

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Systemy pro skladby šikmých střech

Bc. David Čermák

2017

Vedoucí diplomové práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze

.....

Bc. David Čermák

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Rostislavu Šulcovi, Ph.D. za jeho ochotu a spolupráci při jejím vytváření a za poskytnutí důležitých rad. Stejně díky patří doc. Dr. Ing. Zbyňkovi Svobodovi za pomoc v programu TEPLLO 2014 EDU.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Čermák Jméno: David Osobní číslo: 395557
Zadávající katedra: Technologie staveb, K-122
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Systémy pro skladby šikmých střech
Název diplomové práce anglicky: Systems for pitched roofs
Pokyny pro vypracování:
1) Rešerše systémových řešení skladeb šikmých střech. Srovnání výhod a nevýhod jednotlivých systémů s ohledem na technické, technologické a materiálové řešení jednotlivých vrstev.
2) Podrobná technologická struktura pro realizaci jednotlivých střešních systémů na objektu RD - Nebušice.
3) Podrobná časová struktura pro realizaci jednotlivých střešních systémů na objektu RD - Nebušice.
4) Kalkuace a rozpočet pro jednotlivé střešní systémy.
5) Technologický postup pro realizaci jednotlivých systémů, včetně detailního postupu pro vybrané detaily (nároží, úžlabí, arkýře, atd.)
6) Multikriteriální hodnocení z hlediska časového, technických parametrů, nákladů na realizaci a technologické náročnosti.
Seznam doporučené literatury:
1) Šubrt, Zvánovcová, Škopek - Stavební detail: tepelné mosty
2) Novák, J. - Stavební tepelná technika
3) Šubrt, R., Volf, M. - Stavební detaily: tepelné mosty
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce: 11.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Anotace

V teoretické části se práce věnuje průzkumu stavebního trhu v oblasti skladeb šikmých střech s nosnou dřevěnou konstrukcí krovu a sděluje nám na ně kladené obecné požadavky. V praktické části pojednává hlavně o technologii, výhodách, nevýhodách, nákladech na realizaci, časové náročnosti, montáži a funkčnosti dvouplášťového nadkroevního zateplení. Porovnává ho s nejčastěji volenou variantou u rodinných domů, kterou je dvouplášťový mezikroevní a podkroevní systém zateplení. V závěru pak pomocí multikriteriálního vyhodnocení vybírá nejvhodnější variantu pro stavbu RD Nebušice.

Klíčová slova:

Střešní skladby

Šikmá střecha

Nadkroevní zateplení

Detaily

Annotation

This thesis in the theoretical part focuses on researching the construction market in the area of pitched roofs with wooden construction frames and tells us their general requirements. In the practical part, it mainly deals with the technology advantages, disadvantages, costs of implementation, time-consuming, installation, and performance of insulation on rafters on double-deck pitched roofs and compares it with the most frequently chosen option for family houses, which is insulation between and under rafters on double-deck pitched roofs. At the end, it evaluates a range of roof layers with multi-criteria assessment.

Keywords:

Roof layers

Pitched roof

Insulation on rafters

Details

OBSAH

ÚVOD	1
CÍL PRÁCE	2
1 Základní informace o šikmých střeších	3
1.1 Účel a funkce	3
1.2 Názvosloví	4
1.3 Rozdělení střeš	7
1.3.1 Podle sklonu	7
1.3.2 Podle počtu pláštů	7
1.3.3 Podle rozpětí	7
1.3.4 Podle konstrukce	7
1.3.5 Podle umístění tepelné izolace	8
1.3.6 Podle tvaru šikmých střeš	8
1.3.6.1 Pultové střešy	8
1.3.6.2 Sedlové střešy	9
1.3.6.3 Valbové střešy	9
1.3.6.4 Polovalbové střešy	10
1.3.6.5 Stanové střešy	10
1.3.6.6 Mansardové střešy	11
1.3.6.7 Pilové střešy	11
1.3.6.8 Zakřivené střešní plochy	12
1.4 Obecně závazné požadavky při navrhování a provádění střeš	12
1.4.1 Vnější okrajové podmínky návrhu	15
1.4.1.1 Teplota a vlhkost vnějšího vzduchu	15
1.4.1.2 Sluneční záření	16
1.4.1.3 Zatížení větrem	16
1.4.1.4 Déšť a jeho intenzita	17
1.4.1.5 Zatížení sněhem a námrazou	17
1.4.1.6 Seismicita	18
1.4.1.7 Hluk a chvění	18
1.4.1.8 Chemické vlivy	18
1.4.1.9 Biologické a bakteriologické vlivy	18
1.4.1.10 Elektromagnetické vlivy	19
1.4.2 Vnitřní okrajové požadavky návrhu	19
1.4.2.1 Požadavky stavebně fyzikální	20

1.4.2.2	Požadavky požární bezpečnosti.....	23
2	Skladby šikmých střech s nosnou konstrukcí krovu	24
2.1	Základní rozdělení skladeb střešních pláštů	24
2.2	Skladby jednoplášťových šikmých střech	25
2.2.1	Střecha bez tepelné izolace opatřená pouze krytinou.....	25
2.2.2	Došková skladba z rákosu či slámy	27
2.2.3	Střechy s tepelnou nadkrokevní izolací	30
2.2.4	Kompaktní skladba:	34
2.2.5	Vegetační šikmá střecha:	37
2.3	Skladby dvouplášťových šikmých střech.....	42
2.3.1	Střechy bez tepelné izolace.....	42
2.3.2	Skladba s tepelnou izolací mezi krokvemi	43
2.3.3	Skladba s tepelnou izolací mezi krokvemi + nad krokvemi.....	45
2.3.4	Skladba s tepelnou izolací mezi krokvemi + pod krokvemi.....	46
2.3.5	Skladba s tepelnou izolací pod krokvemi	48
2.3.6	Dvouplášťová šikmá střecha s nadkrokevní tepelnou izolací.....	50
2.4	Skladby tříplášťových šikmých střech	57
3	Praktická část.....	60
3.1	Architektonicko-stavební řešení rodinného domu Nebušice.....	60
3.2	Technologická struktura	61
3.2.1	Mezikrokevní a podkrokevní zateplení systémem ISOVER ORSIK.....	62
3.2.2	Nadkrokevní zateplení systémem TOPROCK ROCKWOOL ...	64
3.2.3	Nadkrokevní zateplení systémem ISOTEC	68
3.2.4	Nadkrokevní zateplení systémem THERMO TETTO	70
3.3	Časová struktura	74
3.4	Kalkulace a rozpočet	76
3.5	Technické parametry	76
3.6	Multikriteriální hodnocení.....	77
3.6.1	Stanovení kritérií a jejich vah.....	77
3.6.2	Vyhodnocení pomocí metody váhové funkce	78
3.6.3	Citlivostní analýza	79
	ZÁVĚR.....	81
	LITERATURA	82
	Seznam příloh	89

ÚVOD

Během svého studia jsem měl možnost nahlédnout do provozu stavební firmy, která realizovala různé novostavby a rekonstrukce stavebních objektů. Při této příležitosti jsem studoval projektovou dokumentaci rodinného domu, kterou jsem použil pro objasnění problému s umístěním různých tepelně izolačních vrstev ve skladbách šikmých střech s nosnou dřevěnou konstrukcí krovu.

Architektonickým záměrem tohoto rodinného domu bylo využití přízemí pro bydlení a celého podkrovního prostoru pro ateliér. K tématu mé diplomové práce mě vedl podle mého hlediska špatný návrh střešního pláště. Projektant použil mezikrokevní a podkrokevní systém zateplení střechy, který zbytečně zmenšoval prostor a skrýval zajímavě řešený dřevěný krov. Navíc jsem se chtěl dozvědět nové informace o šikmých střechách a postupu jejich realizace. Především mě zajímala skladba s tepelným izolantem umístěným nad krokvelemi, která bývá poslední dobou častější variantou než jiné střešní systémy, zejména při rekonstrukcích, ale mnohokrát i při novostavbách.

Teoretická část pojednává o stavebně fyzikálních požadavcích, které při návrhu střešního souvrství nelze opomenout. Dále nám rozděluje systémy na jednoplášťové, dvoupλάšťové a víceplášťové a řeší umístění tepelné izolace vzhledem ke krovům.

V praktické části se porovnávají systémy nadkrokevní tepelné izolace, vybrané pro zjednodušení výstavby, zvětšení podkrovního prostoru, či vyniknutí krovu s ohledem na posuzovaný projekt RD Nebušice. Porovnání vychází ze zvolených procentuálních vah jednotlivých kritérií (doba realizace, cena, hodnota součinitele prostupu tepla, náročnost realizace) pomocí multikriteriálního hodnocení metodou váhové funkce.

CÍL PRÁCE

Získat informace o umístění jednotlivých izolačních vrstev ve skladbách šikmých střech s dřevěnou nosnou konstrukcí krovu. Výběr nejvhodnějších variant řešení pro aplikaci na vybraný rodinný dům s ohledem na novostavbu nebo rekonstrukci. Provedení multikriteriálního hodnocení, které prokáže použití nejvýhodnější skladby s ohledem na cenu, dobu provádění, tepelně technické vlastnosti a náročnost realizace z pozice zhotovitele stavby.

1 Základní informace o šikmých střechách

1.1 Účel a funkce

Budováním střechy se nezbytně zabývali naši předkové již při zřizování prvních pravěkých příbytků, neboť celé obydlí bylo zpočátku tvořeno prakticky pouze střechou. Jako první se začalo stavět šikmé zastřešení a v pozdějších dobách až ploché zastřešení. Podkrovní prostor nebyl dříve využíván pro trvalý pobyt osob, sloužil spíše jako zázemí převážně na sušení prádla, nebo skladování různých předmětů. Místo tepelné izolace se dříve používalo seno, které se v půdním prostoru uskladňovalo. Tím vznikla skladba, která byla jakoby předchůdce dvouplášťové střechy, protože nad senem bylo provětrávané vzduchoprázdno a pak již vlastní krytina (např. tašky, došky, šindele), které byly kladeny na latích nebo na bedněni.

Prostor podkroví, především u stávajících bytových domů, se začal využívat pro bydlení až v 70. a 80. letech minulého století. Jako běžně používaná skladba střešního pláště vypadala takto:

- hydroizolační vrstva (krytina)
- pojistná hydroizolační vrstva (většinou igelit)
- vzduchová mezera
- tepelně izolační vrstva tl. 40–80 mm
- podhledová vrstva (podbití prkny)

Jak můžete na skladbě vidět, tak úplně chybí například parotěsná zábrana a pojistná hydroizolační vrstva řešená z igelitu je nepřípustná. Dříve na střechy nebyly kladeny takové požadavky a kritéria, jako jsou v dnešní době. Nově se objevuje soubor požadavků na střešní plášť z hlediska estetického, statického, funkčního, materiálového a protipožárního. Současné požadavky na navrhovaný střešní plášť vycházejí ze stavební fyziky, požární bezpečnosti a materiálové základny. Díky tomu vzniká spousta nových materiálů a technologií, které realizaci a funkčnost stále zjednodušují a vylepšují. Něco málo o požadavcích na střešní plášť se dočtete v dalších kapitolách mé práce.

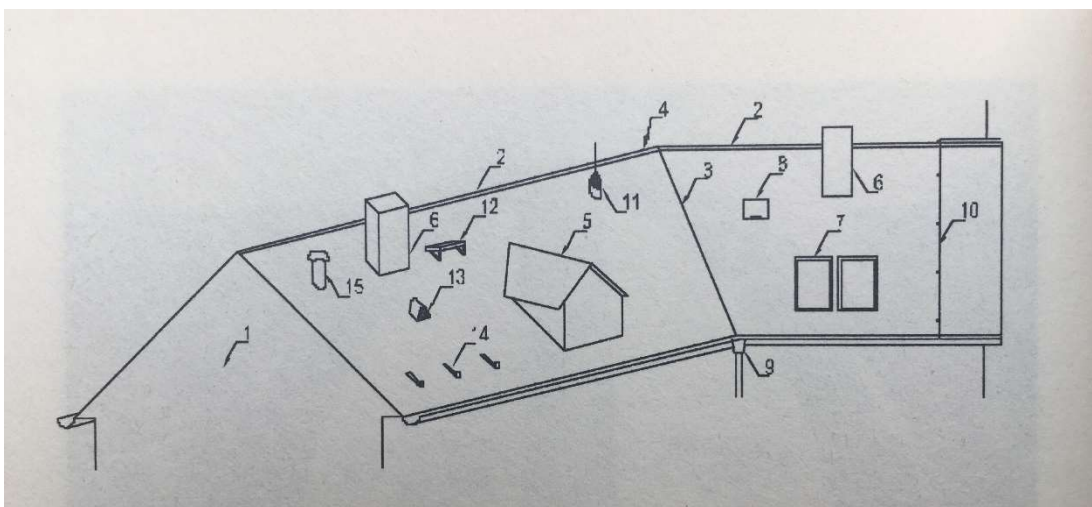
Střecha je stavební konstrukce nad posledním podlažím stavebního objektu a chrání ho před vnějšími vlivy, jako jsou například vítr, sluneční záření, déšť, sníh atd. Podílí se na zabezpečení požadovaného stavu vnitřního prostředí v objektu. Je

tedy zřejmé, že střešní konstrukce jsou jednou ze základních konstrukcí stavebních objektů a jejich správné řešení významně přispívá k celkové trvanlivosti a životnosti stavby.

Střecha se obecně skládá z nosné střešní konstrukce a ze střešního pláště. Podle způsobu využití pak často obsahuje další vrstvy, zejména vrstvu tepelněizolační, vrstvu vzduchovou, vrstvu tvořící podhled a další vrstvy nezbytné pro správné fungování střechy. Právě návrhem a postupem realizace skladby střešních pláštů, výběrem vhodných materiálů i způsobů jejich použití se budeme v mé práci dále zabývat.

1.2 Názvosloví

Ze začátku bych zde rád přidal základní schéma šikmých střech (Obrázek 1). Je na něm uvedeno základní názvosloví, které budu zmiňovat v dalších kapitolách mé práce.



Obrázek 1 Schéma šikmého střešního pláště s názvoslovím [1]

(1 - Štít, 2 - Hřeben, 3 - Úžlabí, 4 - Nároží, 5 - Vikýř, 6 - Komín, 7 - Střešní okno, 8 - Střešní výlez, 9 - Okapový systém, 10 - Hromosvod, 11 - Komplet pro anténu, 12 - Stoupací plošina, 13 - Odvětrávací prvek, 14 - Protisněhový hák, 15 - Komplet odvětrání)

Skladba střechy (střešní souvrství): souhrnné označení všech vrstev střechy

Nosná střešní konstrukce: část střechy přenášející zatížení od jednoho či několika střešních pláštů, doplňkových konstrukcí a prvků i vody, sněhu, větru, provozu apod. do ostatních nosných částí objektu

Střešní plášť: část střechy tvořená nosnou vrstvou střešního pláště, k níž jsou přiřazeny některé další vrstvy v závislosti na funkci pláště (vrstva hydroizolační, tepelně izolační, sklonová, podkladní, parotěsná, pojistná či pomocná hydroizolační, ochranná, provozní, podhledová, dilatační, separační, spojovací, stabilizační, drenážní, filtrační, atd.)

Jednoplášťová střecha: střecha (střešní konstrukce), oddělující chráněné (vnitřní) prostředí od vnějšího jedním střešním pláštěm

Dvoupplášťová střecha: střecha (střešní konstrukce), oddělující chráněné (vnitřní) prostředí od vnějšího dvěma střešními plášti mezi nimiž je vzduchová vrstva

Dvoupplášťová střecha nevětraná: dvoupplášťová střecha, která má vzduchovou vrstvu uzavřenou

Dvoupplášťová střecha větraná: dvoupplášťová střecha, která má vzduchovou vrstvu napojenou na vnější prostředí

Víceplášťová střecha: je střešní konstrukce oddělující vnitřní prostředí od vnějšího více střešními plášti, které jsou od sebe odděleny vzduchovou vrstvou. Každý plášť pak plní přesně vymezenou funkci.

Nosná vrstva střešního pláště: část střešního pláště přenášející zatížení od vlastní hmotnosti i hmotnosti případných dalších vrstev střešního pláště, popř. i klimatických vlivů a provozních zatížení, do nosné střešní konstrukce

Tepelně izolační vrstva: vrstva zajišťující požadovaný teplotní stav vnitřního prostředí, bránící nežádoucímu úniku tepla z objektů, popř. chránící stavební konstrukce před nepříznivým působením teploty

Podkladní vrstva: vrstva vytvářející vhodný podklad pro další vrstvy střešního pláště

Podhledová vrstva (podhled): část střechy (střešní konstrukce) umístěná při jejím vnitřním povrchu ze vzhledových, akustických, tepelně izolačních, hygienických, protipožárních a jiných důvodů

Větraná vzduchová vrstva mezi tepelnou izolací a doplňkovou vodotěsnicí vrstvou: zpravidla slouží k odvodu vlhkosti, která by mohla kondenzovat v tepelné izolaci

(vodní pára difundující z interiéru, případně vlhkost vnesená do skladby při výstavbě), a zajišťuje spolehlivost spodních vrstev skladby střešní konstrukce

Větraná vzduchová vrstva pod skládanou krytinou: odsává vlhkost ze spodního povrchu krytiny, a zvyšuje tak její odolnost proti vlhkosti a mrazu. Při užití difuzně otevřené doplňkové vodotěsnicí vrstvy rovněž napomáhá v režimu difuze vodní páry z interiéru

Pojistná vodotěsnicí vrstva (pojistná hydroizolace): je doplňkové opatření. Provádí se pod vlastní střešní krytinou k ochraně před průnikem vlhkosti, polétavého sněhu a prachu. Pojistná hydroizolace může být s ohledem na požadovanou funkci, použitý materiál a spolupůsobení souvisejících vrstev provedena dle Návodu pro navrhování a provádění pojistných hydroizolací střech

Hydroizolační vrstva: chrání podstřešní prostory i některé vrstvy střechy před srážkovou, popř. provozní vodou

Skládaná hydroizolační vrstva (skládaná krytina): odvádí vodu z povrchu střechy, nejsou však těsné vůči vodě působící hydrostatickým tlakem. Navrhují se z plošných prvků rovinných nebo tvarovaných, hydroizolačně propojených přesahem nebo spojených na drážky a lišty

Separáční vrstva: je plošné oddělení materiálů. Zamezuje vzájemnému působení mezi dvěma vrstvami

Parotěsná vrstva: jejím účelem je zabránění difúzního toku vodních par i transportu vodní páry spárovou propustností do konstrukce střechy, pokud hrozí ve skladbě střechy nebezpečí kondenzace vodní páry

Systémové díly: jsou stavební konstrukce nebo díly, které se obvykle shodují svým tvarem, barvou a vlastnostmi s hlavními znaky materiálu. Systémové díly jsou podstatné, protože změna jednoho stavebního dílu má vliv na záruku za stavební část nebo i celek (příklad: větrací a okrajové tašky atd.)

Střešní prostupy: jsou typizované konstrukce či konstrukční díly, které prochází střešní plochou.

Zabudované konstrukce či konstrukční díly: jsou prvky, které jsou zabudovány do krytiny nebo hydroizolace např. zachytávače sněhu, střešní okna atd.

1.3 Rozdělení střech

1.3.1 Podle sklonu

Rozdělení střech je dáno normou *ČSN 73 1901 Navrhování střech, Základní ustanovení. 02/2011*, kde jsou šikmé střechy děleny podle sklonu vnějšího povrchu střešní plochy na:

- šikmé střechy: střechy se sklonem vnějšího povrchu $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$
- strmé střechy: střechy se sklonem vnějšího povrchu $45^\circ < \alpha < 90^\circ$

1.3.2 Podle počtu pláštů

- Jednoplášťová střecha
- Dvoupplášťová střecha
- Víceplášťová střecha

1.3.3 Podle rozpětí

- Malá rozpětí: do 12 m (např. dřevěné krovy)
- Střední rozpětí: 12–36 m (např. vazníkové a rámové soustavy)
- Velká rozpětí: nad 36 m (např. speciální vazníkové konstrukce, pneumatické střechy)

1.3.4 Podle konstrukce

- Krovy s krokviemi: převážně malá rozpětí (dřevěné, kovové, betonové)
- Vazníkové a rámové soustavy: převážně střední rozpětí (dřevěné, kovové, betonové)
- Prostorové příhradové a prutové konstrukce: střední a velká rozpětí (kovové)
- Skořepinové a lomenicové konstrukce: převážně střední rozpětí (dřevěné, kovové, betonové)
- Visuté lanové konstrukce: střední a velká rozpětí
- Pneumatické konstrukce: střední rozpětí

1.3.5 Podle umístění tepelné izolace

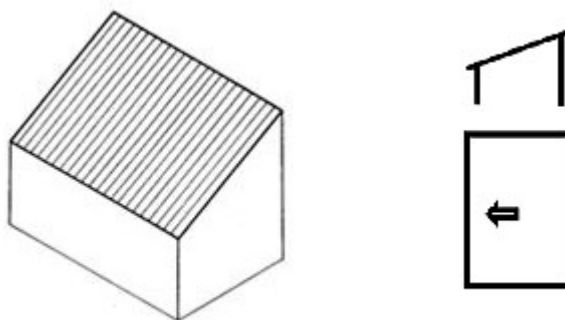
- Bez tepelné izolace
- S tepelnou izolací umístěnou mezi krokve
- S tepelnou izolací umístěnou mezi a pod krokve
- S tepelnou izolací umístěnou pod krokve
- S tepelnou izolací umístěnou nad krokve

1.3.6 Podle tvaru šikmých střech

Vzhledem k nejrůznějším půdorysným i výškovým rozměrům staveb nemají střechy jen nejjednodušší půdorysné tvary (čtverec, obdélník), ale často jsou uspořádány do tvaru písmene L, T, U apod. Jaký tvar bude mít výsledná střecha je hlavně závislý na půdorysu a účelu budovy. Spád střešních rovin je ovlivněn tvarem střechy a druhem použité krytiny nebo opačně. Průniky střešních ploch a tvarových typů střech pak na střeše vytvářejí různé detaily, jako hřeben, nároží, úžlabí, napojení na svislou stěnu atd. V této kapitole vám uvádím základní tvary střech. Jejich kombinací následně vznikají další typy.

1.3.6.1 Pultové střechy

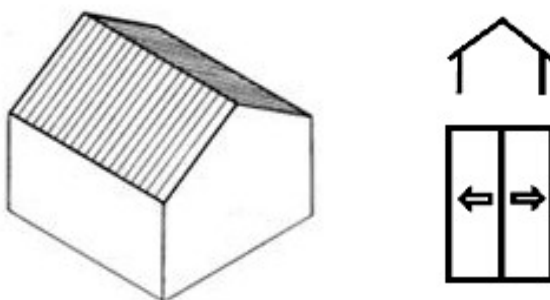
Pultové střechy jsou tvořeny jednou skloněnou střešní rovinou ohraničenou okapem a hřebenem. Po obvodu má dva boční štíty a jeden hřebenový. Jedná se o jednoduchý tvar a v dnešní době má své uplatnění například u pasivních rodinných domů, u objektů postavených na hranici pozemku nebo u jednoduchých staveb s malým rozpětím nosné konstrukce (např. různé typy přístavků). Kvůli jednoduchosti a nenáročnosti montáže je její realizace poměrně rychlá. Díky těmto faktorům se jedná o nejméně nákladný typ střechy.



Obrázek 2 Pultová střecha [61]

1.3.6.2 Sedlové střechy

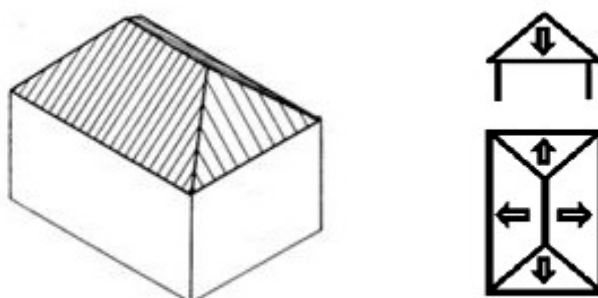
Historicky je tento typ střechy nejpoužívanější na českém území. Poměrně často se vyskytují v řadové zástavbě. Díky svému vzhledu jsou často nazývané jako “áčkové střechy“. Sedlová střecha se skládá ze dvou střešních rovin ohraničených okapní hranou a dvěma štíty. Průniku střešních rovin říkáme hřeben střechy a průnikem dvou sedlových střech se stejnou výškou hřebene vzniká křížový nebo polokřížový typ střech. Patří stále na realizaci k těm méně pracným a rychlým typům.



Obrázek 3 Sedlová střecha [61]

1.3.6.3 Valbové střechy

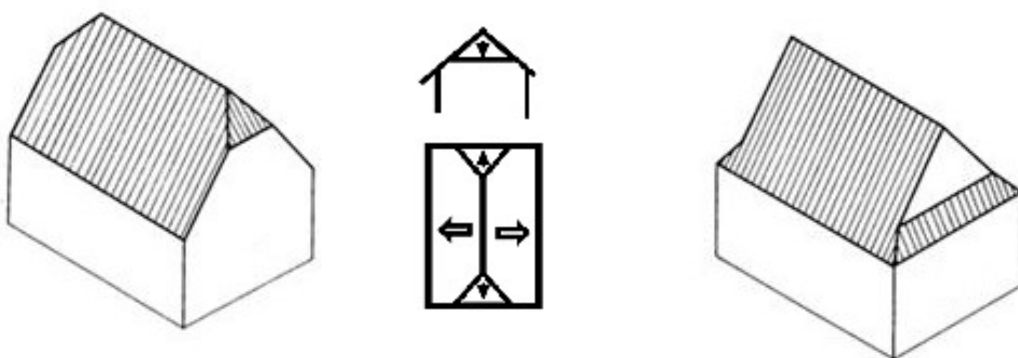
Zjednodušeně bych tento typ popsal jako sedlovou střechu, která má místo štítů šikmé střešní roviny, takzvané valby. Výška okapů je na všech střešních rovinách stejná. Nejvíce se využívá u samostatně stojících objektů s půdorysem obdélným nebo do tvaru L. Je možné vytvořit střechu s jednou valbou, tu můžeme například vidět u jednostranně řadových domů. Je dobré volit ne moc nízký sklon, protože prostor pod střechou je pak dost stísněný.



Obrázek 4 Valbová střecha [61]

1.3.6.4 Polovalbové střechy

Polovalbová střecha je stejná jako valbová, akorát v místech, kde se nacházejí valby, je zmenšená střešní plocha díky vyššímu umístění okapu. Tím nám vznikají takzvané polovalby někdy nazývané valbičky.

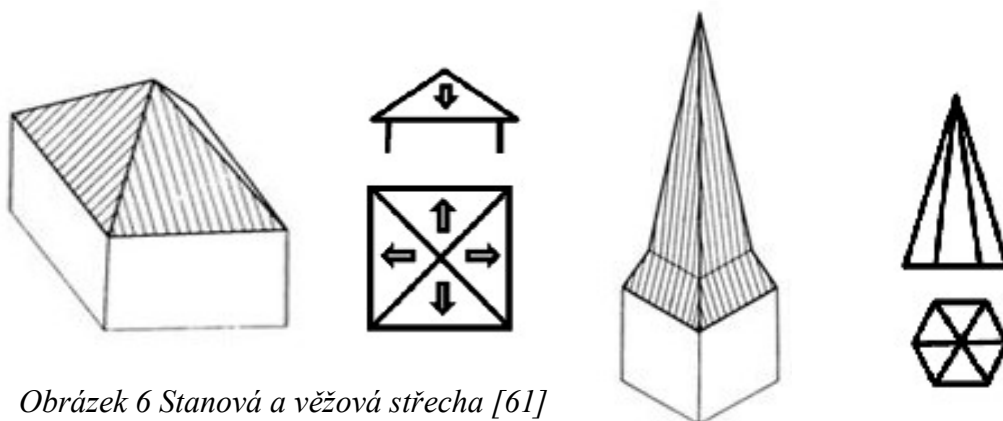


Obrázek 5 Polovalbová střecha a polovalbová střecha se štítovými plochami [61]

Jinou variantou sedlové střechy s polovalbou je tvar s okapy ve stejné úrovni a malými štítovými plochami nad polovalbou, případně vyložení polovalby nad štítovou stěnu, tzv. kabřínec (kukla). Na obrázku máte ukázané oba typy.

1.3.6.5 Stanové střechy

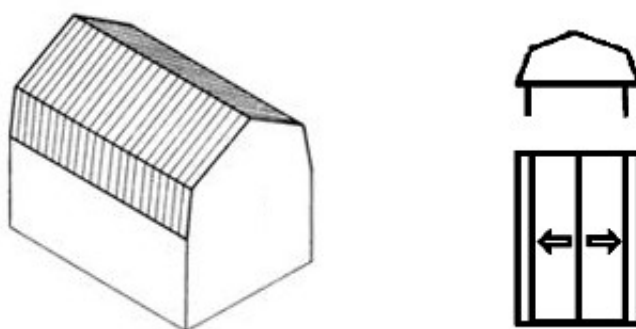
Stanová nebo někdy řečeno “jehlanová“ střecha má čtyři střešní roviny, které se sbíhají do vrcholu a tvoří tak čtyřboký jehlan. Jedná se tedy o valbovou střechu nad čtvercovým půdorysem. Pokud se jedná o střechu strmou, označujeme stanovou střechu jako věžovou. Dalšími variantami mohou být mnohoúhelníkové případně kuželové střechy. V dnešní době se skoro vůbec nepoužívá, byla nahrazena klasickou sedlovou střechou. Největší její rozmach byl v 70. a 80. letech minulého století. Můžeme je vidět nejčastěji na věžích kostela, přístřešcích, altáncích nebo pergolách.



Obrázek 6 Stanová a věžová střecha [61]

1.3.6.6 Mansardové střechy

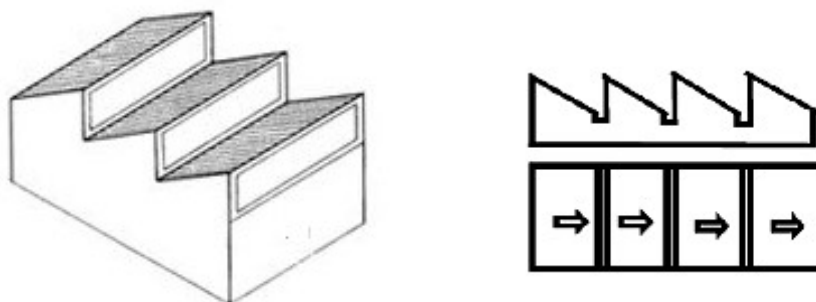
Jméno tohoto typu střechy je převzato podle francouzského architekta Julese Mansarda (1646-1708). Vnitřní prostor pod touto střechou se nazývá mansarda, tedy obytné podkroví. V dnešní době nejsou tyto střechy moc oblíbené. Je možné že je to díky složité a o trochu nákladnější výstavbě. Jsou složeny ze dvou dvojic střešních rovin nestejného sklonu. Pokládka na bocích je velmi náročná a montáž se provádí z lešení. Každá taška se upevňuje zvlášť. Mansardová střecha má ve vrchní části sklon 30–50° a ve spodní 60–80°. Výhodou této střechy je, že zvyšuje ekonomičnost stavby díky maximálnímu využití podkrovních prostor. V současné době se s výhodou užívá i tzv. falešná mansardová střecha, tj. sedlová střecha doplněná o mansardové obklady na svislých stěnách posledního podlaží. Další využití má například u nástavby panelových domů nebo domů s plochou střechou.



Obrázek 7 Mansardová střecha [61]

1.3.6.7 Pilové střechy

Pilové střechy vznikají opakováním střech pultových nebo asymetrických sedlových. Pilové asymetrické sedlové střechy byly variantně prováděny se zakřivenou delší stranou. Historicky se používaly převážně na jednopodlažních průmyslových halách, dílnách apod. Kolmá nebo strmá část se často využívala jako světlík (horní

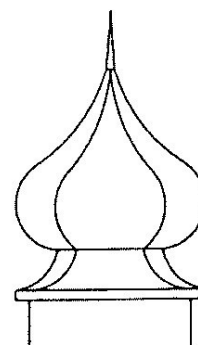
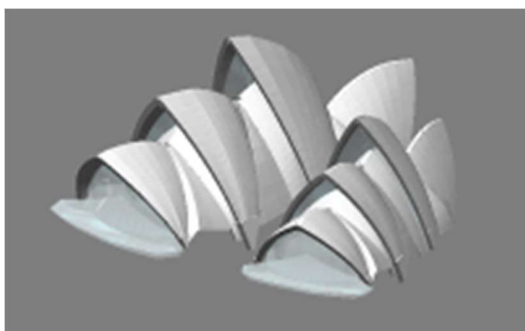


Obrázek 8 Pilová střecha [61]

osvětlení). V současné době jsou pilové střechy nahrazeny střešními světlíky na střechách různého tvaru, zejména však na plochých. Pilové střechy se zakřivenými střešními plochami se nazývají střechami šedovými.

1.3.6.8 Zakřivené střešní plochy

Zakřivené střešní plochy se u krovových soustav užívají obvykle jen v ojedinělých případech, například u kopulí a bání, pilových střech, zakřivených valených střech, cibulových věží apod., je to kvůli obtížné a pracné realizaci. Dnes je můžeme vidět u staveb s dominantní architekturou. V současné době se zakřivené střechy většinou provádí ze zakřivených lepených nosníků, příhradových vazníků se zakřiveným pásem, ale také jako skořepiny a klenby.



Obrázek 9 Zakřivené střešní plochy [61]

1.4 Obecně závazné požadavky při navrhování a provádění střech

Střechy jsou jedny z nejsložitějších stavebních konstrukcí. Jejich poruchy a vady se poměrně rychle projeví, hlavně když se jedná o zatékání do objektu. Závady střech se ovšem neprojevují jen zatékáním, ale také zvýšenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce, která se může projevit v pozdějším období. Nejen z těchto důvodů jsou na zastřešení kladeny poměrně významné a specifické požadavky.

Tak jako všechny stavební konstrukce musejí i tyto po dobu své životnosti splňovat zejména základní požadavky dle *vyhlášky 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby*, a to:

- mechanickou odolnost a stabilitu
- požární bezpečnost
- ochranu zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí
- ochranu proti hluku, • tepelnou ochranu a úsporu energie
- bezpečnost při užívání.

Vyhláška se v mnoha ustanoveních odkazuje na hodnoty, které jsou uvedeny v českých technických normách *ČSN 73 1901:2011 Navrhování střech*. Důležitý je v ní především (§ 25). V něm se například píše, že střechy musí zachycovat a odvádět srážkové vody, sníh a led tak, aby neohrožovaly chodce a účastníky silničního provozu nebo zvířata v přilehlém prostoru. Střešní konstrukce musí být navržena na normové hodnoty zatížení. Odpadní vzduch ze vzduchotechnických a klimatizačních zařízení a odvětrání vnitřní kanalizace se musí vyvést nad pochůzná střechy a terasy tak, aby neobtěžoval a neohrožoval okolí. Další požadavek je na střešní plášť, který musí splňovat akustické normové hodnoty a střešní konstrukce musí splňovat požadavky na tepelně technické vlastnosti při prostupu tepla, prostupu vodní páry a prostupu vzduchu konstrukcemi dané normovými hodnotami. Požadavky na střešní plášť budu rozebírat podrobněji v dalších kapitolách mé práce.

Na začátku odstavce jsem se zmínil o normě *ČSN 73 1901:2011 Navrhování střech*. Norma stanovuje požadavky a zásady návrhu na nové střechy. Pro údržbu a stavební úpravy střech platí alespoň tak, aby byla zajištěna ochrana chráněné konstrukce a ochrana prostředí před vodou a aby bylo přiměřeně zajištěno vnitřní prostředí.

V kapitole č.5 jsou vypsány a následně podrobněji rozepsány všeobecné požadavky na střechy kterými jsou:

- mechanická odolnost a stabilita
- požární bezpečnost
- hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí: vyloučení výskytu plísní, průsaku vody a vyloučení vlhnutí stavebních konstrukcí a následného zhoršení vnitřního prostředí vlhkostí
- ochrana vnitřního prostředí proti hluku
- bezpečnost při užívání
- úspora energie a tepelná ochrana
- další požadavky investora: estetické na vzhled střechy, trvanlivost a spolehlivost střechy nebo jejích částí

Nedílnou součástí je také celkový architektonický vzhled stavebního objektu. Nejvíce se řeší požadavky na tvar, sklon střech a druh krytiny. Ty jsou totiž často stanoveny v regulativních požadavcích územního plánu měst a obcí. Kromě požadavků na střešní pláště, jako jsou ochrana objektu před povětrnostními podmínkami, vodotěsnost, požární odolnost, bezpečnost při užívání, tepelné či akustické vlastnosti, je potřeba zohlednit také ekonomickou či ekologickou stránku věci. Ekonomický návrh znamená volbu vhodného typu nosné konstrukce, skladby střešního pláště, materiálového a technologického řešení střechy. Například je možno provést finančně výhodný výběr střešní krytiny s ohledem na sklon střechy. U některých typů krytin, když je sklon moc velký, je nutné provést kotvení, které je často dosti nákladné.

V dnešní době je velký trend ochrana životního prostředí. Proto je kladen velký důraz na používání přírodních materiálů, které výrazným způsobem nezatěžují životní prostředí, a to ideálně po celou dobu jejich životnosti. Dobu životnosti myslím od procesu získávání výrobních surovin, přes montážní stadium na stavbě, až po případnou likvidaci.

Jak jsem zmiňoval na začátku mé práce, střecha je vystavená přímému působení atmosférických vlivů a podílí se na zabezpečení požadovaného stavu prostředí v objektu. Soubor vlivů je charakterizován jako okrajové podmínky návrhu střechy.

Působící vlivy lze rozdělit na:

- vlivy vnějšího prostředí
- vlivy vnitřního prostředí a provozu uvnitř budovy

1.4.1 Vnější okrajové podmínky návrhu [61]

1. Vlivy klimatické
 - a) teplota a vlhkost vnějšího vzduchu jejich změny a kolísání
 - b) sluneční záření (světelné, tepelné, UV)
 - c) pohyb vzduchových vrstev – vítr – vyvolávající statické a dynamické zatížení
 - d) atmosférické srážky – déšť, sníh, námraza
 - e) seismicita
2. Vlivy akustické
 - a) hluk způsobený provozem vně budovy
 - b) chvění a vibrace z provozu vně budovy
3. Vlivy chemické způsobené znečištěním a exhalacemi vnějšího prostředí budovy
4. Vlivy ostatní
 - a) biologické a bakteriologické vlivy
 - b) elektromagnetické vlivy
 - c) možnost úmyslného či neúmyslného mechanického poškození

1.4.1.1 Teplota a vlhkost vnějšího vzduchu

Teplota a vlhkost vnějšího prostředí (v zimním a letním období) je jedním z hlavních činitelů ovlivňující tepelně-vlhkostní návrh střešního pláště, zejména s ohledem na ochranu tepla, možnost kondenzace vodní páry, průvzdušnost a ovlivňování teplot vnitřního vzduchu v objektu. Změny teplot vnějšího vzduchu mají za následek objemové změny materiálů a s nimi související napjatosti a případné destrukce. To může urychlit chemickou korozi a stárnutí použitých materiálů. Pokud byste si chtěli zjistit konkrétní hodnoty teploty a vlhkosti v exteriéru můžete je nalézt ve statickém měření hydrometeorologického ústavu, nebo v normě ČSN 73 0540 podle místa vaší stavby v ČR. V ní mimo jiné najdete i požadavky na obvodový plášť.

Teplota povrchu střechy je závislá také na působení slunečního záření, barvě, emisivitě a struktuře povrchu krytiny a na tepelné vodivosti vrstev pod povrchem. Jen pro zajímavost povrch tmavé střešní krytiny může mít v letních měsících teplotu až kolem 85 °C. Při výpočtu zatížení střech teplotou postupujeme podle normy ČSN EN 1991-1-5 (Eurokód 1). Teplotní roztažnost prvků střech se posuzuje v ČR podle teplotního rozmezí 100 K.

1.4.1.2 Sluneční záření

Při návrhu střechy je nutné uvažovat i s ochranou před slunečním zářením, neboť jeho součástí je i ultrafialová složka, která způsobuje degradaci stavebních materiálů. Dle ČSN 731901 stavební materiály musejí vůči ultrafialovému záření vykazovat dostatečnou odolnost, především krytiny střešního pláště a povlakové vodotěsnící vrstvy, které jsou těmto účinkům vystaveny nejvíce. Pokud se nachází v konstrukci materiál, který nemá dostatečnou odolnost, musí být zabudován na místo, kde na něj po celou dobu životnosti konstrukce nedopadá přímé ani odražené sluneční záření. Nejnáchylnější jsou materiály na bázi plastů nebo asfaltů, ale i ty prošly poslední dobou velkým vývojem a jejich odolnost je podstatně vyšší. Jak jsem již popisoval v minulém odstavci, další negativní věcí slunečního záření je, že zvyšuje teplotu povrchových materiálů.

1.4.1.3 Zatížení větrem

Proudění vzduchu dané rychlostí větru, vyvolává na střechu v závislosti na jejím tvaru účinky statické (tlak, sání nebo tření) a účinky dynamické (rozkmitání konstrukce). Statické posouzení konstrukce vůči působení větru vychází z ČSN EN 1991-1-4 (Eurokód 1). Na tyto účinky musíme navrhnout samotnou nosnou konstrukci střechy i konstrukci střešního pláště. Zatížení větrem je závislé na výšce objektu, tvaru střechy a hmotnosti konstrukce. Vzrůstající namáhání větrem nastává například u okrajových částí střech. Při realizaci tento problém můžeme vyřešit formou výraznějšího kotvení jednotlivých vrstev a částí střech. Větší namáhání větrem je uvažováno u okrajových částí střech, například u okapů, rohových oblastí budov a atik, kde je pak potřeba řešit výraznější kotvení jednotlivých vrstev a částí střech.

1.4.1.4 *Děšť a jeho intenzita*

Zatížení konstrukce střechy hmotností dešťových srážek se obvykle zanedbává, ale pokud jde o střechu, kde se může nashromáždit voda (např. ucpání odtoku u plochých střech nebo v místech překážek toku vody), pak se s ní uvažuje. Zásadní vliv deště na střešní konstrukci spočívá v jeho mechanickém působení a chemickém působení, které je známo jako kyselý déšť.

Pokud si budete chtít zjistit vydatnost deště ve vaší lokalitě, tak ji lze určit dle ČSN 75 6760. Další způsob, jak se dopracovat k určité hodnotě, je dlouhodobým měřením. Obvykle se ale vychází z hodnoty 0,025 l/(s.m²), která odpovídá průtrži mračen. Potřebné profily odvodňovacích prvků lze pak stanovit v souladu s ČSN 73 3610. Do této kapitoly bych měl správně napsat něco málo o odvodu vody ze střech, ale tomuto tématu se v mé práci věnovat nebudu.

1.4.1.5 *Zatížení sněhem a námrazou*

Zatížení vyvolané sněhovou pokrývkou či námrazou je jedna ze základních složek zatížení u střešní konstrukce. Vliv sněhové pokrývky na střešní plášť se posuzuje jako zatížení vlastní hmotností, které je ovlivněno vlastní objemovou hmotností, výškou sněhové vrstvy a dalšími činiteli. Charakteristické hodnoty tíhy sněhu se dají zjistit z mapy sněhových oblastí ČR, která je součástí přílohy ČSN EN 1991-1-3 (Eurokód 1). Největší hodnoty najdete v 8. sněhové oblasti, která odpovídá více jak 4 kN/m² (což je 400 kg/m²) půdorysné plochy střechy. Střešní konstrukce je dobré navrhovat tak, abychom omezili ukládání sněhu. Z toho vyplývá, že velikost zatížení při návrhu je ovlivněno tvarem, a hlavně sklonem střechy. Nesmíme zapomenout také na tvorbu možných závějí a zadržování sněhu na střeše. To nám zajišťují sněhové zachytávače nebo rozrážecí klíny, které v dnešní době bývají skoro vždy součástí návrhu. Ty nám zajišťují omezení dynamických účinků na krytinu při skluzu a k úpravě pohybu sněhu na střeše.

Všechny části konstrukce v přímém styku se sněhovou pokrývkou mohou být namáhány hydrostatickým tlakem, který vzniká v důsledku fyzikálních přeměn sněhu ve vodu. Stává se, že sníh může způsobovat také dynamické namáhání konstrukce a namáhání krytiny třením, které je vyvolané pomocí gravitace, fyzikálních přeměn a větru.

Když stoupne venkovní teplota a sníh nám začíná tát, tak nastává období volných sesuvů sněhové pokrývky dolů, které je upřednostňováno, pokud v okolí objektu nemůže dojít k ohrožení zdraví. Skluz sněhu je ovlivněn kromě tvaru střechy taky materiálem krytiny, slunečním zářením, tepelným tokem z interiéru a prohříváním krytiny sluncem na místech bez sněhové pokrývky.

Dále musíme počítat s možností vlivu námrazy, která vzniká v důsledku kontaktu roztátého sněhu s chladnými povrchy materiálů. Největší její hrozbou pro střešní konstrukci je možnost zamrzání i na vodotěsnící vrstvě pod skládanou krytinou. To nám může způsobit porušení této vrstvy, jak se dále dočtete v kapitole vodotěsnící funkce. Dále nám námraza způsobuje mnoho škod na dešťových žlabech a svodech, kde vzniká nahromadění ledu. Tím nastává přetížení a často dochází k utržení těchto prvků.

1.4.1.6 Seismicita

U střešních konstrukcí se bude jednat z tohoto pohledu o vhodné vytvoření prostorového nosného systému střechy, správné řešení kotvení a dalších detailů. Zásadní je navržení účinných výztužných a stabilizačních systémů.

1.4.1.7 Hluk a chvění

Vzduchová neprůzvučnost střešních plášťů musí vyhovovat minimálním požadovaným hodnotám dle technických norem. Proto je nutné navrhnout taková opatření k zamezení šíření hluku do objektu, která sníží hlučnost a vibrace, nebo navrhnout vhodnou skladbu střešního pláště z materiálů, které účinky hluku ztlumí.

1.4.1.8 Chemické vlivy

Jsou to látky, jako např. oxid siřičitý, oxid dusíku nebo chlorovodík, které se vzdušnou vlhkostí vytváří kyseliny, které působí na stavební konstrukce a způsobují jejich korozi a degradaci.

1.4.1.9 Biologické a bakteriologické vlivy

V ovzduší se nachází bakterie a biologické látky, které se do konstrukce dostávají prouděním vzduchu. Dřevokazné houby, plísně nebo hmyz napadá dřevěné konstrukce. Proto je nutné použití hloubkové impregnace.

1.4.1.10 Elektromagnetické vlivy

Zahrnují působení blesků, bludných proudů, působení statické elektřiny a obdobných činitelů, vyvolávajících degradaci některých materiálů i konstrukce střechy. Významná je také tzv. elektromagnetická koroze vznikající na styku některých kovů, které za přítomnosti například dešťové vody tvoří elektrický člunek.

1.4.2 Vnitřní okrajové požadavky návrhu [61]

Vnitřní okrajové požadavky návrhu můžeme rozdělit na:

- Požadavky stavebně fyzikální
 - a) zabezpečení tepelně technické funkce střechy
 - nejnižší povrchová teplota konstrukce a teplotní faktor
 - součinitel prostupu tepla
 - zkondenzované množství vodní páry uvnitř konstrukce
 - b) Zabezpečení požadované hodnoty hluku
 - Omezení šíření hluku do objektu zvenku a naopak
 - c) Zajištění denního osvětlení podstřešních prostor
- Požadavky požární bezpečnosti
 - stropní konstrukce posledního podlaží pod střechou
 - požárně uzavíratelné otvory
 - posouzení požárně nebezpečných otvorů

1.4.2.1 Požadavky stavebně fyzikální

Tepelně technická funkce střechy

Střešní plášť má značný vliv na tepelné ztráty objektu. Šíření tepla konstrukcí vedením omezuje tepelněizolační vrstva, šíření tepla konstrukcí prouděním omezuje vzduchotěsnicí vrstva a šíření tepla sáláním lze omezit reflexními a emisními vlastnostmi povrchů střešních plášťů a vrstev ve skladbě střechy. Tepelně technické požadavky na střešní konstrukce, včetně postupu výpočtu a vstupních veličin pro výpočet, najdeme v normě ČSN 73 0540 části 1–4. Když nejsou kladeny na podstřešní prostor žádné požadavky, tj. není nutno zajistit určitou teplotu a relativní vlhkost vzduchu interiéru, nemusíme provádět tepelně technické posouzení střešního pláště. Je dobré navrhovat střešní konstrukce větrané, a to buď s půdním prostorem, nebo dvouplášťové. U střech uzavřených parotěsně z obou stran musí být vlhkost uzavřených materiálů co nejnižší, nejvýše může odpovídat ustálené vlhkosti materiálů.

Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce a teplotní faktor

Nejnižší vnitřní povrchová teplota a teplotní faktor vnitřního povrchu se používají při hodnocení rizika kondenzace vodní páry a výskytu plísní na vnitřním povrchu stavební konstrukce.

Pro hodnocení požadavků na vnitřní povrchovou teplotu používá norma ČSN 730540-2 teplotní faktor vnitřního povrchu. Jedná se o veličinu, která je na rozdíl od vnitřní povrchové teploty vlastností konstrukce a nezávisí na působících teplotách. Požadavky na teplotní faktor jsou stanoveny odlišně pro neprůsvitné konstrukce a pro výplně otvorů (okna nebo dveře). Pro neprůsvitné konstrukce je kritériem vyloučení vzniku plísní a pro okna je kritériem vyloučení povrchové kondenzace vodní páry. Za hranici vyloučení vzniku plísní je pokládána relativní vlhkost vnitřního povrchu 80 %. Pokud je povrchová relativní vlhkost nižší, vznik plísní je prakticky vyloučen. Při vyšší relativní vlhkosti je naopak riziko velmi velké.

Kritická povrchová relativní vlhkost pro vyloučení povrchové kondenzace je 100 % - při nižších vlhkostech ke kondenzaci vodní páry na povrchu konstrukce nedochází.

Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor jsou základními veličinami charakterizujícími tepelně izolační vlastnosti stavebních konstrukcí.

Požadavky na součinitel prostupu tepla uvádí ČSN 730540-2. Pro každou stavební konstrukci musí být splněna podmínka:

$$U \leq U_N$$

Kde: U je součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m² .K)]
 U_N je jeho normou požadovaná hodnota [W/(m² .K)]

Způsob stanovení hodnoty U_N závisí na relativní vlhkosti vnitřního vzduchu ϕ_i a na převažující návrhové vnitřní teplotě θ_{im} (návrhová vnitřní teplota většiny prostor v objektu). Pokud se objekt skládá z více odlišných teplotních zón, stanovují se požadavky na stavební konstrukce pro každou zónu samostatně. Pro konstrukce v běžných objektech s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} od 18 do 22 °C včetně a s relativní vlhkostí ϕ_i do maximálně 60 % se pro stanovení velikosti U_N používají tabulkové hodnoty, které jsou uvedeny v Tabulka 1. Tento způsob určení U_N je nejběžnější.

Pokud je převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} mimo rozmezí 18 až 22 °C a relativní vlhkost ϕ_i maximálně 60 %, používá se vztah:

$$U_N = U_{N,20} * \frac{16}{\theta_{im}-4}$$

Kde: $U_{N,20}$ je zákl. hodnota souč. prostupu tepla z tab.1 [W/(m² .K)]

θ_{im} převažující návrhová vnitřní teplota [°C]

Tabulka 1 Hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ dle ČSN 730540 [25]

Typ střechy	Součinitel prostupu tepla [W/m ² .K]		
	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní domy $U_{pas,20}$
Šikmá (5–45°) i plochá (do 5°)	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strmá (nad 45°)	0,30	0,20	0,18 až 0,12

Zkondenzované množství vodní páry uvnitř konstrukce střechy

Ve střešních konstrukcích oddělujících prostory s odlišnými tlaky vodních par (P_{di} , P_{de}), dochází při postupném vyrovnávání tlaků k difúzi. Vodní pára postupuje z míst vyššího tlaku do míst s nižším tlakem. Kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu stěn v bytových a občanských stavbách je nepřístupná.

Střešní konstrukce je nutné řešit tak, aby difúzní odpor jednotlivých vrstev klesal směrem k exteriéru, tím se výskyt kondenzace omezí, popřípadě eliminuje.

Kondenzace vodní páry v konstrukci střechy způsobuje zvyšování vlhkosti materiálu, následně pak:

- hnilobu (organických) a korozi (ocelových) materiálů
- výskyt plísní
- objemové změny materiálu
- zvyšování tepelné vodivosti materiálu
- nežádoucí vyluhování pojiv a jiných složek

Požadovaná hodnota hluku

Požadavky na neprůzvučnost stavebních konstrukcí stanoví technická norma ČSN 73 0532 z oboru akustiky. Vzduchová neprůzvučnost střešní konstrukce závisí na její hmotnosti na jednotku plochy. Čím je střecha těžší, tím větší bude mít odpor proti rozkmitání zvukovými vlnami a tím méně bude vyzařovat zvuk na druhou stranu. Hmotnější konstrukce lépe izolují než lehké. Střídáním hmot akusticky tvrdých a měkkých se získá větší neprůzvučnost. Ke zvýšení neprůzvučnosti lehké střešní konstrukce je dobré využít zdvojení konstrukce například střešní plášť a samostatně zavěšený podhled.

Denní osvětlení

Požadavky na posuzování vnitřních prostor budov z hlediska denního osvětlení jsou uvedeny v ČSN 730580. U podkrovních bytů je jednou z hlavních zásad zajištění vizuálního spojení obytných místností s venkovním prostorem. Spodní hrana střešního okna by neměla být výš než 900 mm nad podlahou a jeho horní hrana méně než 2200 mm nad podlahou obytné místnosti.

Základní hlediska pro posuzování denního osvětlení vnitřních prostorů budov jsou:

- rovnoměrnost osvětlení
- rozložení světelného toku a převažující směr světla
- oslnění
- úroveň denního osvětlení

1.4.2.2 Požadavky požární bezpečnosti

O požární bezpečnosti existuje spousta normativních a poměrně přísných předpisů. Já vám zde uvedu jen základní vybrané požadavky, kterými jsou:

- Stropní konstrukce posledního nadzemního podlaží musí mít charakter požárního stropu, je-li nad ní dřevěný krov
- Má-li střecha funkci požárního stropu, musí být otvory ve střeše požárně uzavíratelné a musí vykazovat potřebnou požární odolnost
- Jestliže střecha nebo její části zasahují do požárně nebezpečného prostoru, musí být její povrchová vrstva (krytina) z nehořlavých hmot

2 Skladby šikmých střech s nosnou konstrukcí krovu

2.1 Základní rozdělení skladeb střešních pláštů [13]

1. Skladby jednoplášťových šikmých střech

- Střecha bez tepelné izolace opatřená pouze krytinou
- Střecha se slámovými či rákosovými došky
- Střechy s tepelnou izolací
 - Skladba s nadkroevní tepelnou izolací
 - Tepelná izolace mechanicky kotvená
 - Tepelná izolace přitížená těžkou skládanou krytinou
 - Kompaktní skladba
- Střecha vegetační

2. Skladby dvouplášťových šikmých střech

- Střechy bez tepelné izolace
 - Konstrukce s PHI umístěnou volně nad krokvy
 - Konstrukce s PHI na bednění
- Střechy s tepelnou izolací
 - Skladba s nadkroevní tepelnou izolací nebo kompletizovaným tepelněizolačním dílcem
 - Skladba s tepelnou izolací mezi krovy
 - Skladba s tepelnou izolací mezi krovy + nad krovy
 - Skladba s tepelnou izolací mezi krovy + pod krovy
 - Skladba s tepelnou izolací pod krovy

3. Skladby tříplášťových šikmých střech

- Skladba s tepelnou izolací mezi krovy
- Skladba s tepelnou izolací mezi krovy + pod krovy
- Skladba s tepelnou izolací pod krovy

2.2 Skladby jednoplášťových šikmých střech

2.2.1 Střecha bez tepelné izolace opatřená pouze krytinou

Skladba je velmi jednoduchá z hlediska provádění a ekonomicky nejvýhodnější. Navrhuje se na budovy, u kterých nevzniká potřeba tepelné pohody vnitřního prostředí (např. sklady) nebo na budovy, u kterých zastřešením vznikne pouze prostředí částečně chráněné a nevyžaduje se na nich vodotěsnost konstrukce, tím myslím třeba přístřešek bez obvodového pláště. Díky vynechání tepelné izolace je v praxi nazývána jako “studená střecha“.

Jako příklad jsem v této kapitole uvedl dvě skladby s tím, že jedna je realizována na klasické laťování (Obrázek 10) a druhá na plnoplošné bednění (Obrázek 11). Nejčastější volbou na bednění je plechová krytina, ale v dnešní době bývá oblíbená barevná hydroizolační fólie z měkčeného PVC uchycená na poplastovaný plech viplanyl, který zároveň funguje jako okapnice.

Protože skládaná krytina je netěsná, tak podstřešní prostor je automaticky provětráván, a díky tomu se tato skladba občas přiřazuje do kategorie dvouplášťových střech. Tím pádem by první plášť tvořilo laťování s krytinou a druhý poslední stropní konstrukce v objektu. To je v rozporu s ČSN 73 1901, čili tato skladba patří opravdu do kategorie jednoplášťových střech.

Výhody:

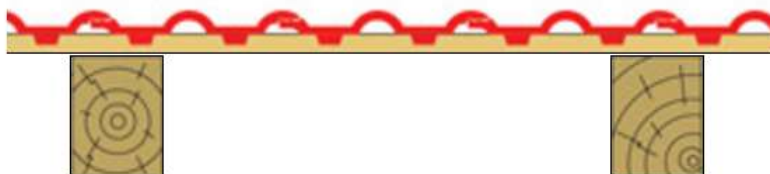
- Rychlost realizace
- Nízké náklady
- Malá tloušťka střešního pláště

Nevýhody:

- použitelnost jen na určité typy budov

Příklady střešních skladeb:**a) jednoplášťová šikmá střecha na laťování**

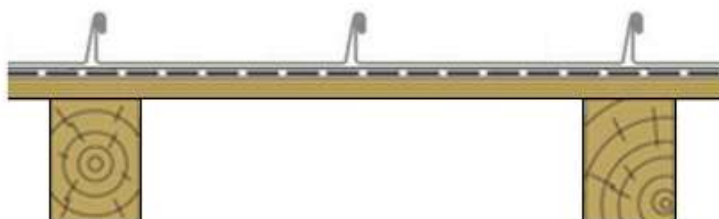
1. Střešní skládaná krytina
2. Laťování
3. Dřevěná nosná krokevní konstrukce



Obrázek 10 Jednoplášťová střecha s laťováním a skládanou krytinou [60]

b) Jednoplášťová šikmá střecha na plnoplošné bednění

1. Pozinkovaná plechová krytina
2. Strukturovaná dělicí rohož, slouží zároveň jako pojistná hydroizolační vrstva
3. Plnoplošné bednění
4. Dřevěný nosná konstrukce krovu



Obrázek 11 Jednoplášťová střecha s bedněním a plechovou krytinou [60]

2.2.2 Došková skladba z rákosu či slámy

Zhotovení střešního pláště z došků není dnes v České republice moc známé. Je to dost paradox, protože dříve byla tato krytina charakteristická pro celý náš venkov. Doškovou střechu můžeme vidět na historických objektech, zahradních altánech, stájích, skanzenech, zoologických zahradách atd. Dnes se sní ale setkáváme také na novostavbách rodinných domů, díky zvýšenému zájmu používání přírodních materiálů ve stavebnictví. Kvůli tomu jsem tuto skladbu zařadil do mé práce. Velký problém je, že u nás není moc lidí, kteří toto řemeslo ovládají a tím se začíná pomalu vytrácet.

U nás jsou spíše aktuální došky rákosové oproti slámovým, a to díky lepší dostupnosti a především trvanlivosti. Rákosová střecha má spousty skvělých vlastností. Je schopna současně plnit funkci skládané hydroizolační vrstvy i tepelného izolantu. Zároveň zajišťuje snadný prostup vodních par konstrukcí a udržuje přirozené vnitřní mikroklima. Tyto střechy se dají dobře skloubit se všemi moderními střešními prvky (např. střešními okny), splňují i ty nejnáročnější technické požadavky. Rákos můžeme použít i na geometricky složitých a tvarově komplikovaných plochách.

Z architektonického hlediska jsou doškové střechy velmi zajímavé kvůli svému objemu, díky němuž nemá mezi ostatními krytinami konkurenci. Důležitým faktorem je jejich krásná přirozená barva, struktura a měkká linie.

Tepelný odpor zhotovené doškové krytiny musí odpovídat ČSN 730540-1-4 a novelizaci této normy části 2-vyhl. 291/2001 - požadavky na zvýšený součinitel prostupu tepla "U". Jen pro příklad, výpočet tepelného odporu střešní konstrukce o tloušťce 350 mm se rovná tepelnému odporu konstrukce z polystyrénu o tloušťce 140 mm, což je jen o 7 mm méně, než je požadavek normy pro lehké střechy (u lehké střechy platí, že minimální tloušťka polystyrénu pro dosažení $U=0,24\text{W/m}^2\text{K}$ je 147 mm). Jednotlivá stébla jsou vlastně krátké kapiláry, které v sobě mají uzavřený vzduch a díky nim má střecha tak dobré tepelné vlastnosti. Do střešních rákosových systémů se používají stonky asi průměru cigarety a délky do 160 cm. Rákos určený na střechy se k nám dováží z Maďarska, kde jsou příznivější klimatické podmínky pro pěstování.

Pokládání rákosu se provádí ručně a to rovnoměrným "přišíváním" a "nabíjením" jednotlivých svazků k dřevěnému laťování. Přišívání se dělá pomocí poměděného nebo pozinkovaného drátu. Vzdálenost krokví bývá zpravidla cca 1 m a rozteč laťování se řídí délkou rákosu. Platí pravidlo, že každý došek má ležet na třech latích.

S pošíváním střechy se začíná od spodní okapové řady. Každá vrstva se stabilizuje a přitahuje ke střešní konstrukci, čímž je zajištěna vodotěsnost krytiny. Rákosové snopy se pomocí dusadla pěchují (nabíjejí) směrem k hřebeni, tím je dosaženo optimálně rovné střešní plochy. Po pokládce svazků se povrch střechy sčeše a dorovná do výsledné podoby. Exponovaná místa nebo místa se zmenšeným sklonem je možné doplnit pojistnými foliemi, vloženými mezi vrstvy rákosu. Zakončení střechy může být provedeno různými způsoby. Nejběžnější je použití rákosového hřebenáče nebo provedením hřebene ze štípaných dřevěných šindelů, popřípadě prken. Jako další provedení se nabízí měděný plech či "zelený hřeben" osázený netřesky a vřesem. Konečná tloušťka krytiny se většinou pohybuje mezi 30-40 cm. Tím je zaručena dokonalá izolace proti vodě i teplotě a slunečním paprskům. Abychom dosáhli takovéto tloušťky, tak spotřeba rákosových snopů na 1 m² plochy se pohybuje okolo 12-14 kusů. Tloušťka krytiny se nám zmenšuje na základě zvyšování sklonu střechy. V normě je doporučený sklon střechy 45°. Životnost střechy je 25 i více let, jen musíme počítat s tím, že nejvíce namáhané části střechy je nutné po 10 letech prohlédnout a zlehka poopravit.

Proti ohni se došková krytina chránila zevnitř hliněnou mazaninou, vyplňující obdélníkové přihrádky mezi latěmi a krokvemi (Obrázek 12). Proti vnějšímu ohni naopak poskytuje ochranu přirozené zarůstání mechem. Dnes můžeme navíc povrch střešní krytiny ošetřit vodním sklem a dalšími přípravky, které jej chrání i proti ohni i slunečním paprskům a zvětšuje odolnost vůči vodě. Nátěr je možné opakovat každých 5-10 let.

Výhody:

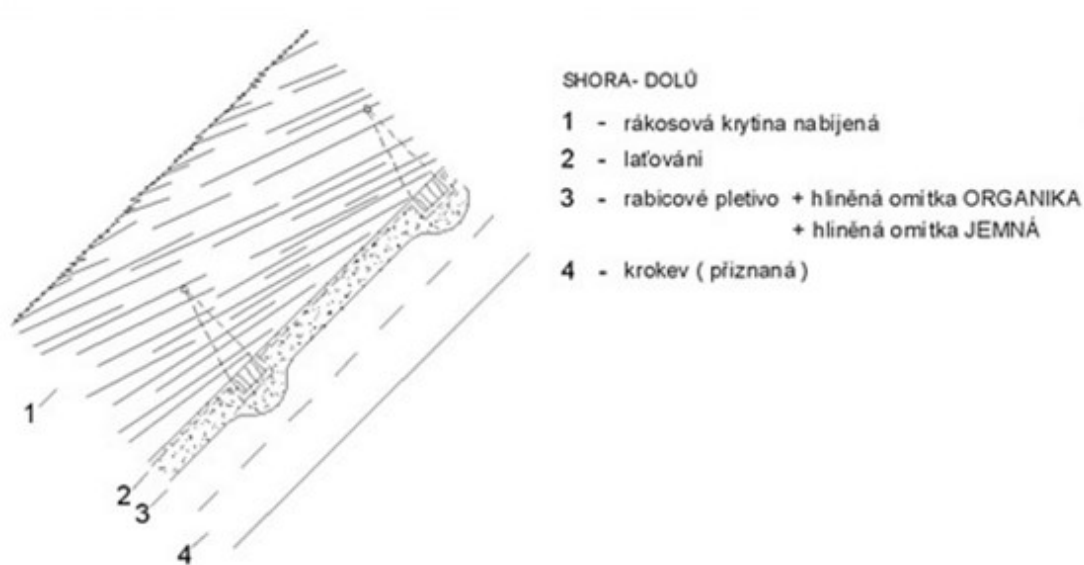
- Došky si může vyrobit každý sám
- Jednoduchá a levná oprava poškozených míst ve střeše
- V rámci údržby nemusím odstraňovat celou krytinu, ale jen ji doplním o další vrstvu
- Izolace půdních prostor
- Vzdušnost a prodyšnost
- Zabraňuje rychlému střídání teplot v půdním prostoru

Nevýhody:

- Poměrně časté opravy z důvodu degradace materiálu
- Velká tloušťka střešního pláště
- Drahé na realizaci
- Z architektonického hlediska lze použít jen do některých lokalit

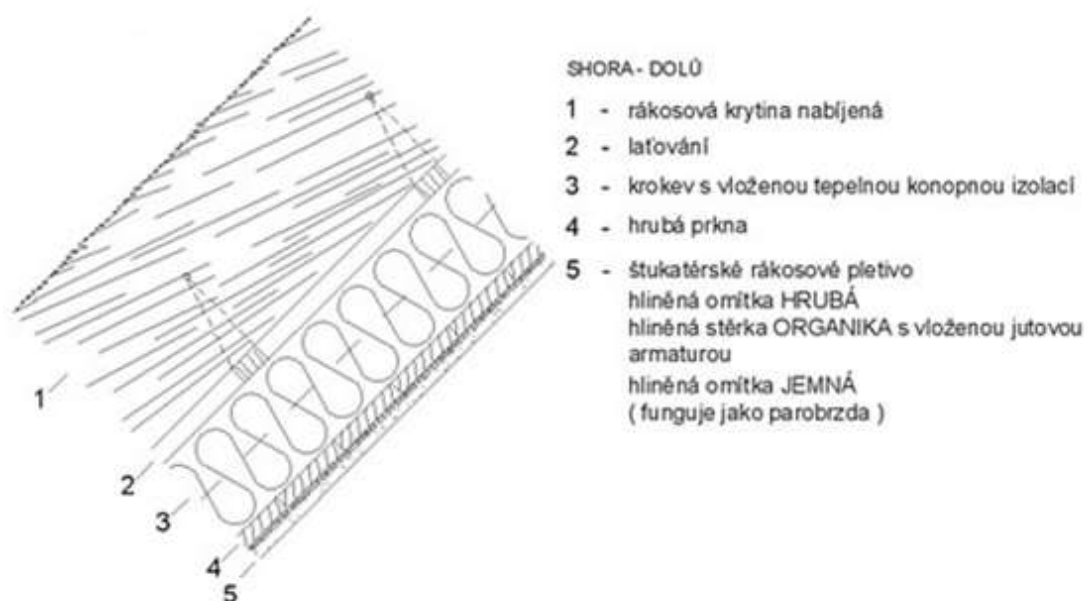
Příklady střešních skladeb:

a) Tradiční rákosová střecha bez tepelné izolace



Obrázek 12 Tradiční rákosová střecha s vnitřní hliněnou omazávkou [57]

b) Rákosová střecha s tepelnou izolací z konopí



Obrázek 13 Rákosová střecha doplněná konopnou mezikrokevní tepelnou izolací [57]

2.2.3 Střechy s tepelnou nadkrokevní izolací

Jednoplášťová střecha s tepelnou izolací umístěnou nad krokviemi obsahuje obvykle tyto základní vrstvy: podhled, parozábranu, tepelnou izolaci, pojistnou hydroizolaci, krytinu. Použitá tepelná izolace musí vykazovat zejména dostatečnou pevnost (kvůli mechanickému kotvení, tíze krytiny a povětrnostnímu zatížení), a protože se pokládá z realizačních důvodů obvykle v jedné vrstvě, spoje jsou řešeny zámky, ozuby, přesahy nebo perem-drážkou. Na trhu jsou také systémové tepelně-izolační desky, které rovnou zastupují funkci parozábrany nebo hydroizolace – například speciální polystyrenové desky s vnější profilací podporující odtok vody pod krytinou a s ozubem nahrazujícím střešní laťování pro přímou pokládku střešních tašek.

Tepelná izolace může být řešena jako:

- samostatná vrstva – polystyren, pěnové sklo
- kompletizovaný dílec-tepelná izolace je tuhý polyuretan (PUR, PIR) + oboustranná hliníková fólie + vrchní nakaširovaná OSB deska (systém BACHL tecta-PUR nebo systém PUREN)

Samostatná vrstva:

Jak jsem se již zmiňoval, jako materiál samostatné vrstvy tepelné izolace můžeme použít polystyren nebo pěnové sklo. Jako ukázkou jsem si vybral zateplení pomocí tvarovek THERMO Plus z polystyrenu EPS (Obrázek 14).



Obrázek 14 Tepelněizolační tvarovka THERMO Plus z polystyrenu EPS [46]

Pokládají se do navrženého dřevěného laťování, podle kterého se následně vybírá typový dílec izolantu. U tohoto systému se volí těžká střešní krytina. Samotná krytina je následně pokládána na speciálně vytvarovaný horní povrch desek. Dílce dále obsahují horizontální překrytí a vertikální těsnicí zámky s kanálky, aby případná z kondenzovaná voda odtekla po povrchu pryč do okapního žlabu a nedostala se pod ně. Vše je doplněné o obvodové utěsnění. Výrobce doporučuje pokládku jednotlivých desek na vazbu s přesahem minimálně 200 mm. Dílce by měly být hydrofobní s vysokým difúzním odporem, ale pro jistotu je vždy dobré parotěsnou zábranu do konstrukce navrhovat. Po vyskládání na střechu plní funkci tepelnou, zvukovou a také pojistně izolační. Pokud je požadována vzduchotěsnost, tak se před pokládkou samotných dílců, instaluje vzduchotěsná vrstva neboli parotěsná zábrana. Ta se uchycuje buď rovnou pod krokve nebo na krokve přes dřevěné laťování. Důležité je, abychom zabránili pronikání vzduchu pod izolační plochu. Při pokládce musíme větrotěsně napojit dílce s obvodovými stěnami, s fasádní izolací a se všemi dalšími sousedícími stavebními konstrukcemi. Vhodnými spojovacími materiály jsou např. komprimované pěnové pásky, trvale elastická lepidla a těsnicí materiály na bázi polyuretanu či bitumenu. Spáry spoje a zbývající dutiny je dobré pro jistotu vyplnit montážní PUR pěnou.

Opatření proti sání větru je vyřešeno pomocí speciálních vrtů, které jsou navrtány z vrchu do zámků dílců. Každý zámek je opatřen drážkovým těsněním, které se po dotažení šroubu dokonale přitiskne. Do odvodňovacích kanálů a postranních zámků dílců se vruty nesmí zavrtávat.

Veškeré montážní práce by se měly provádět podle pravidel pro navrhování a provádění střech, která vydal Cech klempířů, pokrývačů a tesařů České republiky a podle doporučení udávaných výrobcem.

Kompletizovaný dílec:

Panely jsou opatřeny na dolní straně hliníkovou fólií a na horní straně nakaširovanou OSB deskou, která je určena k přímé montáži střešní kontaktní krytiny jako například vláknitocementové desky, asfaltové šindele nebo plechové krytiny bez kontralatí a laťování, čím vytváříme stále jednoplášťovou střechu. Při sklonech pod 7° je doporučeno použít vodotěsný polymer-bitumenový samolepicí pás. Vzduchotěsnost musí být zabezpečena stejným způsobem jako u samostatné vrstvy tepelné izolace.



Obrázek 16 Spoj na P+D PUR izolace BACHL s integrovanou OSB deskou [34]



Obrázek 15 Spoj na ozub PIR izolace PUREN s integrovanou OSB deskou [52]

Montáž izolačního systému BACHL je nutné pokládat vždy na dřevěné bednění se vzduchotěsnou podkladní vrstvou. Systém PUREN se pokládá také na celoplošné bednění, ale nabízí možnost bednění vynechat a desky položit rovnou s podtěsněním na krokve. Izolační desky mají po celém obvodu upraveny hrany na pero a drážku (systém BACHL) nebo na ozub (systém PUREN), kterými jsou navzájem spojeny.

Pokládka se provádí rovnoběžně s okapem a bez průběžných svislých spár čili na vazbu. Úpravy desek se dělají běžnými řezacími nástroji na dřevo. Panely se kotví do konstrukce krovu speciálními šrouby, které se šroubují přímo do OSB desky, tak, aby hlava vrutu byla zapuštěna v desce. Počet šroubů a způsob kotvení je ovlivněn výškou budovy, sklonem střechy, druhem krytiny, nadmořskou výškou, sněhovou a větrovou oblastí. Při použití krytin z vláknitocementových šablon nebo z břidlice, doporučujeme vrchní plochu desky OSB opatřit robustní pojistnou hydroizolační fólií, aby byl zajištěn spolehlivý odvod povrchové vody. U plechových krytin je nutné k zabránění kondenzace vody položit na OSB desku separační vrstvu paropropustnou fólii s nakaširovaným plastovým pletivem. V průběhu montáže nesmí dojít k zatečení dešťové vody do střešního souvrství a navlhnutí OSB desek, proto se na konci každého záběru ihned položí pojistná hydroizolace.

Výhody:

- Minimalizace tepelných mostů
- Rychlost realizace

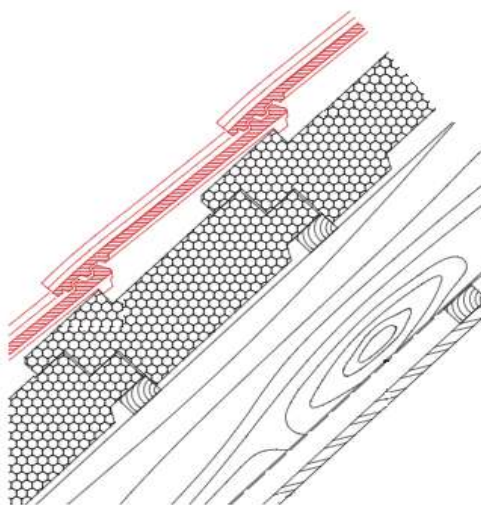
Nevýhody:

- Větší tloušťka střešního pláště

Příklady střešních skladeb:

a) Jednoplášťové střechy se samostatnou nadkroevní tepelnou izolací

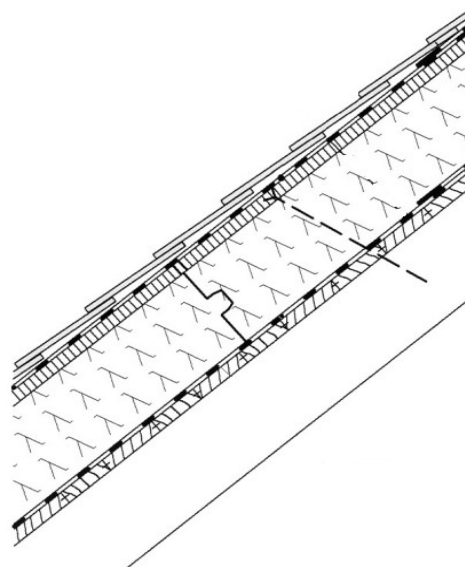
1. Skládaná krytina
2. Tepelná izolace z tvarovek THERMO PLUS z polystyrenu EPS
3. Dřevěné laťování
4. Dřevěná nosná konstrukce krovu
5. Parotěsná zábrana (může být umístěna mezi laťováním a krokvemi)
6. Podhledová konstrukce



Obrázek 17 Skladba Jednoplášťové střechy s nadkroevní tepelnou izolací složenou z polystyrenových tvarovek THERMO PLUS [46]

b) Jednoplášťové střechy nadkrokevně tepelně izolované z kompletizovaných dílců

1. Vláknitocementová krytina
2. Pojistná hydroizolační vrstva
3. Tepelná izolace z PIR nebo PUR desek s integrovanou OSB deskou (mechanicky kotvená do krokví)
4. Parotěsná zábrana
5. Dřevěné celoplošné bednění
6. Dřevěná nosná konstrukce krovu



Obrázek 18 Skladba jednoplášťové střechy s použitím kompletizovaných dílců složených z PIR nebo PUR tepelné izolace a OSB desek [52]

2.2.4 Kompaktní skladba:

Nejvíce charakterizující prvek této skladby je, že její veškeré vrstvy jsou slepeny kompaktně dohromady. Spojení je nejčastěji řešeno pomocí horkého asfaltu. Ten se nanáší jak na plochu tepelné izolace, tak na styčné spáry. Za velkou výhodu považují opravu kompaktní skladby. Při lokálním proražení stačí vyměnit pouze jednu sekci rovnající se půdorysnému rozměru tepelněizolační desky.

U skladby s tepelnou izolací z materiálu PIR výrobci uvádí, že tento systém lze používat na šikmé střechy. Podle normy to uvádění správně, protože šikmé střechy jsou od $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$, ale v praxi se dají použít do maximálního sklonu 10° . Je to hlavně díky tomu, že v této skladbě nejsou použity systémové kotevní příponky. Další problém nastává při používání horkého asfaltu, s kterým se na větším sklonu střechy nedá pracovat.

Naopak druhý systém, s tepelnou izolací z materiálu pěnového skla, se dá realizovat do větších sklonů. Místo horkého asfaltu používá studené asfaltové lepidlo se systémovými kotevními příponkami, které neprostupují celou výškou izolantu. Tuto skladbu je ideální použít nad vnitřní prostředí s vysokou relativní vlhkostí, protože pěnové sklo je vysoce parotěsné.

Tepelná izolace či kompletizovaný dílec je pokládán na plnoplošné dřevěné bednění. Jako finální vrstva se nejčastěji používá asfaltových pásů. Po doplnění dalších příslušných vrstev můžeme navrhnout zatravněnou plochu. Na kompaktní střechu s pěnovým sklem se dá položit i plechová krytina, která je kotvena do speciálních kovových příponek vlepených asfaltem do tepelné izolace (Obrázek 19).

Výhody:

- dlouhá životnost
- bezpečnost: celoplošně slepený izolační systém je prevencí rozsáhlých poruch a nákladných oprav
- skladba není perforována mechanickým kotvením
- kotvení plechové krytiny je bez tepelných mostů
- velmi parotěsná a s výhodou se používá pro konstrukce nad vnitřním prostředím s vysokou relativní vlhkostí vzduchu

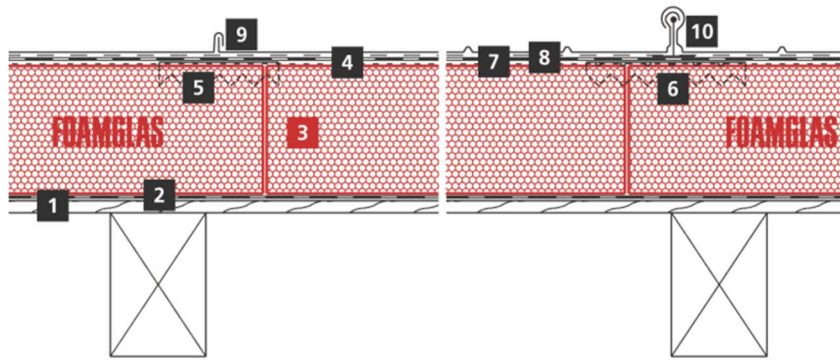
Nevýhody:

- práce s horkým asfaltem
- použití do malého sklonu

Příklady střešních skladeb:

a) Šikmá kompaktní střecha s tepelnou izolací z pěnového skla

1. Dřevěné bednění na krokách
2. Přikotvená nebo samolepící separační vrstva
3. Desky z pěnového skla uložené do horkého asfaltu
4. Zátěr povrchu horkým asfaltem
5. Kotevní plechy 150/150
6. Kotevní plechy 200/200
7. Modifikovaný asfaltový pás
8. Separální vrstva
9. Falcovaná plechová krytina
10. Krytina z profilovaných plechů



Obrázek 19 Šikmá kompaktní střecha na dřevěném bednění s tepelnou izolací z pěnového skla a s plechovou krytinou [59]

b) Šikmá kompaktní střecha s tepelnou izolací PIR

1. vrchní vrstva hydroizolace, modifikovaný natavovací pás celoplošně navařený
2. podkladní vrstva hydroizolace, modifikovaný asfaltový pás celoplošně lepený
3. celoplošné přilepení modifikovaným elastomerickým asfaltem
4. tepelná izolace PIR
5. celoplošné přilepení modifikovaným elastomerickým asfaltem
6. parotěsná zábrana z modifikovaného asfaltu
7. celoplošné přilepení modifikovaným elastomerickým asfaltem
8. separační vrstva
9. dřevěné bednění na krokách

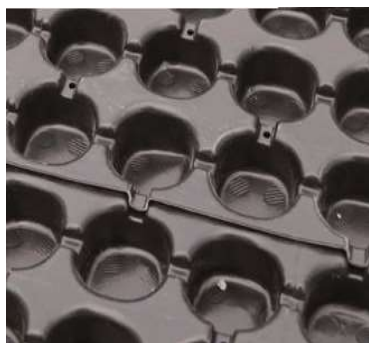


DŘEVĚNÉ BEDNĚNÍ NA
KROKÁCH

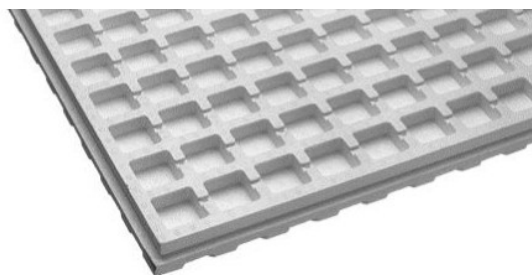
Obrázek 20 Šikmá kompaktní střecha na dřevěném bednění s tepelnou izolací PIR a s modifikovaným asfaltovým natavovacím pásem [62]

2.2.5 Vegetační šikmá střecha:

Střešní konstrukce opatřená vegetační vrstvou (vrstva humusovitého zákrytu s rostlinstvem) zvyšuje kvalitativní parametry umělého životního prostředí budovy a jejího vnitřního komfortu. Ekologická nezávadnost materiálu použitého pro vegetační pokrytí šikmé střechy se odráží v kvalitě vnitřního klimatu budovy, tepelně-technických parametrech konstrukce i celkovému tepelnému odporu konstrukce, teplotnímu útlumu a celé řadě parametrů souvisejících s výslednou energetickou náročností budovy, tepelnou pohodou, kvalitou a životností vlastní střešní konstrukce. Vegetační vrstva má zásadní podíl na ochraně hydroizolační vrstvy, protože díky ní není vystavená slunečnímu záření a namáhána teplotními rozdíly. Tím se omezuje stárnutí a koroze jednotlivých vrstev střešního pláště, zvyšuje se jejich odolnost a prodlužuje životnost. Další její kladnou funkcí je zvyšování tepelného odporu konstrukce, díky kterému příznivě ovlivňujeme energetickou bilanci budovy. Vlivem proudění vzduchu na střeše dochází ke zvyšování energetických ztrát způsobených konvekcí z povrchu budov. Vysázením jednotlivých rostlin v úrovni vegetace, toto proudění omezíme. Akumulace srážkové vody na střeše je dosti velká, protože zemina jí hodně absorbuje. Tím se nám sice zmenší množství odváděné vody, ale o to víc se nám zatěžuje vlastní konstrukce střechy. Je tedy jasné, že při návrhu tohoto souvrství musíme počítat se zatížením zeminy, která je plně nasycená vodou. Abychom zatížení snížili, můžeme do střešního pláště přidat hydrofilní desku z minerálních vláken, která funguje stejně jako zemina (absorbuje do sebe vodu). Za její výhodu považují nízkou hmotnost, lepší tepelné vlastnosti. Oproti zemině má jednu velkou nevýhodu, neobsahuje živiny, musíme je tedy přidávat uměle. Nejlepší variantou je kombinace těchto dvou



Obrázek 22 Nopová fólie s perforacemi [55]



Obrázek 21 Filtrační, drenážní a akumulací vrstva z pěnového polystyrenu s uzavřenou strukturou [55]

vrstev, zeminy a hydrofilní desky. Při návrhu se nesmí zapomenout na akumulční a drenážní vrstvu, která je nejčastěji řešena pomocí nopové fólie (Obrázek 22) s perforacemi při horním povrchu nebo pomocí pěnového polystyrenu (Obrázek 21). Ta nám umožní odtok přebytečné srážkové vody a zároveň její akumulaci, aby rostliny měly stále vláhu při sušším období. Důležitá je i filtrační vrstva, která se umísťuje nad nopovou fólii. Je to z důvodu, aby se nám nedostaly nečistoty dále do střešního souvrství, a hlavně aby nedošlo k ucpání odtokových děr v akumulční a drenážní vrstvě.

Při sklonech střech 25–45° je nutné navrhnout zajištění proti sesuvu zeminy. Typ se volí podle druhů rostlin a sklonu střechy. Na (Obrázek 23, 24, 25) můžete vidět příklady jednotlivých systémů, které se v dnešní době používají.



Obrázek 23 Zatravnovací dílce (plastový rošt [55])



Obrázek 24 Protiskluzný systém (sít' + prahy) [55]



Obrázek 22 Rošt z recyklovaného polyethylenu (nosníky + prahy) [56]

Vedle funkčního využití musíme také řešit její architektonický návrh. Kompoziční zásady se příliš neliší od zásad používaných na zahradách. Dominantním prvkem jsou rostliny, ale můžeme také použít keře nebo malé stromy.

Výběr je na autorovi zahrady, musí jen respektovat životní podmínky výsadby na povrchu střechy.

Při hodnocení chování vegetační střechy v případě požáru musíme brát v úvahu množství rostlin, stromů nebo keřů navržených na střeše a vlastnosti materiálů zabudovaných do vrstev střešního pláště. Podle směrnice FLL (německá směrnice pro projektování, provádění a údržbu zelených střech) se na intenzivní zeleň pohlíží stejně jako na "tvrdou krytinu". Extenzivní zeleň vyhoví za předpokladu, že tloušťka vrstvy substrátu je min. 3 cm s obsahem max. 20 % hm. organických látek. Před okny, dveřmi a střešními prostupy je nutný pás šterku nebo dlažby. Důležité je zabezpečit, aby nedocházelo k přenosu požáru na okolní stavby.

V mnoha publikacích jsem se dočetl, že náklady na údržbu střechy jsou prakticky nulové, díky ochranně střešního pláště vegetační vrstvou. S tímto tvrzením souhlasím, ale náklady na údržbu samotné zeleně, aby vypadala pěkně, jsou jinak dosti vysoké.

Dělení vegetačních střech:

- Dle střešního pláště se rozeznávají:
 - Jednoplášťové
 - Dvoupplášťové
 - Víceplášťové

V této kapitole se budu zabývat pouze jednoplášťovými střechami, dvou a víceplášťové popisovat nebudu, protože vlastní systém vegetační vrstvy zůstává pořád stejný, ať ho aplikuji na jakoukoliv skladbu střechy.

- Dle druhu rostlin:
 - Extenzivní
 - Intenzivní

Extenzivní úprava

U této vrstvy se používají rostliny nenáročné, odolné, snášející extrémní podmínky a mající schopnost rozrůstat se do plochy. Použití zrovna těchto rostlin je ovlivněno zemním substrátem, který má u extenzivní úpravy dosti malou tloušťku 30 až 200 mm, a tím i menší akumulaci vody. Do vegetačních souvrství se často navrhuje automatický nebo poloautomatický zavlažovací systém. Náklady na údržbu a provoz vycházejí menší než u intenzivní úpravy. Tíha vegetačního souvrství se v suchém stavu pohybuje přibližně od 60 do 150 kg/m² a v mokřem stavu od 150 do 200 kg/m². Při návrhu můžeme počítat s tím, že na celé zatravněné ploše se bude nacházet pravidelná tloušťka substrátu a následně i rovnoměrné a konstantní zatížení.

Intenzivní úprava

Touto variantou se v mé práci zabývat nebudu. Je to z důvodu, že intenzivní úprava začíná na tloušťce vrstvy 200 mm a víc, což je hraniční hodnota pro použití na šikmých střeších. V této variantě se používají rostliny, keře, menší stromy, které potřebují větší vrstvu zemního substrátu, než je u extenzivní úpravy a tu nejsme schopni ochránit proti možnému sesuvu ze střešní konstrukce.

Výhody:

- Chrání dům před ztrátou tepla
- Zeleň zachytává prach, zvlhčuje a okysličuje ovzduší
- Prodloužení životnosti hydroizolační vrstvy
- Zelená střecha může při dodržení konstrukčních požadavků sloužit jako plnohodnotná střešní zahrada

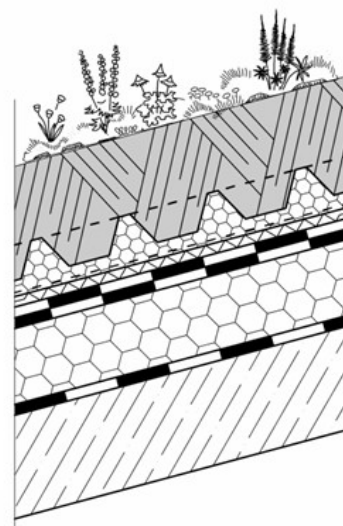
Nevýhody:

- Vyšší zatížení střešní konstrukce
- Větší tloušťka střešního pláště
- Vysoká cena

Příklady střešních skladeb extenzivní vegetační šikmé střechy:

a) Extenzivní jednoplášťová vegetační střecha se sklonem 5°-25°

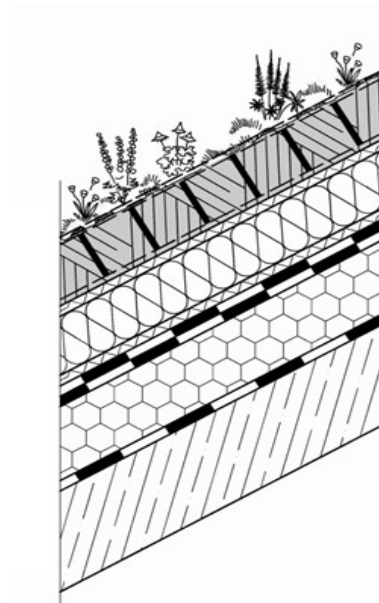
1. Vegetace – suchomilné rostliny
2. Vegetační vrstva – substrát (při sklonech nad 15° substrát proveden do plastového roštu pro jištění proti sesuvu)
3. Filtrační vrstva
4. Drenážní a hydroakumulační vrstva
5. Ochranná vrstva (netkaná polypropylenová textilie)
6. Hydroizolace (odolná proti prorůstání kořenů-např. fólie z měkčeného PVC)
7. Tepelná izolace
8. Parotěsná zábrana
9. Dřevěná kce krovu s bedněním



Obrázek 25 Vegetační jednoplášťová střecha s hydroakumulační vrstvou z pěnového polystyrenu a sklonem 5°-25° [56]

b) Extenzivní jednoplášťová vegetační střecha se sklonem 25°-40°

1. Vegetace – suchomilné rostliny
2. Vegetační vrstva – substrát proveden do plastového roštu (menší tloušťka vrstvy)
3. Filtrační vrstva (netkaná textilie)
4. Hydroakumulační vrstva – hydrofilní deska z minerálních vláken
5. Ochranná vrstva (netkaná polypropylenová textilie)
6. Hydroizolace (odolná proti prorůstání kořenů-např. fólie z měkčeného PVC)
7. Tepelná izolace
8. Parotěsná zábrana
9. Dřevěná kce krovu s bedněním



Obrázek 26 Vegetační jednoplášťová střecha s uložením substrátu do plastového roštu a s hydrofilní vrstvou [56]

2.3 Skladby dvouplášťových šikmých střech

Jak jsem se zmiňoval na začátku mé práce, střechy dvouplášťové obsahují ve své skladbě jednu vzduchovou mezeru. Občas jsou v odborné literatuře označovány jako střechy teplé. Je to z toho důvodu, že teplý vzduch z vnitřního prostředí projde přes střešní plášť až pod krytinu a teprve odtud je odvětrán do exteriéru. Poslední dobou bývají nejčastější volbou na šikmých střechách.

Velký význam mají skladby dvouplášťových střech z hlediska difuze vodní páry, kdy se prostupující pára střešní konstrukcí dostává pomocí mezery účinněji a rychleji do vnějšího prostředí. Další důvod, proč si vybrat dvouplášťovou střechu je kvůli tepelné stabilitě vnitřního prostředí v zimě i v létě. V létě není interiér přehříván a v zimě tolik ochlazován. Jejich použití se hodí nad prostředí s vyšší relativní vlhkostí vzduchu. Ještě bych vyzdvihnul jednu dobrou vlastnost, funguje zde lepší odtok vody, pokud máme klasickou skladbu s hydroizolační vrstvou pod vzduchovou mezerou. Naopak jako nevýhodu bych viděl oproti jednoplášťovým střechám složitější realizaci nebo často špatné provedení vzduchové mezery či dimenze přírodních a odvodních otvorů. Samozřejmě nesmíme zapomenout na možnost namrzání spodní hrany skládané krytiny což způsobuje urychlení její degradace. To se ale děje jen za určitých klimatických podmínek, které nejsou tak časté.

V dnešní době máme na trhu spousty druhů tepelných izolací. Jejich výběr záleží na umístění ve střešním plášti a na tepelně-technickém návrhu skladby. Tím chci říct že například minerální vlna nebo konopná izolace se řadí mezi tvárnější materiály čímž se hodí ke vkládání mezi krokve či latě. Je to dobré kvůli lepšímu přilnutí k zabudovaným prvkům. Nadkroevní systémy je lepší provádět z tepelných izolací větší pevnosti, jako jsou například desky z PUR, PIR nebo polystyrenu EPS, XPS.

2.3.1 Střechy bez tepelné izolace

Střešní plášť bez tepelné izolace navrhujeme pouze nad nevyužívaným, a tedy nevytápěným, střešním prostorem. Na první pohled je vidět, že realizace není nijak složitá a ekonomicky nákladná. Jako u jednoplášťových nezateplených střech i zde vznikají neshody, jestli se této skladbě dá říkat dvouplášťová. Já tvrdím že, střešní krytina, laťování a kontralatě mi tvoří vrchní plášť a pojistná hydroizolační vrstva mi

tvoří spodní plášť. Z estetických důvodů lze hydroizolační vrstvu položit na celoplošné bednění.

Výhody:

- levná a rychlá realizace

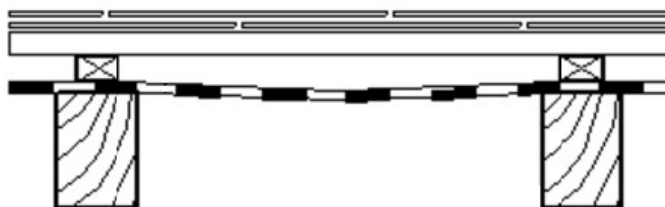
Nevýhody:

- použitelné jen na určité typy budov

Příklad střešní skladby:

Šikmá dvouplášťová střecha bez tepelné izolace

1. Střešní skládaná krytina
2. Laťování
3. Kontralatě (vzduchová mezera)
4. Pojistná hydroizolační vrstva
5. Dřevěná nosná konstrukce krovu
(lze provést na krokve celoplošné bednění)



Obrázek 27 Dvouplášťová střecha bez tepelné izolace [63]

2.3.2 Skladba s tepelnou izolací mezi krokvemi

Díky pravidelnému přerušování tepelného izolantu dřevěnými krokvemi, nám vznikají ve střeše systematické tepelné mosty. Díky nim dochází v konstrukci poměrně k vysokým tepelným ztrátám. Jen pro představu, dřevo je cca čtyřikrát horší izolant než minerální tepelná izolace, která se na tento typ skladby používá nejčastěji. Největší problémy vznikají v místech styku krokve a tepelné izolace, kde nám může nastat kondenzace. Kvůli tepelným ztrátám jsme nuceni navrhovat větší tloušťku izolace, abychom splnili stavebně fyzikální požadavky kladené na střechy.

V této skladbě jsme ale limitováni výškou krokve, která nám určuje tloušťku tepelného izolantu

Provětrání je běžně zajištěno návrhem dřevěných kontralatí do skladby střechy. Existuje ale varianta se sníženou tloušťkou tepelného izolantu vůči nosné krokvi. Tím se nad izolací vytvoří vzduchová mezera, která je shora uzavřena celoplošným bedněním s plechovou krytinou nebo pojistnou hydroizolací s laťováním a skládanou krytinou (Obrázek 29). Častokrát se stává, že dnešním požadavkům tento typ střešního pláště nevyhovuje, proto se s ním málokdy v dnešní době potkáme.

Výhody:

- jednoduchost způsobu zateplení
- nezmenšují prostor podkroví

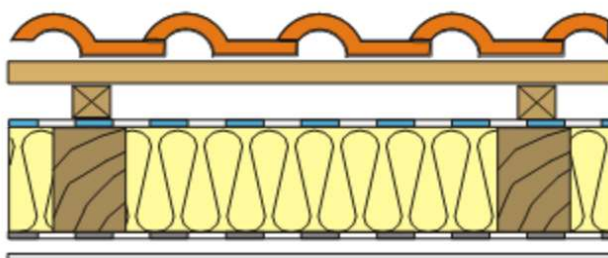
Nevýhody:

- tepelné ztráty v místě nosných krokví
- maximální tloušťka tepelné izolace dle výšky krokve

Příklad střešních skladeb:

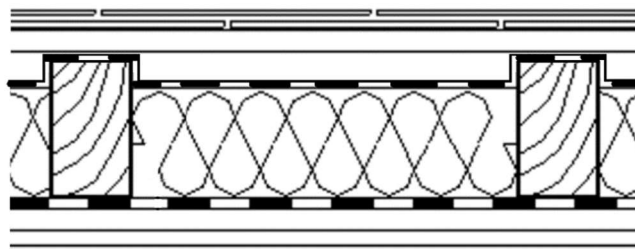
a) Šikmá dvouplášťová střecha s mezikrokevní tepelnou izolací

1. Střešní skládaná krytina
2. Laťování
3. Kontralatě (vzduchová mezera)
4. Pojistná hydroizolační vrstva
5. Tepelná izolace mezi krokviemi
6. Dřevěná nosná konstrukce krovu (lze přidat na krokve celoplošné bednění, je to ale zbytečné)
7. Podhled



Obrázek 28 Dvouplášťová střecha s mezikrokevní tepelnou izolací z minerální vaty [60]

b) Šikmá dvouplášťová střecha se sníženou mezikrokevní tepelnou izolací



Obrázek 29 Dvouplášťová střecha se sníženou mezikrokevní tepelnou izolací kvůli vzduchové mezeře [63]

2.3.3 Skladba s tepelnou izolací mezi krokvemi + nad krokvemi

Tato skladba kombinuje zateplení složené z nadkrokevního systému a tepelné izolace mezi krokvemi. Na tyto vrstvy izolantu jsou tedy použity obvykle rozdílné materiály. Nejvíce používaná skladba je minerální vata mezi krokvemi s kombinací PUR desek umístěných nad prvky krovu a spojených na drážku. Obvykle je zateplení mezi krokvemi provedeno na celou výšku krokví a vrchní průběžná izolace, která bývá tuhého typu zajišťuje eliminování tepelných mostů. Na PUR desky položíme pojistnou hydroizolační vrstvu a přivrtám kontralatě. Pak následuje laťování a skládaná krytina Obrázek 30.

Výhody:

- nezmenšují prostor podkrovní
- eliminace tepelných mostů vrchní vrstvou

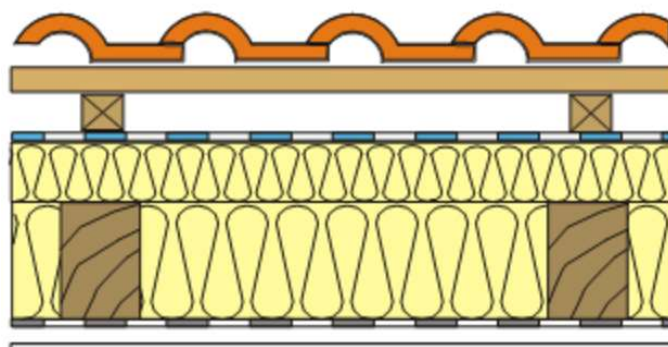
Nevýhody:

- vyšší tloušťka střešního pláště
- složitá montáž

Příklad střešní skladby:

Šikmá dvouplášťová střecha s mezi a nadkrokevní tepelnou izolací

1. Střešní skládaná krytina
2. Latování
3. Kontralatě (vzduchová mezera)
4. Pojistná hydroizolační vrstva
5. Tuhá tepelná izolace (např. PUR desky)
6. Tepelná izolace mezi krokvemi (většinou minerální vata)
7. Dřevěná nosná konstrukce krovu
8. Parotěsná zábrana
9. Podhled (např. SDK)



Obrázek 30 Dvouplášťová střecha s použitím tepelné izolace nad a mezi krokvemi [60]

2.3.4 Skladba s tepelnou izolací mezi krokvemi + pod krokvemi

Tloušťka tepelné izolace mezi krokvemi je nedostatečná vzhledem k cenám energie a normovým požadavkům na úsporu energií ve stavbách. V takovém případě se rozhodujeme, jak a kde přidat tepelnou izolaci a v jaké tloušťce. Umístění izolace pod krokve není zcela správné řešení, i když je v dnešní době nejčastěji používané. Ubíráme si prostor z interiéru a neodstraňujeme vliv tepelných mostů (krokví) umístěných ve studené části střechy. Lepší je tedy zateplení nad krokvemi, které je popsáno v kapitole 2.3.3.

U skladby z Obrázek 31 je potřeba dokázat, aby rosný bod nebyl na spodní straně krokve a nedocházelo tak ke kondenzaci vodní páry na vnitřní straně parotěsné zábrany. Mezi lepší variantu lze považovat skladbu s umístěním tepelné izolace mezi

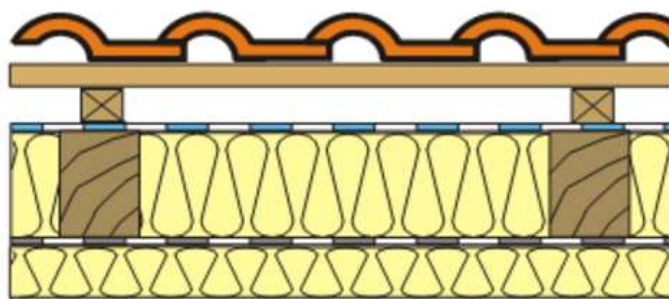
krokev a pod krokev až k parotěsné zábraně, která je uchycena pomocí oboustranně lepicí pásky na nosnou konstrukci sádrokartonu Obrázek 32.

Výhody:

- Zateplování střechy z interiéru

Nevýhody:

- zmenšování podkrovního prostoru
- neodstranění vlivu tepelných mostů (krokví) umístěných ve studené části střechy

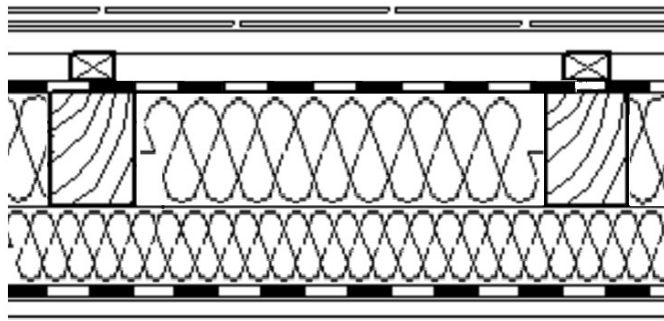


Obrázek 31 Dvouplášťová střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokvemi s nevhodně umístěnou parotěsnou zábranou [60]

Příklad střešní skladby:

Šikmá dvouplášťová střecha s mezi a podkroevní tepelnou izolací

1. Střešní skládaná krytina
2. Laťování
3. Kontralatě (vzduchová mezera)
4. Pojistná hydroizolační vrstva
5. Tepelná izolace mezi krokvemi (většinou minerální vata)
6. Tepelná izolace pod krokvemi mezi podhledovou nosnou konstrukcí (většinou minerální vata)
7. Parotěsná zábrana
8. Podhled



Obrázek 32 Dvouplášťová střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokve, lepší varianta umístění parotěsné zábrany [63]

2.3.5 Skladba s tepelnou izolací pod krokve

Skladba se řadí mezi málo časté varianty použití. Hlavním důvodem, proč ji lidé odmítají, je díky razantnímu zmenšení prostoru v podkroví a nevyužití dostatečného místa mezi krokve, které se přímo nabízí k vložení tepelné izolace. Volbou podkrokevního systému zateplení si snižujeme osvětlení střešními okny kvůli zvětšené hloubce ostění. Tepelná izolace musí být provedena z tuhých desek a navržena tak, aby bylo provedení styků jednotlivých dílců těsné. V poli mezi krokve se doporučují spoje na polodrážku. Skladba vyžaduje zavěšenou konstrukci podhledu na nosných prvcích krovu.

Do této kapitoly můžeme zařadit i vazníkové střechy, kdy je tepelná izolace umístěna v rámci spodního pásu vazníku, prostor mezi vazníky je provětráván a horní pás vazníku je opatřen například plechovou krytinou na bednění Obrázek 34.

Výhody:

- Dostatečná možnost odvodu vodní páry velkou vzduchovou mezerou
- Souvislá vrstva eliminuje tepelné mosty

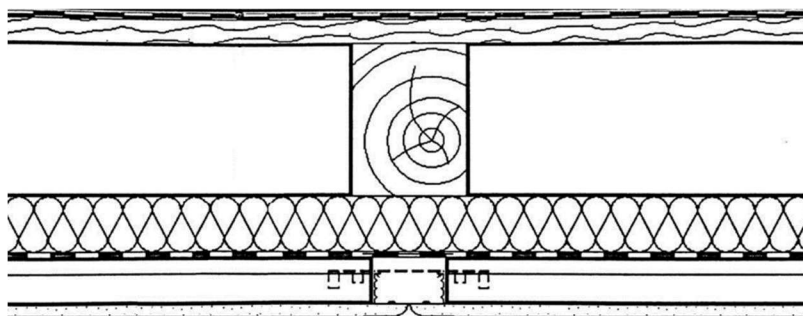
Nevýhody:

- Snižování osvětlení podkrovních prostor-hluboké ostění u oken
- Zmenšení podkrovních prostor
- Nutnost montáže zavěšené podhledové konstrukce

Příklad střešní skladby:

a) Šikmá dvouplášťová střecha s tepelnou izolací pod krokviemi

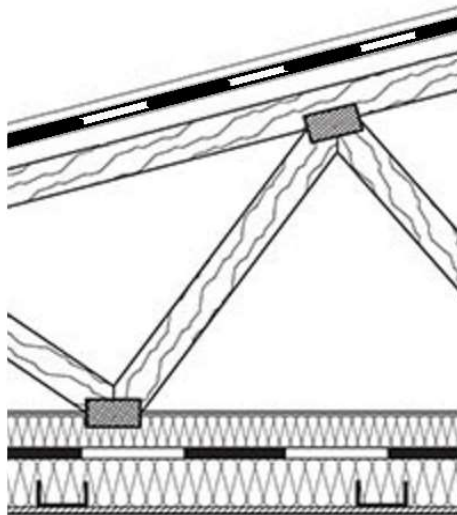
1. Pozinkovaná plechová krytina
2. Strukturovaná dělicí rohož, slouží zároveň jako pojistná hydroizolační vrstva
3. Plnoplošné bednění
4. Dřevěná nosná konstrukce krovu (větraná vzduchová mezera)
5. Tepelná izolace pod krokviemi
6. Nosné profily SDK
7. Parotěsná vrstva
8. SDK desky



Obrázek 33 Dvouplášťová střecha s umístěním tepelné izolace přímo pod krokve [8]

b) Šikmá dvouplášťová střecha s tepelnou izolací pod dřevěným vazníkem

1. Pozinkovaná plechová krytina
2. Strukturovaná dělicí rohož, slouží zároveň jako pojistná hydroizolační vrstva
3. Plnoplošné bednění
4. Nosné dřevěné vazníky
5. 1.vrstva tepelné izolace mezi spodní pásnice vazníku
6. 2.vrstva tepelné izolace mezi nosné profily SDK
7. Nosné profily SDK
8. Parotěsná vrstva
9. SDK desky



Obrázek 34 Dvouplášťová střecha s umístěním tepelné izolace pod nosné dřevěné vazníky [38]

2.3.6 Dvouplášťová šikmá střecha s nadkrokevní tepelnou izolací

Systém izolace nad krokviemi je velmi elegantní způsob zateplení šikmé střechy. Umožňuje vyniknout kráse dřeva v interiéru a minimalizuje tepelné mosty. Zateplování jen mezi krokviemi je totiž ovlivněno tepelnými ztrátami dřevěné konstrukce, která tvoří cca 20 % plochy střechy a vyžaduje daleko větší tloušťku izolace než zateplování nad krokviemi. Vhodnější a ekonomicky výhodnější je zateplování nad krokviemi. U tohoto způsobu jsou minimální tepelné mosty a tepelný odpor je vždy vyšší než tepelný odpor stejné tloušťky tepelné izolace prováděné mezi krokviemi. Co lidi nejvíce při výběru odrazuje je tloušťka střešního pláště, která bývá o dost větší než u jiných systémů.

Jako ukázkou uvádím tři různé systémy, které se od sebe poměrně liší. Například materiálem nebo skladbou (samostatná vrstva, kompletizovaný dílec) tepelné izolace, lat'ováním či použitím doplňkových prvků (nadkrokevní držák atd.). Je to díky navázání na praktickou část, kde tyto skladby budu aplikovat a porovnávat na rodinném domě, kde bylo použito zateplení tepelnou izolací mezi a pod krokviemi.

Tepelná izolace v případě nadkrokevních systémů dvouplášťových střech by se dala rozdělit stejně jako u jednoplášťových na:

- samostatnou vrstvu: polystyren, minerální vata nebo pěnové sklo

- kompletizovaný dílec: izolant je doplněn z výroby vrstvou pojistné hydroizolace nebo i parozábrany – jako tepelná izolace je použit například tuhý polyuretan (PUR) nebo polyisokyanurátová pěna (PIR), deska je doplněna na příslušné straně nejčastěji fóliemi. Spoje desek jsou zajištěny na ozub nebo na pero a drážku, potom jsou často přelepovány systémovými páskami

Výhody:

- Minimalizace tepelných mostů
- Minimalizace akustických mostů
- Zachování prostoru v interiéru
- Snadnější a rychlejší montáž
- Umožňuje vyniknutí dřevěnému krovu
- Po montáži kompletizovaných dílců je střecha rovnou zateplená a vodotěsně uzavřená

Nevýhody:

- Velká tloušťka střešního pláště

Příklady střešních skladeb:

a) Dvouplášťové střechy se samostatnou nadkroevní tepelnou izolací

1) Systém TOPROCK ROCKWOOL

Tepelná izolace z kamenné vlny má vynikající využití v oblastech, kde je požadována tepelná izolace, zvýšená požární ochrana nebo vyšší akustické požadavky stavebních konstrukcí. Izolace se pokládá na dřevěné bednění, které bývá nejčastěji vytvořeno z OSB desek.



Obrázek 35 Tepelná izolace z kamenné vlny [49]

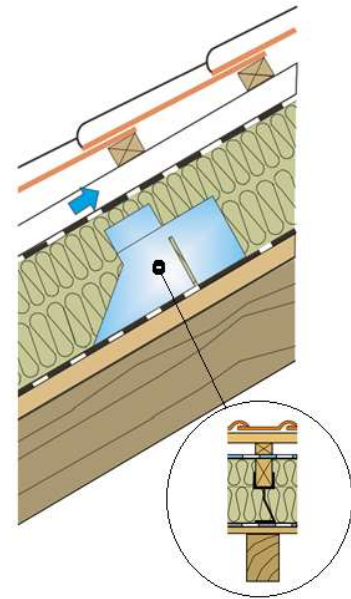
U tohoto systému nesmíme vynechat parozábranu. Parozábrana ochraňuje bednění před deštěm do doby pokládky tepelné izolace a zabraňuje pronikání vlhkosti z interiéru do tepelné izolace. Protože se po ní při montáži chodí, je dobré volit pevnější typ.

Ve skladbě se nám dále objevují nadkrokevní držáky, které nám drží přídavné krokve pro budoucí montáž pojistné hydroizolace, kontralatí a latí. Ty jsou připevněny v místě krokví na parozábranu pomocí čtyř pozinkovaných hřebíků nebo vrutů. Na zvolení jejich výšky je dobré se podívat do technických listů výrobce. Do nich vsadíme přídavné dřevěné krokve o šířce 60 mm a výšce podle zvolené doplňující vrstvy izolace. Jejich spoje musíme přeplátovat.

Tloušťka celkové tepelné izolace je tvořena ze dvou vrstev, jak můžete vidět na (Obrázek 36). První nám končí pod spodní hranou nadkrokevního držáku a druhá s vrchní hranou přídavné krokve. Po všech krocích, které jsem vám zatím popsal, musíme provést pomocnou dřevěnou konstrukci zabraňující posunu tepelné izolace do okapu a umožňující bezpečný pohyb na střeše. Je opřena o horní část držáku a její výška je stejná jako celková tloušťka kamenné vlny. Vlastní pokládka tepelné izolace se provádí se vzájemným otočením vrstev o 90°.

Na přídavné krokve položíme souběžně s okapem difuzně otevřenou pojistnou hydroizolační vrstvu, aby případná vlhkost z tepelné izolace mohla projít do provětrávané mezery pod krytinou. Na hydroizolační vrstvu do přídavných krokví připevníme kontralatě, kterými vymezíme velikost odvětrávací mezery mezi okapem a hřebenem. Následně se přichytí laťování a vyskládá se finální střešní krytina. Střešní okno osazujeme na kontralatě nebo na dřevěný rám na plnou výšku izolace. Pojistná hydroizolační vrstva difuzně otevřená musí být důkladně vyvedena nad rám okna tak, aby nedocházelo k zatékání.

1. Skládaná střešní krytina
2. Dřevěné lat'ování + kontralatě
3. Vzduchová mezera
4. Pojistná difuzně otevřená hydroizolační vrstva
5. Tepelná izolace z kamenné vlny včetně nadkroevních držáků a přídavných dřevěných krokví
6. Parotěsná zábrana (vzduchotěsná vrstva)
7. Dřevěné celoplošné bednění
8. Dřevěná nosná kroevní konstrukce



Obrázek 36 Skladba dvouplášťové střechy s nadkroevní tepelnou izolací z kamenné vlny [49]

2) Systém THERMO TETTO

Celý systém tvoří tepelně – izolační desky z polystyrenu. Jsou vytvarované takovým způsobem, aby spolehlivě odváděly zateklou vodu a kondenzát od hřebene po okap bez použití pojistné hydroizolační vrstvy. Pokládají se na celoplošné bednění nebo na řídké bednění. Desky se dají přivrtávat rovnou ke střešním krokvím, ale jejich osová vzdálenost nesmí být větší než 625 mm. Vždy se začínají pokládat z jedné strany rovnoběžně s okapem až na druhou stranu. S odřízlým zůstatkem ze strany, kde jsem skončil, začínám pokládat další řadu. Stejně se to řeší i u hřebene, dořez použijeme na startovní řadu druhé strany střechy. Tímto způsobem nám zbyde minimální prořez.



Obrázek 37 Polystyrenová deska (EPS) THERMO TETTO [46]

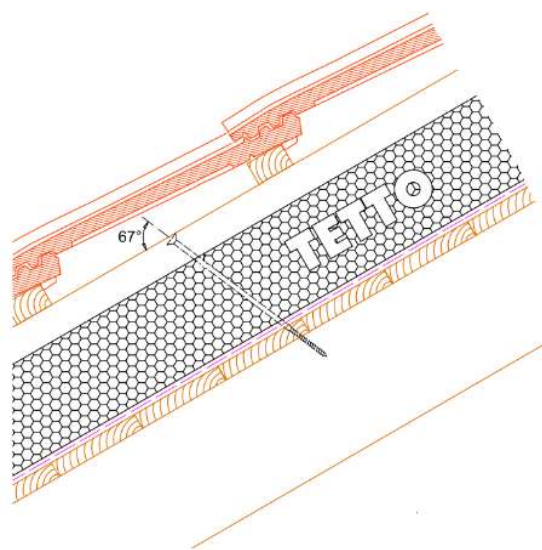
Samotná deska má na střeše funkci tepelnou, zvukovou a pojistně izolační. Pojistná hydroizolační vrstva se podle výrobce používá na střeších do sklonu 16°. Pokládá se na polystyrenové desky přes kontralatě.

Pokud je požadována vzduchotěsnost, tak se před pokládkou dílců instaluje parozábrana přes nebo pod krokve. Vzduchotěsnost použitých materiálů musí být zajištěna ve spojích, při napojení, ukončování a přechodu na svislé stavební konstrukce. Jako těsnicí materiály jsou vhodné různé komprimované pásky nebo dlouhodobě elastické lepicí a těsnicí látky na bázi polyuretanu nebo bitumenu. K vyplnění mezer, dutých prostor a k těsnění je vhodná montážní PUR pěna.

Na polystyrenové systémové desky se následně přivrtávají kontralatě. Připevňují se pomocí kotevních vrtů přes desky do krokví, a to v místech vystouplých vzorů. V žádném případě nekotvit v prostorech odvodňovacích kanálků nebo horizontálními či vertikálními napojeními desek. V případě že kotvení provedeme tam kde nemáme, musíme perforaci opravit například silikonovým tmelem. Přivrtávají se pod úhlem 67° ke sklonu střechy. Vhodné je nejdříve díru předvrtat. Ukotvení kontralatí ve hřebeni a u okapové hrany se provádí pod úhlem 90° ke sklonu střechy. Pro zjištění přibližného počtu kotevních vrtů je dobré navštívit internetové stránky výrobce, kde si vytvoříte orientační propočet. Lze to zjistit i přibližným odhadem. Při osové vzdálenosti krokví do 1 m je spotřeba kotevních vrtů tři kusy na 1 m² střešního pláště.

Na střešní krytinu u tohoto systému je vhodné použít pálenou a betonovou krytinu nebo břidlici, ale není problém využít i lehkých krytin jako jsou plechy, šindele atd.

1. Skládaná střešní krytina
2. Dřevěné laťování + kontralatě
3. Vzduchová mezera
4. Desky THERMO TETTO izolace z polystyrenu EPS: plní funkci zvukovou, tepelnou a pojistně hydroizolační
5. Parotěsná zábrana (vzduchotěsná vrstva)
6. Dřevěné celoplošné bednění
7. Dřevěná nosná krokevní konstrukce

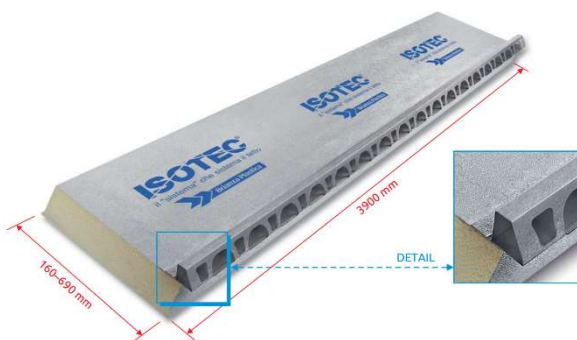


Obrázek 38 Skladba dvouplášťové střechy s nadkrokevní tepelnou izolací z polystyrenu (EPS) [46]

b) Dvouplášťové střechy s nadkrokevní tep. izolací z kompletizovaných dílců

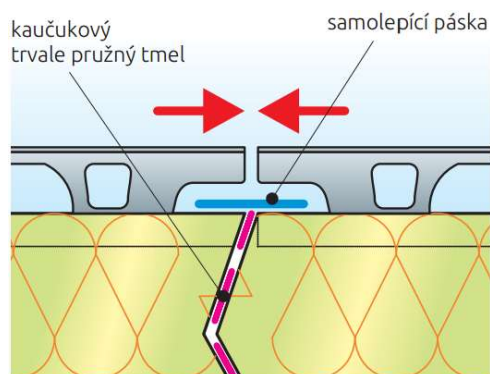
1) Systém ISOTEC

Skladba se řadí mezi zateplení šikmých střeš tepelnou izolací z kompletizovaných dílců. Systém se skládá z velkoplošných lehkých panelů délky 3,9 m a různých typových šířek. V příčném i podélném směru jsou opatřeny zámky. Jejich výplň tvoří tvrzená polyuretanová samozhášivá pěna s uzavřenou pórovitostí a povrch panelů je opatřen z obou stran hliníkovou fólií. Zkracování panelů se provádí nejprve přerізnutím ocelové latě rozbrušovací pilou a poté doříznutím ruční pilou.



Obrázek 39 Systémové panely z PUR od firmy ISOTEC [45]

K jejich montáži není potřeba žádné bednění, protože se montují přímo na konstrukci krovu přes integrovanou ocelovou lať pomocí pozinkovaných hřebů nebo ocelových vrtů. Po jejich položení a přivrtání je střecha dokonale zateplená a uzavřená vůči povětrnostním vlivům. Každý panel má již z výroby zabudovanou

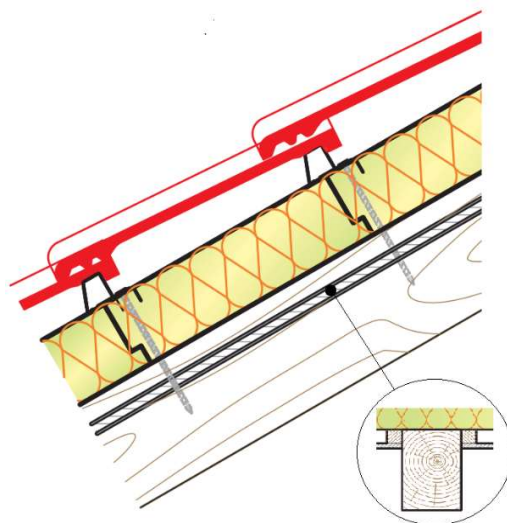


Obrázek 40 Spojování panelů ISOTEC kaučukovým trvale pružným tmele a přelepení spáry samolepící páskou s butylovou vrstvou [45]

střešní lať z ocelového plechu a s povrchovou zinkovou úpravou. Kvůli tomu výrazně zkracujeme dobu realizace, která je v dnešní době dost preferovaná. Po úpravě spojů můžeme na laťování rovnou pokládat skládanou krytinu. Spojování panelů se provádí na kaučukový trvale pružný tmel. Aby konstrukce byla dokonale vodotěsná, tak ještě k tomu vzniklé spáry přelepujeme systémovou samolepící páskou s butylovou vrstvou.

Výrobce uvádí, že při dodržení správného postupu montáže budeme mít prořez při zpracování do 5 %. Na tento systém můžeme použít všechny druhy keramických a betonových skládaných krytin, popřípadě profilované plechové krytiny nebo laminátové tabule.

1. Střešní skládaná krytina
2. Vzduchová mezera
3. Systémové panely ISOTEC – tepelná izolace z PUR opatřená lat'ováním a z obou stran hliníkovou fólií spojené na kaučukový trvale pružný tmel
4. Dřevěná nosná krokenní konstrukce
5. Dřevěné podbití (podhled)



Obrázek 41 Skladba dvouplášťové střechy s nadkroevní tepelnou izolací z PUR [45]

2.4 Skladby tříplášťových šikmých střechech

Tříplášťová konstrukce šikmé střechy má ve své skladbě dvě větrané vzduchové mezery, nejčastěji umístěné nad a pod vrstvou pojistné hydroizolace střechy. Umístění tepelné izolace pak bývá nejvhodnější mezi a pod krokve. Nadkroevní izolace není u těchto konstrukcí vhodná.

Účinnost skladby záleží na funkčním větráním spodní vzduchové vrstvy, dostatečném tepelném odporu a vyloučení tepelných mostů v konstrukci střešního pláště. Z hlediska zajištění dostatečné výšky spodní větrané vrstvy je výhodnější pokládka doplňkové vodotěsnicí vrstvy na bednění, kdy nedochází k jejímu prověšení mezi krokvemi. Tento způsob má také samozřejmě za následek větší vodotěsnost konstrukce. Jinou možností, jak podpořit větrání u volně položené vodotěsnicí vrstvy, je navýšit profil krokve, aby výška vzduchové mezery byla dostatečná i při prověšení izolace. Obě popsané varianty ale znamenají jisté finanční náklady navíc.

Díky spodní větrané mezeře se tento typ střechech nejčastěji využívá nad prostory s vyšší relativní vlhkostí vzduchu v interiéru a v horských oblastech. Teplo procházející izolací ve formě tepelných ztrát je odváděno větranou spodní vzduchovou vrstvou do vnějšího prostředí, aniž by docházelo k ohřívání krytiny a následnému odtávání sněhu, které je nebezpečné kvůli sesuvům ze střechech.

Kvůli zlepšování vlastností tepelných izolací a zrychlování realizace se tento typ střech v dnešní době skoro vůbec nepoužívá. V mé práci se jím už nebudu dále věnovat a podrobněji rozebírat.

Výhody:

- Nenamrzání spodní části krytiny
- Tepelná stabilita vnitřního prostředí jak v letním, tak v zimním období

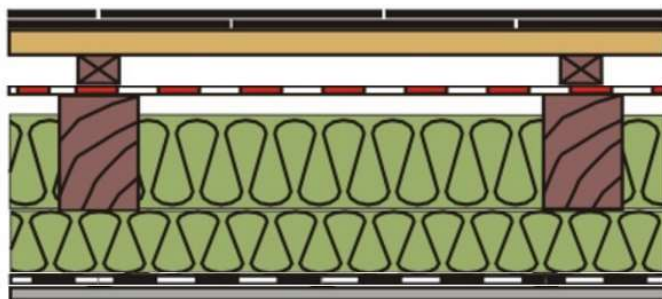
Nevýhody:

- Velká tloušťka střešního pláště
- Složitost provádění
- Časté chyby při realizaci vzduchových mezer

Příklady střešních skladeb:

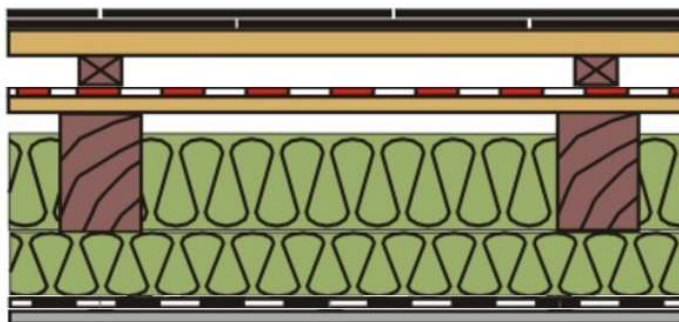
a) Tříplášťová střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokviemi

1. Střešní skládaná krytina
2. Laťování
3. Kontralatě (1.vzduchová mezera)
4. Pojistná hydroizolační vrstva
5. 2.vzduchová mezera
6. Tepelná izolace mezi krokviemi (většinou minerální vata)
7. Tepelná izolace pod krokviemi mezi podhledovou nosnou konstrukcí (většinou minerální vata)
8. Parotěsná zábrana
9. Podhled



Obrázek 42 Tříplášťová střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokviemi [60]

b) Tříplášťová střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokviemi s pojistnou hydroizolační vrstvou na bednění



Obrázek 43 Tříplášťová střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokviemi s pojistnou hydroizolační vrstvou na bednění [60]

3 Praktická část

Praktická část se bude týkat aplikace nejvhodnějších střešních skladeb na rodinný dům v Nebušicích, který je momentálně ve výstavbě. Na základě zvolených kritérií (doba realizace, cena, hodnota součinitele prostupu tepla, náročnost realizace) provedu vzájemné porovnání a pomocí multikriteriálního hodnocení určím, která skladba je pro daný objekt nejlepší. K číselným hodnotám objektivních kritérií se dopracuji za pomoci počítačových programů a jejich výstupy budou přidány do příloh. U subjektivních kritérií volím hodnoty dle vlastního uvážení, s tím že všechny rozhodnutí písemně vysvětlím.

V úvodu práce jsem popisoval, že podkroví mi připadalo od začátku zbytečné zmenšovat mezi a podkroevním systémem zateplení. Realizace se díky tomuto řešení zpomalovala a zakrývání dřevěného krovu sádrokartonem mi připadalo škoda. Z důvodu zjednodušení výstavby, zvětšení prostoru a vyniknutí krásy krovu jsem nakonec vybral pouze systémy s nadkroevním zateplením.

Pro aplikaci jednotlivých skladeb na RD Nebušice jsem použil dokumentaci ke stavebnímu povolení. Konkrétně mě zajímaly stavební výkresy podélného a příčného řezu a půdorys střechy. K tomu jsou dodány pro zajímavost i nějaké pohledy. Veškeré potřebné výkresy jsou v příloze č.4.

3.1 Architektonicko-stavební řešení rodinného domu Nebušice

RD Nebušice je novostavba postavena na mírně svažitém terénu. V okolí je stávající zástavba rodinných domků. Objekt není podsklepen, je přízemní s obytným podkrovím. Dle architektonického návrhu, není v podkroví žádná dělicí konstrukce. Otevřený prostor se využije pro budoucí ateliér. K bydlení tedy slouží jen celé přízemí. Základním tvarem půdorysu je obdélník. Střecha je řešena jako sedlová a neobsahuje žádný vikýř. Provětrání a oslunění obytného podkroví zajišťuje devět střešních oken. Celý objekt je řešen ze systému Porotherm. Obvodové svislé nosné zdivo je provedeno z cihel Porotherm 30 P+D bez kontaktního zateplení a vnitřní nosné zdivo z cihel Porotherm 24 P+D. Nenosné svislé konstrukce jsou z cihel Porotherm 11,5 P+D a 17,5 P+D. Stropní konstrukce je navržena z keramických nosníků POT a vložek Miako. Krov tvoří novodobá hambalková soustava vyztužená v podélném směru sloupky a pásky. Střecha je dvouplášťová zateplená minerální

vatou ISOVER ORSIK mezi a pod krokvelemi. Na objektu je použita betonová střešní krytina Bramac.

3.2 Technologická struktura

K porovnání náročnosti realizace jednotlivých systémů jsem použil ohodnocení od 1 do 4 bodů přičemž 1 bod je nejjednodušší realizace a 4 body nejnáročnější realizace. Toto hodnocení je stanoveno dle mého názoru a tím se řadí mezi subjektivní. Body jednotlivým skladbám jsem přiděloval na základě složitosti postupu provádění, množství pracovních pomůcek a strojů, složitosti detailů a množství druhů materiálů. Jako nejjednodušší varianta s nejlepším bodovým ohodnocením je skladba ISOTEC z důvodu použití pouze dvou vrstev izolačního materiálů (pojistná hydroizolace, panel ISOTEC) s tím, že pojistná hydroizolace je ve skladbě použita z důvodu ochrany pohledového bednění krovu. Jednoduchost realizace je v pokládání panelu s namontovanou perforovanou pozinkovanou latí přímo na bednění. Na základě toho již nemusíme montovat latě a kontralatě jako u ostatních skladeb. Krytinu pak pokládáme přímo na panel.

Při porovnání jsem zjistil, že druhy nářadí jsou ve všech posuzovaných skladbách skoro totožné, a tudíž toto hledisko nemá na hodnocení vliv.

Posuzování je dále zaměřeno na detail u okapu a hřebene. Na obou místech je nejjednodušší provedení u systému ISOTEC, protože v místě okapu se nemusí montovat střešní námětky a provádět římsu z palubek. Oproti systému THERMO TETTO odpadá u ISOTECU použití pojistné hydroizolace v místě hřebenového spoje a u okapu.

Jako nejhorší variantu jsem ohodnotil skladbu TOPROCK 4 body, kde je výrazně složitá montáž nadkroevních držáků a pomocných krokví včetně souběžné montáže tepelné izolace, pojistné izolace, kontralatí a latí.

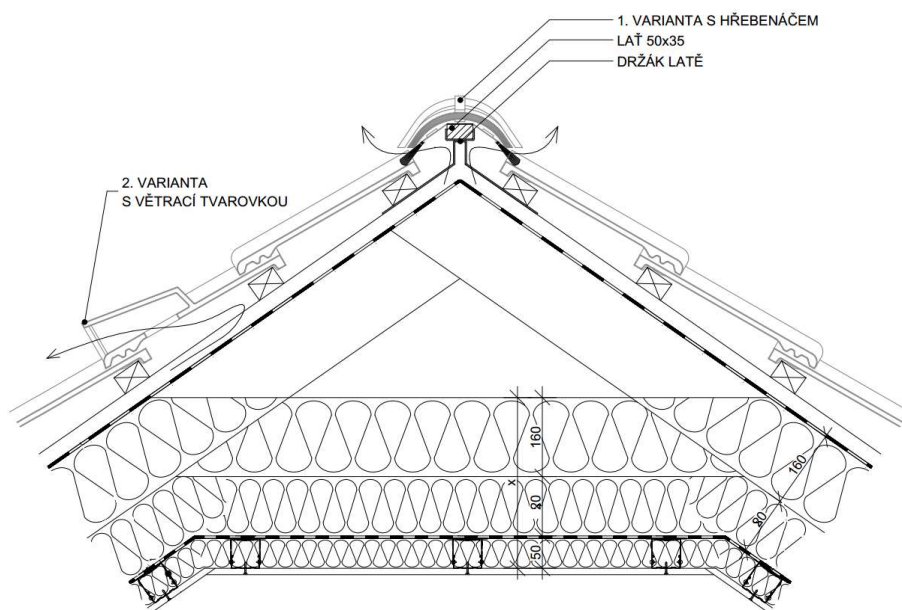
3.2.1 Mezikrokevní a podkrokevní zateplení systémem ISOVER ORSIK

I. Technologický postup

1. Montáž okapnice Bramac pro pojistnou fólii
2. Pokládka pojistné hydroizolace Bramac Universal difúzně otevřené s přibitím a slepením spojů.
3. Montáž dřevěných kontralatí o rozměru 60x40 mm, přivrtané přes pojistnou hydroizolaci do krokví (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
4. Montáž systémových držáků pro hřebenovou lať
5. Montáž dřevěných latí pro střešní krytinu 40x60 mm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
6. Montáž dřevěné hřebenové latě 50x35 mm
7. Pokládka střešní skládané betonové krytiny Bramac
8. Pokládka větracího pásu pod hřebenáče
9. Pokládka hřebenáčů + uchycení pomocí příchytek
10. Montáž dřevěného podbití střešních říms, palubky P+D tloušťky 12,5 mm
11. Montáž přímých závěsů pro plechové profily budoucího sádrokartonového roštu.
12. Vložení první vrstvy tepelné izolace ORSIK tl.160 mm mezi krokve a kleštiny
13. Montáž SDK nosných profilů
14. Vložení druhé vrstvy tepelné izolace ORSIK tl.80 mm pod krokve a kleštiny
15. Vložení třetí vrstvy tepelné izolace ORSIK tl.50 mm mezi nosné profily SDK
16. Montáž parozábrany Jutafol N 110 na oboustranně lepící pásku umístěnou na nosných profilech SDK s přelepením spojů (lepší varianta je lepit parotěsnou fólii na nosné profily SDK)
17. Montáž SDK desek tl.12,5 mm včetně vytmelení spojů

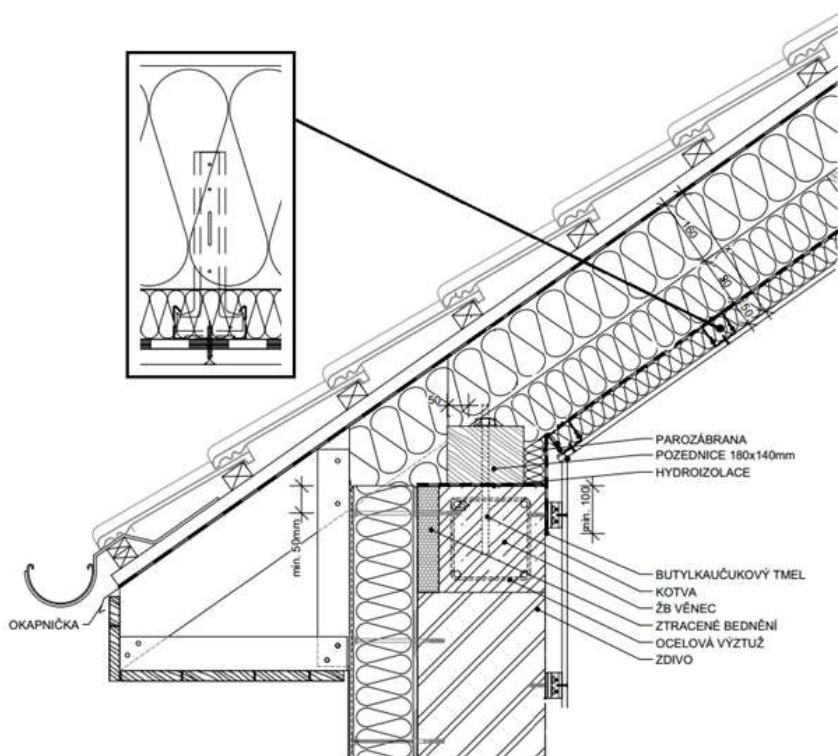
II. Details

a) Detail u hřebene střechy



Obrázek 44 Detail u hřebene střechy s použitím mezi a podkroevního zateplení minerální vatou ISOVER ORSIK [53]

b) Detail u okapu střechy



Obrázek 45 Detail u okapu střechy s použitím mezi a podkroevního zateplení minerální vatou ISOVER ORSIK [53]

III. Použitý materiál

- Parozábrana Jutafol N 110
- Tepelná izolace ISOVER ORSIK (3 vrstvy)
- Měkké hoblované dřevo (palubky) tloušťky 12,5 mm
- Pojistná hydroizolace difúzně otevřená Bramac Universal
- Dřevěné latě a kontralatě 40x60 mm + hřebenová lať 35x50 mm
- Kompletní střešní systém Bramac (skládána betonová krytina, hřebenáče + příchytky, okapnice, držáky hřebenové latě, větrací pás)
- Tesařské vruty, pozinkované hřeby, ostatní spojovací materiál
- SDK nosný rošt + přímé závěsy
- SDK desky tloušťky 12,5 mm

IV. Použité nástroje

- Nůž na minerální vatu
- Aku vrtací šroubovák
- Motorový šikmý střešní výtah
- Motorová pila
- Ruční pila na dřevo
- Kladivo

3.2.2 Nadkroevní zateplení systémem TOPROCK ROCKWOOL

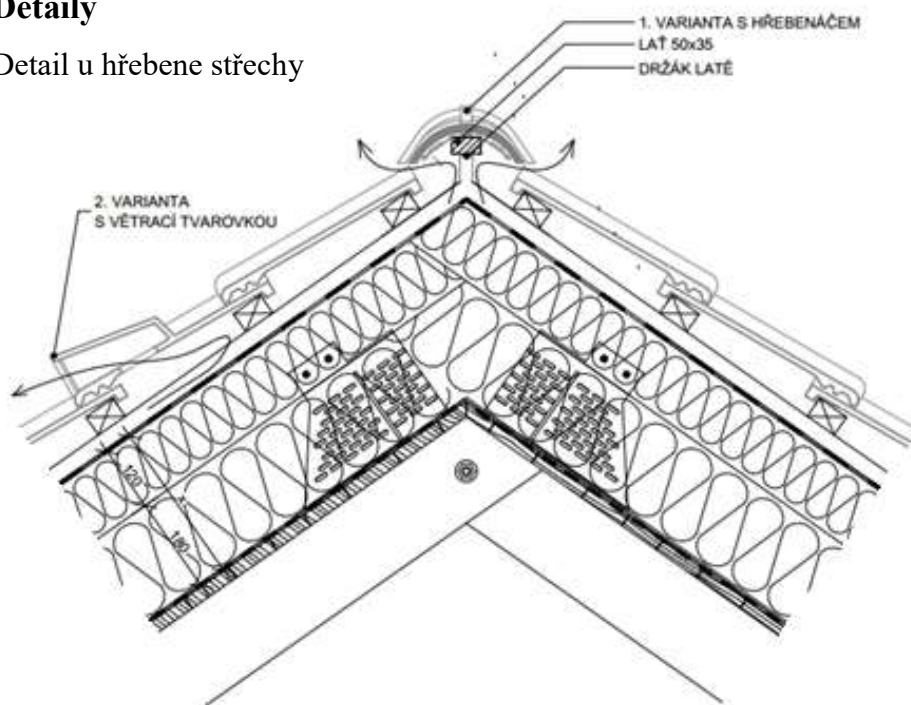
I. Technologický postup:

1. Montáž záklopu z měkkého hoblovaného dřeva (palubky) o tloušťce 25 mm spojovaného na P+D (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
2. Pokládka parozábrany Jutafol N 110 s přelepením spojů, ukončení za pozednicí
3. Montáž dřevěných námětků o rozměru 120x180 mm, přivrtáno do nosné krokve pomocí 3 pozinkovaných šroubů délky alespoň 28 cm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)

4. Montáž nadkrokevních držáků 180 mm vysokých, uvažováno cca 85 ks, přivrtány do nosných krokví pomocí 6 pozinkovaných hřebů délky 60 mm
5. Montáž dřevěného prkna tloušťky 25 mm, které zabraňuje posunu tepelné izolace k okapu a pomáhá k bezpečnému pohybu po střeše (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
6. Montáž pomocných krokví 60x60 mm uložené na nadkrokevní držáky a přivrtané z boku 4 pozinkovanými hřeby délky 40 mm, spoje přeplátovány (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
7. Montáž svislého bednění říms, palubky P+D tloušťky 12,5 mm
8. Vložení první vrstvy tepelné izolace Rockmin PLUS tl.180 mm mezi nadkrokevní držáky
9. Vložení druhé vrstvy tepelné izolace Rockmin PLUS tl.60 mm s překrytím spár první vrstvy mezi pomocné krokve
10. Montáž okapnice Bramac pro pojistnou fólii
11. Pokládka pojistné hydroizolace Bramac Universal difúzně otevřené s přibitím a slepením spojů.
12. Montáž dřevěných kontralatí o rozměru 60x40 mm, přivrtané přes pojistnou hydroizolaci do pomocných krokví (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
13. Montáž systémových držáků pro hřebenovou lať
14. Montáž dřevěných latí pro střešní krytinu 40x60 mm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
15. Montáž dřevěné hřebenové latě 50x35 mm
16. Pokládka střešní skládané betonové krytiny Bramac
17. Pokládka větracího pásu pod hřebenáče
18. Pokládka hřebenáčů + uchycení pomocí příchytek
19. Montáž dřevěného podbití střešních říms, palubky P+D tloušťky 12,5 mm

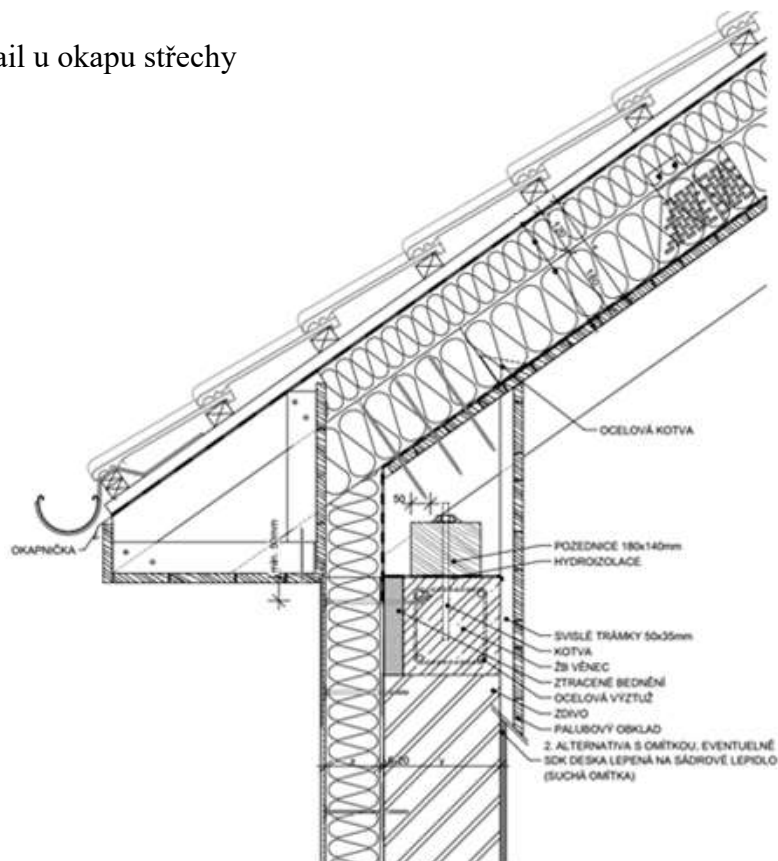
II. Details

a) Detail u hřebene střechy



Obrázek 46 Detail u hřebene střechy s použitím nadkrokevního zateplení kamennou vlnou ROCKWOOL TOPROCK [49]

b) Detail u okapu střechy



Obrázek 47 Detail u okapu střechy s použitím nadkrokevního zateplení kamennou vlnou ROCKWOOL TOPROCK [49]

III. Použitý materiál

- Parozábrana Jutafol N 110
- Tepelná izolace Rockmin PLUS (2 vrstvy)
- Dřevěné námětky 120x180 mm
- Kovové nadkrokevní držáky výšky 180 mm
- Měkké hoblované dřevo (palubky) tloušťky 25 mm
- Měkké hoblované dřevo (palubky) tloušťky 12,5 mm
- Dřevěné pomocné krokve 60x60 mm
- Pojistná hydroizolace difúzně otevřená Bramac Universal
- Dřevěné latě a kontralatě 40x60 mm + hřebenová lať 35x50 mm
- Kompletní střešní systém Bramac (skládána betonová krytina, hřebenáče + příchytky, okapnice, držáky hřebenové latě, větrací pás)
- Tesařské vruty, pozinkované hřeby, ostatní spojovací materiál

IV. Použité nástroje

- Nůž na kamennou vlnu (stejný jako na minerální vatu)
- Aku vrtací šroubovák
- Motorový šikmý střešní výtah
- Motorová pila
- Ruční pila na dřevo
- Kladivo

3.2.3 Nadkroevní zateplení systémem ISOTEC

I. Technologický postup

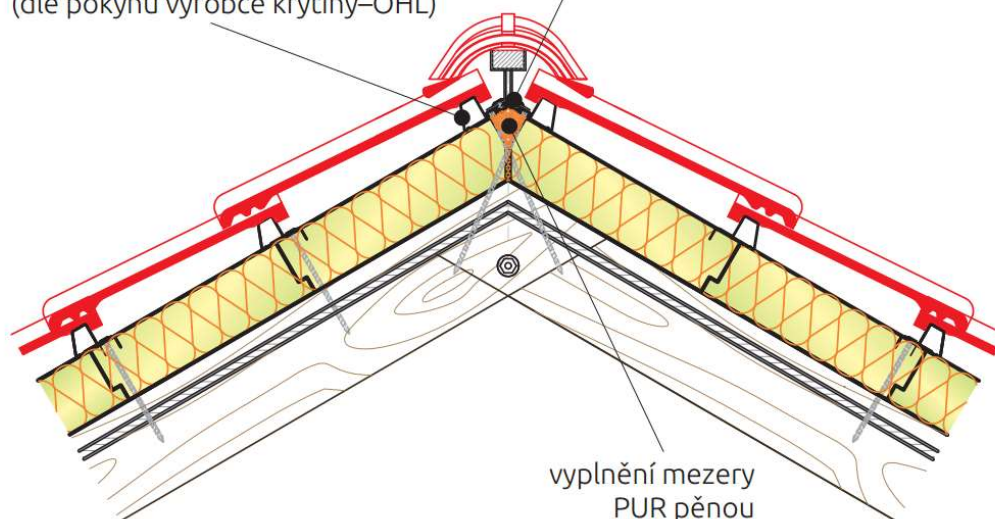
1. Montáž záklopu z měkkého hoblovaného dřeva (palubky) o tloušťce 25 mm spojovaného na P+D (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
2. Položení pojistné difúzně otevřené hydroizolace Bramac universal na celoplošný záklop z důvodu ochrání dřevěných pohledových palubek v průběhu realizace
3. Montáž zakládacího dřevěného hranolu o rozměru 120x160 mm, přivrtán pozinkovanými hřeby délky 24 cm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
4. Nalepení na horní povrch zakládacího hranolu samolepící pásku s butylovou vrstvou ISOBAND
5. Montáž okapnice Bramac
6. Položení první řady tepelně-izolačních panelů ISOTEC tloušťky 160 mm, seříznout panel na požadovanou rozteč latí
7. Položení tepelně-izolačních panelů ISOTEC tloušťky 160 mm po celé ploše, pokládat na vazbu, spojovat na kaučukový trvale pružný tmel a spoje přelepovat samolepící páskou s butylovou vrstvou ISOBAND. Panely řezat pomocí ruční pily a rozbrušovačky
8. U hřebene a podél štítových zdí vypěnit PUR pěnou a následně ji seříznout zároveň s plochou panelů
9. Vzniklý spoj panelů u hřebene a podél štítových zdí přelepit samolepící páskou ISOBAND.
10. Navrtání dvou chybějících ocelových latí v předepsané vzdálenosti od hřebene
11. Montáž držáků pro hřebenovou lať, přivrtávat přes ocelové latě
12. Pokládka střešní skládané betonové krytiny Bramac
13. Montáž dřevěné hřebenové latě 50x35 mm
14. Pokládka větracího pásu pod hřebenáče
15. Pokládka hřebenáčů + uchycení pomocí příchytek

II. Details

a) Detail u hřebene střechy

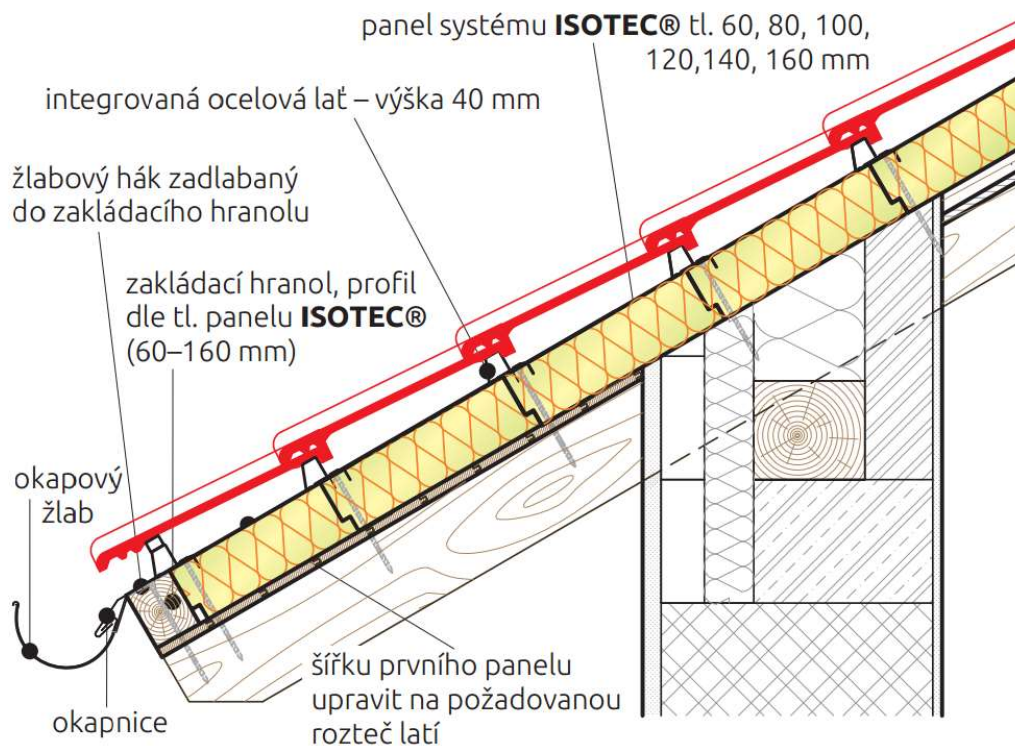
ocelová lať osazená v předepsané vzdálenosti od hřebene (dle pokynu výrobce krytiny–OHL)

přelepení spoje páskou **ISOBAND** š. 100 mm v celé délce hřebene



Obrázek 48 Detail u hřebene střechy s použitím nadkrokevního zateplení z PUR panelů ISOTEC [45]

b) Detail u okapu střechy



Obrázek 49 Detail u okapu střechy s použitím nadkrokevního zateplení z PUR panelů ISOTEC [45]

III. Použitý materiál

- Měkké hoblované dřevo (palubky) tloušťky 25 mm
- Pojistná hydroizolace difúzně otevřená Bramac Universal
- Zakládací dřevěný hranol 120x160 mm
- Samolepící páska s butylovou vrstvou ISOBAND
- Tepelně izolační panely ISOTEC tloušťky 160 mm + kaučukový tmel + PUR pěna
- Dřevěná hřebenová lat' 35x50 mm
- Kompletní střešní systém Bramac (skládaná betonová krytina, hřebenáče + příchytky, okapnice, držáky hřebenové latě, větrací pás)
- Tesařské vruty, pozinkované hřeby, ostatní spojovací materiál

IV. Použité nástroje

- Aku vrtací šroubovák
- Motorový šikmý střešní výtah
- Rozbrušovačka
- Pásová pila na PUR
- Motorová pila
- Ruční pila na dřevo
- Kladivo

3.2.4 Nadkroevní zateplení systémem THERMO TETTO

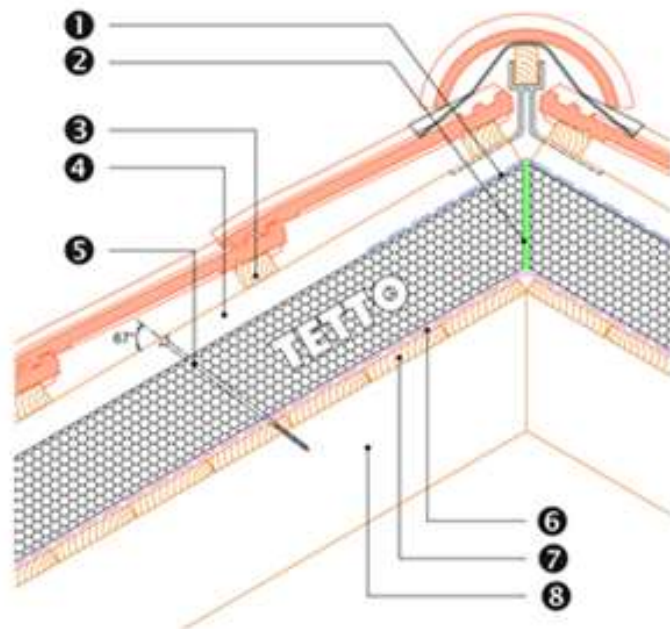
I. Technologický postup

1. Montáž záklopu z měkkého hoblovaného dřeva (palubky) o tloušťce 25 mm spojovaného na P+D (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
2. Pokládka parozábrany Jutafol N 110 s přelepením spojů, ukončení za pozednicí
3. Montáž dřevěných námětků o rozměru 120x180 mm, přivrtáno do nosné krokve pomocí 3 pozinkovaných šroubů délky alespoň 28 cm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
4. Montáž záklopu z měkkého hoblovaného dřeva (palubky) nad dřevěnými námětky o tloušťce 25 mm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)

5. Pokládka polystyrenových desek Thermo TETTO tloušťky 180 mm, jako první vyplnit prostor mezi námětky, následně položit první řadu zkosených desek kvůli pojistné hydroizolaci a zateplit vršek dřevěných námětků (na tloušťku dřevěného bednění)
6. Montáž okapnice Bramac pro pojistnou fólii
7. Pokládka pojistné hydroizolace difúzně otevřené Bramac universal, zavléknout do zámku 1.řady polystyrenových desek
8. Položení polystyrenových desek Thermo TETTO tloušťky 180 mm na celou plochu šikmé střechy
9. U hřebene a podél štítových zdí vypěnit PUR pěnou
10. Hřebenový spoj překrýt pojistným difúzně otevřeným hydroizolačním pásem šířky 1 m Bramac universal
11. Montáž dřevěných kontralatí o rozměru 60x40 mm, přivrtat pomocí kotevních pozinkovaných systémových vrutů Thermo TETTO dlouhých 350 mm pod úhlem 67° ke sklonu střechy přes polystyrenové desky do nosných krokví (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
12. Montáž dřevěných náběhových klínů pro osazení okapového žlabu a podepření 1.řady skládané betonové krytiny Bramac
13. Montáž systémových držáků pro hřebenovou lat'
14. Montáž dřevěných latí pro střešní krytinu 40x60 mm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)
15. Pokládka střešní skládané betonové krytiny Bramac
16. Montáž dřevěné hřebenové latě 50x35 mm
17. Pokládka větracího pásu pod hřebenáče
18. Pokládka hřebenáčů + uchycení pomocí příchytek

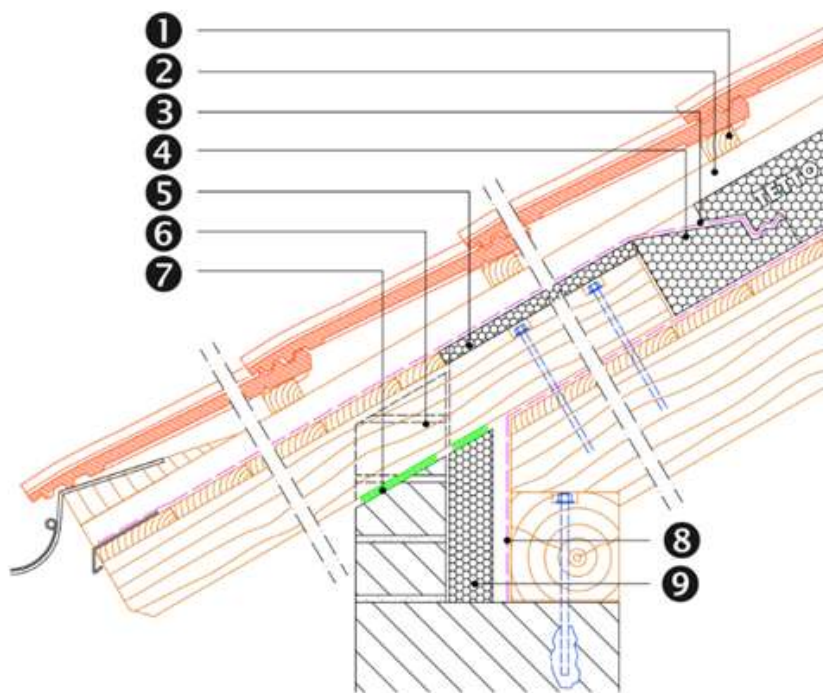
II. Details

a) Detail u hřebene střechy



Obrázek 50 Detail u hřebene střechy s použitím nadkrokevního zateplení z polystyrenových tvarovek THERMO TETTO [46]

b) Detail u okapu střechy



Obrázek 51 Detail u okapu střechy s použitím nadkrokevního zateplení z polystyrenových tvarovek THERMO TETTO [46]

III. Použitý materiál

- Parozábrana Jutafol N 110
- Dřevěné námětky 120x180 mm
- Měkké hoblované dřevo (palubky) tloušťky 25 mm
- Tepelně izolační desky THERMO TETTO tloušťky 180 mm
- Pojistná hydroizolace difúzně otevřená Bramac Universal
- Dřevěné latě a kontralatě 40x60 mm + hřebenová lať 35x50 mm
- Dřevěné náběhové klíny
- Kompletní střešní systém Bramac (skládaná betonová krytina, hřebenáče + příchytky, okapnice, držáky hřebenové latě, větrací pás)
- Tesařské vruty, pozinkované hřeby, ostatní spojovací materiál

IV. Použité nástroje

- Aku vrtací šroubovák
- Motorový šikmý střešní výtah
- Motorová pila
- Ruční pila na dřevo
- Kladivo
- Řezačka na polystyren

Tabulka 2 Výsledky porovnání náročnosti realizace střešních skladeb na RD Nebušice

TECHNOLOGICKÁ STRUKTURA - POROVNÁNÍ NÁROČNOSTI REALIZACE		
POŘADÍ	SKLADBY	NÁROČNOST REALIZACE [Body]
1.	Isotec	1 bod
2.	Thermo Tetto	2 body
3.	Toprock	4 body
4.	Stávající	3 body

3.3 Časová struktura

Jedno z kritérií porovnání střešních skladeb je doba realizace. Pro vypracování harmonogramů na jednotlivé systémy, které jsou výstupem této části, jsem používal program MICROSOFT PROJECT 2013. Práce v něm je rychlá, efektivní a poměrně jednoduchá. Grafická stránka výstupu vypadá srozumitelně. Při vypracování harmonogramů počítám s četou 3 pokrývačů, kteří mají 8 hodinovou pracovní směnu. Dva pokrývači budou většinu času na střeše a jeden bude obsluhovat a nakládat výtah. Pro účely mého porovnání jsem zadal víkendy jako nepracovní. Jednotlivé úkony se shodují s podrobným pracovním postupem, který jsem sestavil v technologické struktuře. Za pomoci normohodin získaných z programu BUILDpower-RTS a množství jsem následně vypočítal jejich doby trvání. Ty jsou znázorněny v Tabulka 3.

Tabulka 3 Výpočet doby trvání jednotlivých pracovních úkonů

PRACOVNÍ ÚKONY	MNOŽSTVÍ	MĚRNÁ JEDNOTKA	NORMOHODINY [Nh]	POČET PRACOVNÍKŮ	PRACOVNÍ HODINY
Montáž okapnice Bramac pro pojistnou fólii	12	ks	0,16	1	2
1) Montáž dřevěných kontralatí o rozměru 60x40 mm, přivrtnané přes pojistnou hydroizolaci do krokvi (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním) 2) Montáž dřevěných latí pro střešní krytinu 40x60 mm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)	105	m2	0,31	3	11
Montáž systémových držáků pro hřebenovou lať	11	ks	0,18	1	2
Montáž dřevěné hřebenové latě 50x35 mm	10,5	m	0,19	2	1
Pokládka střešní skládané betonové krytiny Bramac	105	m2	0,38	2	20
Pokládka větracího pásu pod hřebenáče	10,5	m	0,18	2	1
Pokládka hřebenáčů + uchycení pomocí přichytek	10,5	m	0,52	2	3
Montáž dřevěného podbití střešních říms, palubky P+D tloušťky 12,5 mm	16,8	m2	1,85	2	16
Montáž přímých závěsů pro plechové profily budoucího sádkartonového roštu.	76,5	m2	0,16	3	4
Vložení první vrstvy tepelné izolace ORSIK tl.160 mm mezi krokve a kleštiny	76,5	m2	0,14	3	4
Montáž SDK nosných profilů	76,5	m2	0,16	3	4
Vložení druhé vrstvy tepelné izolace ORSIK tl.80 mm pod krokve a kleštiny	76,5	m2	0,14	3	4
Vložení třetí vrstvy tepelné izolace ORSIK tl.50 mm mezi nosné profily SDK	76,5	m2	0,14	3	4
Montáž parozábrany Jutafol N 110 na oboustranně lepicí pásku umístěnou na nosných profilech SDK s přeplepením spojů	76,5	m2	0,23	3	6
Montáž SDK desek tl.12,5 mm včetně vytmelení spojů	76,5	m2	0,62	3	16
1) Montáž záklopu z měkkého hoblovaného dřeva (palubky) o tloušťce 25 mm spojovaného na P+D (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním) 2) Pokládka parozábrany Jutafol N 110 s přeplepením spojů, ukončení za pozednicí	105	m2	0,46	2	24
Montáž nadkrokových držáků 180 mm vysokých, uvažováno cca 85 ks, přivrtnány do nosných krokvi pomocí 6 pozinkovaných hřebů délky 60 mm	105	m2	0,16	2	8
Montáž dřevěných námětků o rozměru 120x180 mm, přivrtnáno do nosné krokve pomocí 3 pozinkovaných šroubů délky alespoň 28 cm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)	28,8	m	0,55	2	8
Montáž dřevěného prkna tloušťky 25 mm, které zabraňuje posunu tepelné izolace k okapu a pomáhá k bezpečnému pohybu po střeše (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)	3,78	m2	0,42	1	2
Montáž pomocných krokvi 60x60 mm uložené na nadkroevní držáky a přivrtnané z boku 4 pozinkovanými hřeby délky 40 mm, spoje přeplátovány (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)	120	m	0,08	3	3
Montáž svislého bednění říms (palubky) tloušťky 12,5 mm	29,4	m2	0,25	3	2
Vložení první vrstvy tepelné izolace Rockmin PLUS tl.180 mm mezi nadkroevní držáky	105	m2	0,12	3	4
Vložení druhé vrstvy tepelné izolace Rockmin PLUS tl.60 mm s překrytím spár první vrstvy mezi pomocné krokve	105	m2	0,12	3	4
Položení pojistné difúzně otevřené hydroizolace Bramac universal na celoplošný záklop z důvodu ochrání dřevěných pohledových palubek v průběhu realizace	105	m2	0,13	2	7
1) Montáž základního dřevěného hranolu o rozměru 120x160 mm, přivrtnán pozinkovanými hřeby délky 24 cm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním) 2) Nalepení na horní povrch základního hranolu samolepicí pásku s butylovou vrstvou ISOBAND	20,4	m	0,15	2	2
Položení první řady tepelně-izolačních panelů ISOTEC tloušťky 160 mm, seříznout panel na požadovanou rozteč latí, spojit na kaučukový trvale pružný tmel a spoje přeplepovat samolepicí páskou s butylovou vrstvou ISOBAND	7,35	m2	0,77	3	3
Položení tepelně-izolačních panelů ISOTEC tloušťky 160 mm po celé ploše, pokládat na vazbu, spojit na kaučukový trvale pružný tmel a spoje přeplepovat samolepicí páskou s butylovou vrstvou ISOBAND. Panely řezat pomocí ruční pily a rozbrušovačky	94,65	m2	0,77	3	24
1) U hřebene a podél štítových zdí vypěnit PUR pěnou a následně ji seříznout zároveň s plochou panelů 2) Vzniklý spoj panelů u hřebene a podél štítových zdí přeplepit samolepicí páskou ISOBAND.	30,5	m	0,11	2	2
Navrtání dvou chybějících ocelových latí v předepsané vzdálenosti od hřebene	23,4	m	0,15	2	2
Montáž záklopu z měkkého hoblovaného dřeva (palubky) nad dřevěnými námětky o tloušťce 25 mm (dřevo ošetřeno nátěrem Bochemit QB proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním)	18,9	m2	0,21	2	2
Pokládka polystyrenových desek Thermo TETTO tloušťky 180 mm, jako první vyplnit prostor mezi námětky, následně položit první řadu zkosených desek kvůli pojistné hydroizolaci a zateplit vršek dřevěných námětků (na tloušťku dřevěného bednění)	16,8	m2	0,43	2	4
Pokládka pojistné hydroizolace difúzně otevřené Bramac universal, zavléknout do zákmu 1.řady polystyrenových desek	31,5	m2	0,12	2	2
Položení polystyrenových desek Thermo TETTO tloušťky 180 mm na celou plochu šikmé střechy	96,6	m2	0,26	3	8
Hřebenový spoj překryt pojistným difúzně otevřeným hydroizolačním pásem šířky 1 m Bramac universal	10,5	m2	0,08	1	1
Montáž dřevěných náběhových klínů pro osazení okapového žlabu a podepření 1.řady skládané betonové krytiny Bramac	21	m	0,15	2	2

Tabulka 4 Výsledky porovnání doby realizace střešních skladeb na RD Nebušice

ČASOVÁ STRUKTURA - POROVNÁNÍ DOBY REALIZACE		
POŘADÍ	SKLADBY	DOBA REALIZACE [Den]
1.	Isotec	9 dnů
2.	Thermo Tetto	11 dnů
3.	Stávající	13 dnů
4.	Toprock	14 dnů

Finální výstup z programu je v podobě harmonogramů viz. příloha č.1.

3.4 Kalkulace a rozpočet

Jednotlivé ceny stavebních prací a specifikaci materiálů jsem oceňoval pomocí rozpočtového programu BUILDpower od firmy RTS Brno. U skladby ISOTEC nebyly jednotkové ceny v databázi rozpočtového programu. Musel jsem tedy kontaktovat firmu CONTI, která mi poskytla veškeré informace pro ocenění prací a materiálů. Při naceňování střešních skladeb jsem vynechal klempířské prvky a střešní okna, které mi výsledné ceny nijak neovlivní, protože se stále opakují.

Tabulka 5 Výsledky porovnání nákladů na realizaci střešních skladeb na RD Nebušice

KALKULACE A ROZPOČET - POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA REALIZACI		
POŘADÍ	SKLADBY	CENA [Kč]
1.	Stávající	309 358 Kč
2.	Toprock	359 273 Kč
3.	Isotec	378 071 Kč
4.	Thermo Tetto	448 236 Kč

Finální výstup z programu je v podobě položkového rozpočtu viz. příloha č.2.

3.5 Technické parametry

Nejlépe porovnatelný technický parametr mezi skladbami je vypočítaný součinitel prostupu tepla střešním souvrstvím. Ideální je použít pro výpočet poslední verzi programu TEPLO 2014 EDU. Poměrně přesně zahrne vliv tepelných mostů nacházející se v konstrukci. Stanoví se interním výpočtem, který nám upraví velikost součinitele tepelné vodivosti λ . Úprava je označena v protokolech hvězdičkou (*) v kapitole skladba konstrukce. Přesné určení součinitele prostupu tepla bylo pro mé porovnání zásadní. Vyhovovala mi rozšířená nabídka materiálů, s kterou bylo

vkládání jednotlivých vrstev mnohem jednodušší. Lokalita výstavby byla nastavena Praha. Hodnoty okrajových podmínek pro tuto oblast byly automaticky nadefinované programem.

Použitím tohoto softwaru jsem si mimo požadavek na součinitel prostupu tepla ověřil, jestli v konstrukcích nedochází k nadměrnému množství kondenzace vodní páry a jestli je splněn požadavek na teplotní faktor. U jediné skladby ISOTEC se objevilo zanedbatelné roční množství kondenzace vodní páry, které se během roku stihne odpařit a nijak neohroží konstrukci.

Tabulka 6 Výsledky porovnání součinitele prostupu tepla střešních skladeb na RD Nebušice

TECHNICKÉ PARAMETRY - POROVNÁNÍ SOUČ. PROSTUPU TEPLA		
POŘADÍ	SKLADBY	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA [W/m²K]
1.	Isotec	0,160
2.	Thermo Tetto	0,202
3.	Toprock	0,225
4.	Stávající	0,226

Finální výstup z programu je v podobě protokolů viz. příloha č.3.

3.6 Multikriteriální hodnocení

Pro multikriteriální porovnání jsem vybral 4 střešní dvouplášťové skladby, které jsou detailně popsány v teoretické a praktické části mé práce. První je stávající skladba na RD Nebušice čili mezi a pod krokevní zateplení pomocí minerální vaty ISOVER ORSIK. Další jsou pouze z kategorie nadkrokevního zateplení. Jsou to skladby ROKWOOL TOPROCK – tepelná izolace z kamenné vlny, ISOTEC – panely z PUR tepelné izolace, THERMO TETTO – tepelněizolační tvarovky z EPS.

3.6.1 Stanovení kritérií a jejich vah

Výsledné vyhodnocení jsem chtěl stanovit jak z objektivních, tak ze subjektivních kritérií. Zvolená kritéria jsou:

Objektivní

- Cena [Kč] – hodnoty stanoveny rozpočtářským programem BUILDpower - RTS, a. s.
- Součinitel prostupu tepla [$W/m^2 \cdot K$] – hodnoty stanoveny programem TEPLO 2014 EDU
- Doba realizace [Den] – harmonogram vytvořen v programu MICROSOFT PROJECT 2013

Subjektivní

- Náročnost realizace [Body] – body uděleny dle vlastního uvážení (1 - nejméně náročné, 4 - nejvíce náročné)

Váhy jednotlivých kritérií jsem stanovil dle vlastního uvážení, bez žádných výpočetních metod. Zadané velikosti vah jsou na celém vyhodnocení to nejdůležitější, protože mi rozhodují o finálním pořadí střešních skladeb. Je potřeba říct z jakého pohledu se na realizaci dívám. Když se podívám z pohledu investora, bude pro mě zásadní cena díla a součinitel prostupu tepla. Naopak když to vezmu z pohledu zhotovitele, zajímá mě nejvíce doba realizace a náročnost realizace. Moje výsledné uvažování bylo ze strany zhotovitele, stanovené hodnoty vah můžete vidět v Tabulka 7.

3.6.2 Vyhodnocení pomocí metody váhové funkce

Pro vyhodnocení střešních skladeb jsem použil metodu váhové funkce. Všechna má stanovená kritéria chtějí dosáhnout minima, to znamená nejnižší cena a součinitel prostupu tepla, nejkratší doba realizace, nejméně náročná realizace. Každému kritériu přiřadím procentuální váhu tak, aby celkový jejich součet dával 100 %. Poté dopočítám procentuální hodnoty pro jednotlivé skladby. Zvolím z každého kritéria nejlepší variantu a přiřadím jí hodnotu zvolené procentuální váhy na začátku. Poměrem následně dopočítám váhy u zbylých skladeb. Tímto způsobem postupuji u všech kritérií. Výslednou procentuální hodnotu, z které se tvoří celkové pořadí, dostanu součtem dopočítaných vah u každého z kritérií dané skladby.

Více informací o této metodě najdete v citované literatuře č.54. Hodnocení dopadlo nejlépe pro skladbu ISOTEC, která získala 96,37 %. Celkové výsledky najdete v Tabulka 7.

Tabulka 7 Celkové výsledky multikriteriálního hodnocení

MULTIKRITERIÁLNÍ HODNOCENÍ										
		OBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ						SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ		
		1. cena [Kč]	2. součinitel prostupu tepla [W/m2K]	3. doba realizace [Den]			4. náročnost realizace [Body]			
pořadí	100	Váha	20	10	35			35		
		Nejlepší	309 358 Kč	0,16	9			1		
1.	96,37	Isotec	378 071 Kč	16,37	0,160	10,00	9	35,00	1	35,00
4.	55,58	Toprock	359 273 Kč	17,22	0,225	7,11	14	22,50	4	8,75
2.	67,86	Thermo Tetto	448 236 Kč	13,80	0,202	7,92	11	28,64	2	17,50
3.	62,98	Stávající	309 358 Kč	20,00	0,226	7,08	13	24,23	3	11,67

3.6.3 Citlivostní analýza

Protože váhy kritérií si volím dle vlastního uvážení, provedl jsem citlivostní analýzu, která nám sdělí, jak náchylná je výsledná tabulka na jiné uvažování při volbě procentuálních vah. V tomto testu jsem přidal pohled také ze strany investora. To pro mě znamenalo lepší procentuální ocenění u kritérií cena, součinitel prostupu tepla a doba realizace Tabulka 8. Výsledek analýzy můžete vidět v Tabulka 9.

Tabulka 8 Procentuální rozdělení vah jednotlivých kritérií u citlivostní analýzy

KRITÉRIA	CENA [Kč]	SOUČ.PROSTUPU TEPLA [W/m ² *K]	DOBA REALIZACE [Den]	NÁROČNOST REALIZACE [Body]
VÁHY	30	15	30	25

Tabulka 9 Výsledek citlivostní analýzy

SKLADBA	VÝSLEDNÁ HODNOTA	POŘADÍ
ISOTEC	94,55 %	1.
TOPROCK	62,03 %	4.
THERMO TETTO	69,63 %	3.
STÁVAJÍCÍ	69,72 %	2.

Citlivostní analýza nám dokázala, že provedené multikriteriální hodnocení je stabilní. Podle výsledného počtu procent u skladby ISOTEC je vidět, že lze považovat tento systém za nejlepší možnou variantu na můj vybraný dům RD Nebušice.

ZÁVĚR

Šikmé střechy zaujímají významnou část z oblasti pozemního stavitelství – zastřešení budov. Věřím, že čtenář díky mé diplomové práci měl možnost získat ucelený přehled o použití a umístění jednotlivých tepelně izolačních vrstev, ve skladbách šikmých střech. Získané informace je možno uplatnit při studiu, v projekční činnosti nebo v praktickém odborném životě.

Po zpracování teoretické části jsem vybral 3 nevhodnější systémy, které jsem chtěl porovnat se stávající skladbou střešního pláště vybraného projektu rodinného domu. Pro praktické použití jsem vybral nadkroevní systém s použitím různých druhů materiálů tepelně izolačních vrstev. Skladby jsem začal porovnávat na základě zvolených kritérií pomocí multikriteriálního hodnocení metodou váhové funkce. Z tohoto vyhodnocení vyšla jako nejvýhodnější skladba z panelů ISOTEC s 96,37 %.

Tento výsledek mi potvrzuje mé prvotní výhrady k navržené střešní konstrukci posuzovaného rodinného domu.

LITERATURA

Odborná literatura

- [1] KOPTA, P., JANOUŠKOVÁ, J.: Šikmé střechy. GRADA, Praha, 2012, ISBN 978-80-247-8229-4.
- [2] FAJKOŠ, A., NOVOTNÝ, M.: Střechy – Základní konstrukce. GRADA, Praha, 2003, ISBN 80-247-0681-4.
- [3] Pravidla pro navrhování a provádění střech. Cech klempířů, pokrývačů a tesařů, Praha, 2000.
- [4] VLČEK, M., a kolektiv autorů: Střechy od projektu k realizaci. Verlag Dashöfer, Praha, 2006, ISSN 1801-1276.
- [5] VLČEK, M., FAJKOŠ, A. a kolektiv autorů: Střešní konstrukce od A do Z. Verlag Dashöfer, Praha, 2002, ISBN 80-86229-28-9.
- [6] PEXO VÁ, J., NOVOTNÝ, M., STRAKA, B., ŠMAK, M. 1. vyd., JAGA GROUP, Bratislava, 2009, s. 68–71, ISBN 978-80-8076-079-3. 224 Konstrukce šikmých střech
- [7] VAVERKA, J., HAVÍŘOVÁ, Z., JINDRÁK, M. a kolektiv autorů: Dřevostavby pro bydlení. GRADA, Praha, 2008, ISBN 978-80-247-2205-4.
- [8] MATĚJKA, M.: Pozemní stavitelství III – Šikmé a strmé střechy, CERM, Brno, 2007, ISBN 978-80-7204-540-2.
- [9] BRADÁČOVÁ, I.: Stavby z hlediska požární bezpečnosti. ERA, Brno 2007, ISBN 978-80-7366-090-1.
- [10] DONA TĚÁKOVÁ, D.: Stavební akustika a denní osvětlení – Studijní opora modulu M01. Elektronická skripta VUT v Brně, Brno, 2010 + změna 2011
- [12] KOLB, J.: Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Překlad z originálu Koželouh, B. GRADA, Praha, 2008, ISBN 978-80-247-2275-7.
- [13] STRAKA, B., NOVOTNÝ, M., KRUPICOVÁ, J., ŠMAK, M., ŠUHAJDA, K., VEJPUSTEK, Z.: Konstrukce šikmých střech. GRADA, Praha, 2013.

[14] KOŽELOUH, B.: Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 2, Navrhování detailů a nosných systémů, autorizovaný překlad z anglického vydání „Timber Engineering STEP 2“. Centrum Hout, The Netherlands, 2004, ISBN 80-86 769 -13.

[15] ŠUBRT, R., VOLF, M.: Stavební detaily – tepelné mosty. GRADA, Praha, 2002.

[16] ŠUBRT, R., ZVÁNOVCOVÁ, P., ŠKOPEK, M.: Katalog tepelných mostů 1 – Běžné detaily. Energy Consulting Service s.r.o., České Budějovice, 2008.

Normy, vyhlášky a předpisy

[17] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ČNI, 2004.

[18] ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru, ČNI, 2004.

[19] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, ČNI, 2005.

[20] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, ČNI, 2007. Literatura 225

[21] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou, ČNI, 2005.

[22] ČSN EN 1995-1-2 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1–2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru, ČNI, 2006.

[23] ČSN 73 0580-1: Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI, 2007.

[24] ČSN 73 0532: Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky, ČNI, 2010.

[25] ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ČNI, 2011.

[26] ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin, ČNI, 2005.

[27] ČSN 73 0810: Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení, ČNI, 2009.

[28] ČSN 73 1901: Navrhování střech – Základní ustanovení, ČNI, 2011.

[29] ČSN P 73 0600: Hydroizolace staveb – Základní ustanovení, ČNI, 2000.

[30] ČSN P 73 0606: Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace – Základní ustanovení, ČNI, 2000.

[31] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), se změnami 379/2009 Sb.

[32] Vyhláška MMR č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, se změnami 20/2012 Sb.

[33] Nařízení vlády č. 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky.

Webové zdroje

[34] www.bachl.cz (výrobce izolačních a stavebních materiálů)

[35] www.bramac.cz (střešní krytiny a doplňky)

[36] bydleni.tiscali.cz (internetové fórum o bydlení – článek o zatravněných střechách)

[37] www.dektrade.cz (projekční kancelář a poskytovatel technických informací)

[38] www.drevoportal.cz (materiály, střešní konstrukce, fasády, spoje, projekční software)

[39] www.hortiflora.cz (internetové fórum o zahradách, včetně vegetačních střech)

[40] www.kaspercz.cz (střešní konstrukce, atypické dřevěné konstrukce, nové technologie výroby)

[41] www.osb.cz (výroba, prodej, dodávka OSB desek)

[42] www.rheinzink.cz (titanzinkové střešní krytiny, prezentace staveb s krytinou typu Rheinzink)

[43] www.roofs.cz (střechy, dřevostavby, půdní vestavby)

[44] www.strechy92.cz (návrh, výroba, montáž střešních konstrukcí)

[45] www.studioconti.cz (dodavatel nadkroevní tepelné izolace Isotec v ČR)

[46] www.thermodach.cz (výrobce nadkroevní tepelné izolace Thermodach)

[47] www.tzb-info.cz (portál pro stavebnictví, technická zařízení budov)

[48] www.wavestructuraldesign.com (dřevěné střešní konstrukce, dřevostavby)

- [49] www.rockwool.cz (výrobce tepelné izolace)
- [50] www.georgboerner.de/cz (kompaktní střechy z tepelné izolace PIR)
- [51] www.atelier-dek.cz (příručka: střechy s povlakovou hydroizolační vrstvou)
- [52] www.puren.cz/cz/stavebnik/puren-produkty/sikma-strecha (tepelně-izolační desky z PUR)
- [53] www.isover.cz (výrobce tepelné izolace)
- [54] www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/tspp/data/teorie/Vicekritko.pdf (metoda vícekriteriálního hodnocení)
- [55] www.coleman.cz/skladba-zelene-strechy (dodávka materiálů na vegetační střechy)
- [56] www.optigreen.cz (montáž vegetačních střech)
- [57] www.rakosove-strechy.cz (realizace doškových střech)
- [58] www.rakosovestrechy.cz/ (dodávka a montáž doškových střech)
- [59] www.cz.foamglas.com/cz (kompaktní střecha s tepelnou izolací z pěnového skla)
- [60] www.krytiny-strechy.cz (portál s informacemi o šikmých střechách)
- [61] www.uvp3d.cz (encyklopedie – rodinný dům)
- [62] www.georgboerner.de/cz/systemy/kompaktni-strecha
- [63] www.fast10.vsb.cz/studijni-materialy (pozemní stavitelství IV)

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 Hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ dle ČSN 730540 [25].....	21
Tabulka 2 Výsledky porovnání náročnosti realizace střešních skladeb na RD Nebušice.....	73
Tabulka 3 Výpočet doby trvání jednotlivých pracovních úkonů.....	75
Tabulka 4 Výsledky porovnání doby realizace střešních skladeb na RD Nebušice.....	76
Tabulka 5 Výsledky porovnání nákladů na realizaci střešních skladeb na RD Nebušice.....	76
Tabulka 6 Výsledky porovnání součinitele prostupu tepla střešních skladeb na RD Nebušice.....	77

Tabulka 7 Celkové výsledky multikriteriálního hodnocení	79
Tabulka 8 Procentuální rozdělení vah jednotlivých kritérií u citlivostní analýzy	79
Tabulka 9 Výsledek citlivostní analýzy	80

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Schéma šikmého střešního pláště s názvoslovím [1].....	4
Obrázek 2 Pultová střecha [61]	8
Obrázek 3 Sedlová střecha [61]	9
Obrázek 4 Valbová střecha [61].....	9
Obrázek 5 Polovalbová střecha a polovalbová střecha se štítovými plochami [61]..	10
Obrázek 6 Stanová a věžová střecha [61]	10
Obrázek 7 Mansardová střecha [61]	11
Obrázek 8 Pilová střecha [61].....	11
Obrázek 9 Zakřivené střešní plochy [61]	12
Obrázek 10 Jednoplášťová střecha s laťováním a skládanou krytinou [60]	26
Obrázek 11 Jednoplášťová střecha s bedněním a plechovou krytinou [60].....	26
Obrázek 12 Tradiční rákosová střecha s vnitřní hliněnou omazávkou [57].....	29
Obrázek 13 Rákosová střecha doplněná konopnou mezikrokevní tepelnou izolací [57]	30
Obrázek 14 Tepelněizolační tvarovka THERMO Plus z polystyrenu EPS [46].....	31
Obrázek 15 Spoj na ozub PIR izolace PUREN s integrovanou OSB deskou [52]	32
Obrázek 16 Spoj na P+D PUR izolace BACHL s integrovanou OSB deskou [34]...	32
Obrázek 17 Skladba Jednoplášťové střechy s nadkrokevní tepelnou izolací složenou z polystyrenových tvarovek THERMO PLUS [46].....	33
Obrázek 18 Skladba jednoplášťové střechy s použitím kompletizovaných dílců složených z PIR nebo PUR tepelné izolace a OSB desek [52]	34
Obrázek 19 Šikmá kompaktní střecha na dřevěném bednění s tepelnou izolací z pěnového skla a s plechovou krytinou [59]	36

Obrázek 20 Šikmá kompaktní střecha na dřevěném bednění s tepelnou izolací PIR a s modifikovaným asfaltovým natavovacím pásem [62].....	36
Obrázek 21 Filtrační, drenážní a akumulací vrstva z pěnového polystyrenu s uzavřenou strukturou [55]	37
Obrázek 22 Nopová fólie s perforacemi [55].....	37
Obrázek 23 Zatravnovací dílce (plastový rošt [55].....	38
Obrázek 24 Protiskluzný systém (sít' + prahy) [55].....	38
Obrázek 25 Rošt z recyklovaného polyethylenu (nosníky + prahy [56].....	38
Obrázek 26 Vegetační jednovrstevná střecha s hydroakumulací vrstvou z pěnového polystyrenu a sklonem 5°-25° [56]	41
Obrázek 27 Vegetační jednovrstevná střecha s uložením substrátu do plastového roštu a s hydrofilní vrstvou [56].....	41
Obrázek 28 Dvoustevná střecha bez tepelné izolace [63].....	43
Obrázek 29 Dvoustevná střecha s mezikrokevní tepelnou izolací z minerální vaty [60].....	44
Obrázek 30 Dvoustevná střecha se sníženou mezikrokevní tepelnou izolací kvůli vzduchové mezeře [63]	45
Obrázek 31 Dvoustevná střecha s použitím tepelné izolace nad a mezi krokvemi [60].....	46
Obrázek 32 Dvoustevná střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokvemi s nevhodně umístěnou parotěsnou zábranou [60]	47
Obrázek 33 Dvoustevná střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokvemi, lepší varianta umístění parotěsné zábrany [63]	48
Obrázek 34 Dvoustevná střecha s umístěním tepelné izolace přímo pod krokve [8].....	49
Obrázek 35 Dvoustevná střecha s umístěním tepelné izolace pod nosné dřevěné vazníky [38]	50
Obrázek 36 Tepelná izolace z kamenné vlny [49].....	51

Obrázek 37 Skladba dvouplášťové střechy s nadkroevní tepelnou izolací z kamenné vlny [49]	53
Obrázek 38 Polystyrenová deska (EPS) THERMO TETTO [46]	53
Obrázek 39 Skladba dvouplášťové střechy s nadkroevní tepelnou izolací z polystyrenu (EPS) [46]	55
Obrázek 40 Systémové panely z PUR od firmy ISOTEC [45]	55
Obrázek 41 Spojování panelů ISOTEC kaučukovým trvale pružným tmele a přelepení spáry samolepicí páskou s butylovou vrstvou [45]	56
Obrázek 42 Skladba dvouplášťové střechy s nadkroevní tepelnou izolací z PUR [45]	57
Obrázek 43 Tříplášťová střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokvelemi [60]	58
Obrázek 44 Tříplášťová střecha s tepelnou izolací mezi a pod krokvelemi s pojistnou hydroizolační vrstvou na bednění [60]	59
Obrázek 45 Detail u hřebene střechy s použitím mezi a podkroevního zateplení minerální vatou ISOVER ORSIK [53]	63
Obrázek 46 Detail u okapu střechy s použitím mezi a podkroevního zateplení minerální vatou ISOVER ORSIK [53]	63
Obrázek 47 Detail u hřebene střechy s použitím nadkroevního zateplení kamennou vlnou ROCKWOOL TOPROCK [49]	66
Obrázek 48 Detail u okapu střechy s použitím nadkroevního zateplení kamennou vlnou ROCKWOOL TOPROCK [49]	66
Obrázek 49 Detail u hřebene střechy s použitím nadkroevního zateplení z PUR panelů ISOTEC [45]	69
Obrázek 50 Detail u okapu střechy s použitím nadkroevního zateplení z PUR panelů ISOTEC [45]	69
Obrázek 51 Detail u hřebene střechy s použitím nadkroevního zateplení z polystyrenových tvarovek THERMO TETTO [46]	72
Obrázek 52 Detail u okapu střechy s použitím nadkroevního zateplení z polystyrenových tvarovek THERMO TETTO [46]	72

Seznam použitých zkratk

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
PVC	Polyvinylchlorid
SDK	Sádrokarton
DP	Diplomová práce
PIR	Polyisokianurát
PUR	Polyuretan
EPS	Expandovaný stabilizovaný polystyren
ČR	Česká republika

Seznam příloh

Příloha 1 – Harmonogramy střešních skladeb

Příloha 2 – Položkové rozpočty střešních skladeb

Příloha 3 – Posouzení střešních skladeb z hlediska šíření tepla a vodní páry

Příloha 4 – Stavební dokumentace RD Nebušice