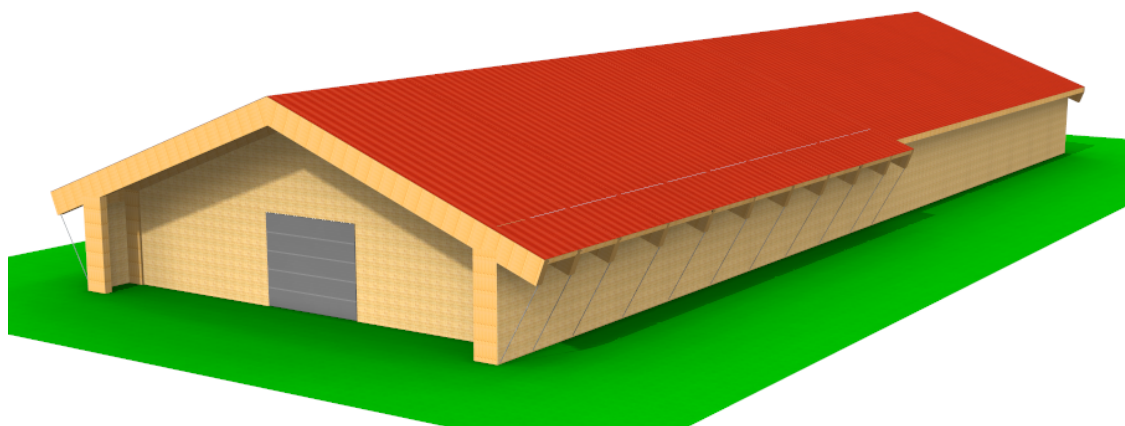
Obrázek 50 Vazníková střešní konstrukce

(Vlastní tvorba)



Obrázek 51 Konstrukce

(Vlastní tvorba)



Obrázek 52 Vizualizace

(Vlastní tvorba)

11. Závěr

V této diplomové práci jsou shrnuty poznatky z problematiky zemědělských staveb, jejich konstrukčních řešení a vlastností (např. akustika, požární odolnost).

Cílem tedy byla literární rešerše, na kterou navazovalo zpracování vlastního návrhu haly sloužící pro chov hrabavé drůbeže a uskladnění (např. krmiva) v obci Chyšky, která se nachází v kopcovitém terénu v Jihočeském kraji. Tento návrh může využívat místní zemědělské družstvo, které uvažuje o chovu slepic.

Ke zpracování návrhu posloužily programy SEMA, DLUBAL, TRUSS4. V programu SEMA byla vytvořena výkresová dokumentace a 3D vizualizace. Pomocí programu TRUSS4 byly navrženy příhradové vazníky nad prostory pro drůbež. Pomocí programu DLUBAL bylo naproti tomu navržena konstrukce skladu. Do těchto programů byly předpřipraveny vstupní hodnoty na základě obecně uznávaných postupů. Bylo zapotřebí prozkoumání okolního prostředí stavby, od kterého se odvíjely různé hodnoty součinitelů pro výpočty. Velice oceňuji přístup všech dotčených osob, se kterými proběhla spolupráce.

Práce byla zakončena návrhem haly pro chov hrabavé drůbeže. Výkresy, vizualizace, statické a tepelné posudky jsou součástí příloh diplomové práce.

12. Seznam použité literatury

- ČSN 73 1702 - *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, 2007.
- ČSN EN 1991-1-1; (*Eurokód 1*): *Zatížení konstrukcí - Zatížení sněhem*. Praha: ČNI.
- ČSN EN 1991-1-4; (*Eurokód 1*): *Zatížení konstrukcí - Zatížení větrem*. Praha: ČNI.
- ČSN EN 1995-1-1; (*Eurokód 5*): *Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla- Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI.
- Callister, W. D.: *Materials Science and Engineering: an introduction*, 2007. ISBN 978-0-471-73696-7.
- Dudas, J., Čellár, J.: *Seminář Dřevostavby: Použití tepelně izolačních materiálů a folií v dřevostavbách*. Volyně: VOŠ a SPŠ Volyně. 2000.
- Gašparík, M. *Manipulační a dopravní technika I*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN: 978-80-213-2619-4.
- Holenda, T.: *Seminář Dřevostavby: Akustika v dřevostavbách*. Volyně: VOŠ a SPŠ Volyně. 2001.
- Hanzalová, L., Šilarová, Š.: *Konstrukce pozemních stavem – Zastřešení*. Praha : ČVUT, 2002. ISBN 80-01-026004-3.
- Jelínek, L: *Tesařské konstrukce*. Praha : ČKAIT, 2012. ISBN 978-80-87438-34-3.
- Jindřichová, E.: *Seminář Dřevostavby: Požární odolnost dřevěných konstrukcí*. Volyně: VOŠ a SPŠ Volyně. 1999.
- Lorenz, K. a kolektiv,: *Nosné konstrukce I*. Praha: nakladatelství ČVUT – Fakulta architektury, 2005. ISBN 80-01-03168-3.
- Kolb, J., Koželuh, B.: *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha : Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
- Kuklík, P.: *Dřevěné konstrukce*. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03310-4.
- Motyčka, L.: *Dřevěné konstrukce*. Letohrad : Průmyslová škola v Letohradě, 2009.
- Reinprecht, L.: *Seminář Dřevostavby: Konštrukčná ochrana drevostavieb*. Volyně: VOŠ a SPŠ Volyně. 1999.
- Reinprecht, L.: *Ochrana dřeva*. Zvolen : Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.
- Remeš, J. a kolektiv,: *Stavební příručka*. Praha : 2. Vydání, 2017. ISBN 978-80-247-5142-9.

- Svoboda, L. a kolektiv,: *Stavební hmoty*. Praha : 3. Vydání, 2013. ISBN 978-80-260-4972-2.
- Sýkora, J.: *Zemědělské stavby základy navrhování*. Praha : Grada, 2014. str. 128. ISBN 978-80-247-5273-0.
- Štefko, J., Sedlák, P.: *Seminář Dřevostavby: Obvodový plášť dřevostaveb se zvýšenými nároky na tepelnou ochranu*. Volyně: VOŠ a SPŠ Volyně. 2001.
- Štefků, O. a Štumpa, B. *100 osvědčených stavebních detailů: tradice z pohledu dneška*. Praha : Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3114-8.
- Tuláček, František. *Chov hrabavé drůbeže*. 2002. ISBN 8020903097.

- Deskové materiály: OSB Firestop. <http://cz.kronospan-express.com/cz> [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://cz.kronospan-express.com/cs/products/view/kronobuild/osb/osb-firestop/osb-firestop-702>.
- Materiály na bázi dřeva: Deskové materiály. [online]. [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <http://drevene-materialy.fld.czu.cz/>.
- Hydroizolace: Folie. [online]. [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <http://www.doerken.com/cz/vyroby>.
- Tepelná izolace: Minerální vata. [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.isover-eshop.cz/isover-unirol-profi?v=1060>.
- Vzduchotechnika: Výměna vzduchu. [online]. [cit. 2018-01-23]. Dostupné z: <http://www.zvvz.cz/zvvz-as.html>.
- Vazníky: Spojovací prvky; Pravidla větrování. [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://bova-nail.cz/>.
- Lepené lamelové dřevo: Vlastnosti. [online]. [cit. 2017-12-16]. Dostupné z: <http://www.konstrukce-tesko.cz/lepene-lamelove-drevo-vyroba-a-prodej>.
- Dřevěné konstrukce: Programy. [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://www.sema-soft.de>.
- Hrabavá drůbež: Slepice. [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.toulcuvdvur.cz/2094-ceska-zlata-kropenka>.
- Impregnace: Obecné informace. [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Impregnace>.

13. Seznam příloh

Výkresová část:

- Pohledy
- Vizuální pohledy
- Řezy
- Detaily
- Vizualizace

Výpočtová část:

- Statický posudek
- Tepelně-technické posudky

Soupis materiálu