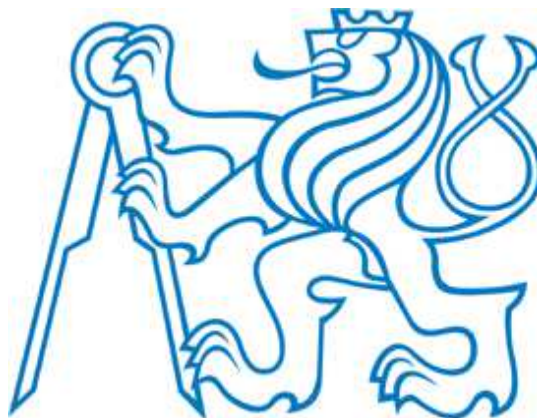


PROHLUBUJÍCÍ ČÁST

NÁVRH KONSTRUKCE STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ



OBSAH

KLÍČOVÁ SLOVA.....	2
ÚVOD	3
1. JEDNOPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY	4
1.1 Obecná charakteristika jednoplášťové střechy	4
1.2 Druhy, skladby a vrstvy jednoplášťových plochých střech	5
1.2.1 Nosná konstrukce	7
1.2.2 Spádová vrstva	7
1.2.3 Parozábrana	8
1.2.4 Tepelná izolace.....	8
1.2.5 Povlaková vodotěsná izolace	9
2. SPECIÁLNÍ PLOCHÉ STŘECHY	10
2.1 Střešní zahrady	10
2.2 Balkóny a terasy	12
3. STABILIZACE VRSTEV JEDNOPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY	13
3.1 Návrhové zatížení ploché střechy větrem	13
3.2 Návrh stabilizace	13
3.3 Možnosti stabilizace	14
4. NÁVRH PLOCHÝCH STŘECH.....	15
4.1 Střecha s klasickým pořadím vrstev nad 4. NP	15
4.1.1 Stabilizace střechy	15
4.1.1.1 Kotvení	16
4.1.1.2 Lepení.....	17
4.1.1.3 Zhodnocení a výběr vhodnější varianty	19
4.1.2 Návrh skladby	20
4.2 Vegetační střecha a terasa	21
4.2.1 Stabilizace střechy.....	21
4.2.1.1 Lepení.....	22
4.2.2 Návrh skladby	23
4.3 Balkón	25
4.3.1 Návrh skladby	25
5. TEPELNĚ TECHNICKÝ VÝPOČET NAVRŽENÝCH SKLADEB	26
5.1 Tepelně technický výpočet střechy s klasickým pořadím vrstev – S3 a terasy – S1	27
5.2 Tepelně technický výpočet vegetační střechy – S2.....	30
6. POSOUZENÍ NAVRŽENÝCH STŘECH.....	33
6.1 Posouzení stabilizace střešního pláště.....	33
6.2 Posouzení konstrukcí z hlediska šíření tepla a vodní páry	34
6.2.1 Posouzení šíření tepla konstrukcí.....	34
6.2.2 Posouzení šíření vodní páry konstrukcí	34
ZÁVĚR.....	36
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	37

KLÍČOVÁ SLOVA

Hlavní hydroizolační vrstva je tvořena modifikovanými asfaltovými pásy nebo speciální fólií, chrání jednotlivé vrstvy střešního pláště a konstrukci před povětrnostními vlivy (především před pronikáním vody, vlhkosti a větru).

Tepelná izolace zajišťuje tepelně izolační, zvukové a protipožární vlastnosti konstrukce střechy.

Lepicí vrstva je hmota přilnavá na podklad, pomocí které je možné vytvořit spojovací vrstvu a připevnit a zajistit polohu tepelné izolace.

Kondenzace vodní páry je stav, kdy dochází ke změně skupenství vodní páry obsažené ve vzduchu ze stavu plynného na stav kapalný za předpokladu dosažení teploty rosného bodu pro dané množství vodní páry.

Parotěsná zábrana brání prostupu vzdušné vlhkosti, jedná se o konstrukční vrstvu s vysokým difúzním odporem.

Součinitel prostupu tepla je fyzikální veličina, označovaná U [$W/(m^2 \cdot K)$], vyjadřuje množství tepelné energie, která může prostoupit materiálem nebo konstrukcí, odpovídá obrácené hodnotě dříve používaného tepelného odporu R [$(m^2 \cdot K)/W$]

Fóliové hydroizolace jsou na bázi plastů, používají se proti zemní i srážkové vodě, jsou náchylné na mechanické poškození.

Pojistná hydroizolace je pomocná vrstva pro zamezení šíření vlhkosti, která pronikla již hlavní hydroizolační vrstvou, dále prochází do střešního souvrství, současně nesmí bránit vzdušné vlhkosti v prostupu opačným směrem.

Modifikované živičné (asfaltové) pásy - jedná se o hydroizolační vrstvu na bázi živice (asfaltu), je vhodná k izolaci proti podzemní i srážkové vodě, nejčastěji se přichycuje plnoplošným natavením, v případě vystavení hydroizolace povětrnostním vlivům jsou živičné pásy doplněny o břidličný posyp.

ÚVOD

Mým úkolem v této práci je zabývat se variantním řešením střešního pláště a jeho posouzením a vyhodnocením z hlediska stability a tepelné techniky. Návrh střešního pláště vychází z typu střechy. Pro tuto práci jsem zvolil střechu plochou jednoplášťovou, terasu a střešní zahradu. Zadaná problematika a její zpracování mi pomohlo získat užitečné poznatky z oblasti stavebnictví. Věřím, že budu moci tyto poznatky využít i v mé budoucí praxi.

Vyslovíme-li pojem střecha, napadne každého z nás určitě slovo domov. Tedy prostor, kde trávíme svůj volný čas. Je to místo, které chrání nás i náš majetek, místo, kde se setkáváme s těmi nejbližšími. Střecha ukončuje stavební dílo a je velmi důležitou částí všech bytových, občanských a průmyslových staveb. Na její kvalitě závisí doba životnosti celé stavby.

Hlavní úlohou každé střechy je chránit prostor pod sebou před povětrnostními vlivy jako jsou déšť, sníh, vítr a sluneční záření. Střecha dále musí odvádět vodu tak, aby nedocházelo k zatékání a následnému růstu dřevokazných hub a plísní. V oblastech s častým sněžením musí být pamatováno na dostatečnou pevnost, aby střecha unesla váhu ležícího sněhu.

Podle typu prostoru, který střecha uzavírá, jsou na její provedení kladeny různé požadavky. Může jít v zásadě buď o uzavřený vnitřní prostor nebo otevřený prostor. Mezi uzavřené prostory patří například obytný dům či veřejná budova. V případě uzavřených prostor je potřeba použít střechu zateplenou. Mezi otevřený prostor řadíme například přístřešek, čekárnu, nástupiště či kryté parkoviště. V tomto případě použijeme střechu nezateplenou. Obecně tedy platí, že střechy uzavřených budov musí splňovat přísnější požadavky na izolaci.

V současné době jsou na střechy ve světě kladeny vysoké technické, funkční a nezřídka i estetické požadavky. V různých částech světa a v různých historických obdobích střechy vypadaly a vypadají odlišně.

Touto prací bych chtěl dojít ke správnému návrhu střešního pláště různých typů jednoplášťových plochých střech, včetně střešní zahrady, pro mnou vyprojektovaný objekt.

1. JEDNOPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY

1.1 Obecná charakteristika jednoplášťové střechy

Plochá střecha je definována normou ČSN 73 1901 „*Navrhování střech – Základní ustanovení*“ (dále jen ČSN 73 1901) jako střecha o sklonu vnějšího povrchu $\alpha \leq 5^\circ$. Jednoplášťové ploché střechy jsou základním druhem plochých střech. V posledních desetiletích tento typ patří mezi nejpoužívanější. Mohou být tvořeny pouze vhodnou nosnou konstrukcí ve sklonu a vodotěsnou izolací. Toto provedení bez tepelné izolace je nejjednodušší. Častěji však bývá doplněna i tepelná izolace. Provedení jednoplášťové ploché střechy se potom liší podle druhu použité tepelné izolace:

- střecha s klasickým pořadím vrstev (Obr. 1)
- střecha s opačným pořadím vrstev (tzv. obrácené střechy)
- střecha s kompaktní skladbou vrstev (tzv. kompaktní střechy)¹



Obr. 1 – Plochá střecha s klasickým pořadím vrstev ²

¹ CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy. Praha: Grada Publishing, 2009., str. 67

² CHALOUPKA, Aleš. Plochá střecha na panelovém domě. *Rovnestrechy.cz* [online]

Při rekonstrukci plochých střech je kromě výměny vodotěsné izolace často nutné provést i doteplení střechy. U jednoplášťových plochých střech se při zachování stávajícího souvrství střešního pláště nabízejí tyto dvě varianty rekonstrukce:

- PLUS střecha – provedení nové tepelné a vodotěsné izolace na vyspravenou původní hydroizolaci, která nyní zastává funkci parozábrany
- DUO střecha – kombinace obrácené střechy a střechy s klasickým pořadím vrstev³

Návrh vhodného druhu jednoplášťové ploché střechy je ovlivněn jednak zvoleným druhem tepelné izolace, jednak materiálovým provedením nosné konstrukce. Nosná konstrukce může být tvořena například masivní železobetonovou deskou, dřevěným bedněním nebo trapézovým plechem. Mezi těmito materiály je značný rozdíl a ne každý lze použít na všechny druhy jednoplášťových plochých střech. Například střechu s opačným pořadím vrstev nelze realizovat na nosné konstrukci, která má malou tepelnou akumulaci (nosná konstrukce z dřevěného bednění nebo trapézový plech).

Jednoplášťové ploché střechy se rovněž dělí na:

- **větrané** – systémem větracích kanálků napojených na vnější prostředí, zpravidla s klasickým pořadím vrstev, tj. hydroizolační vrstva je umístěna nad tepelně izolační vrstvou (v současné době se již nenavrhují)
- **nevětrané**⁴

1.2 Druhy, skladby a vrstvy jednoplášťových plochých střech

Jak jsem již zmínil, ploché střechy lze rozdělit do pěti skupin:

- s klasickým pořadím vrstev
- s opačným pořadím vrstev
- s kompaktní skladbou vrstev
- PLUS střecha
- DUO střecha

³ CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy. Praha: Grada Publishing, 2009., str. 67

⁴ HANZALOVÁ, Lenka. Ploché střechy – přehled konstrukčních variant (definice, terminologie). In: *tzb-info* [online].

Skladby jednoplášťových plochých střech (od spodní konstrukce k horní)⁵:

1. *s klasickým pořadím vrstev*

- nosná konstrukce
- spádová vrstva
- parozábrana
- tepelná izolace
- vodotěsná izolace

2. *s opačným pořadím vrstev*

- nosná konstrukce
- spádová vrstva
- vodotěsná izolace
- tepelná izolace z extrudovaného polystyrenu XPS
- separační vrstva
- stabilizační vrstva

3. *s kompaktní skladbou vrstev*

- nosná konstrukce
- spádová vrstva
- (u tepelné izolace z polyuretanu PIR kompaktní parozábrana)
- vrstva asfaltu
- tepelná izolace z pěnového skla nebo z pěnového polyuretanu PIR kompaktní
- vrstva asfaltu
- povlaková vodotěsná izolace

4. *PLUS střecha*

- nosná konstrukce
- původní spádová vrstva
- (původní parozábrana pokud byla realizována)
- původní tepelná izolace
- původní vyspravená vodotěsná izolace (z pravidla z asfaltových pásů)

⁵ CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy. Praha: Grada Publishing, 2009., str. 68-70

- nová dodatečná tepelná izolace
- nová vodotěsná izolace

5. *DUO střecha*

- nosná konstrukce
- spádová vrstva
- parozábrana
- tepelná izolace
- vodotěsná izolace
- tepelná izolace z extrudovaného polystyrenu XPS
- separační vrstva
- stabilizační vrstva

Dále bych se chtěl detailněji zaměřit na nejpoužívanější druh ploché střechy, kterým je jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev. Norma ČSN 73 1901 tento typ střechy definuje jako střechu, která odděluje vnitřní prostředí od vnějšího jedním střešním pláštěm. Nosná konstrukce střechy může být vodorovná nebo ve sklonu, proto tedy může být někdy spádová vrstva vynechána nebo může být provedena v tepelné izolaci. Výjimečně v odůvodněných případech může být vynechána i parozábrana, u střech bez tepelných požadavků i tepelné izolace.

1.2.1 Nosná konstrukce

Nejčastěji je tvořena z monolitického železobetonu, může však být i ze železobetonových či pórobetonových panelů nebo z keramických prvků. Většinou se jedná o strop posledního podlaží.

1.2.2 Spádová vrstva

Vhodný materiál pro spádovou vrstvu je lehčený beton, liaporbeton, polystyrenbeton, prostý beton, cementová pěna, dílce z plastů nebo minerální vlákna. V dnešní době se spádová vrstva provádí stále častěji přímo v tepelné izolaci. Tato technologie využívá pěnový

polystyren, minerální vlnu, polyuretan nebo pěnové sklo. V případě použití takto upravených tepelných izolací se na rozdíl od silikátové vrstvy pokládá tepelná izolace přímo na vhodnou parozábranu. Výjimkou je pěnové sklo. Když se tvoří spádová vrstva mokrým procesem na stavbě, nesmí se realizovat na již provedenou parozábranu (do střešního pláště by se zabudovalo neúměrné množství technologické, popřípadě i zateklé vody).

1.2.3 Parozábrana

Nejčastěji je realizována v podobě vhodných asfaltových pásů včetně nosné vložky z hliníkové fólie, které mohou tvořit na určitou dobu funkci provizorní krytiny. V případě použití lepené technologie se k asfaltovým pásům přilepí tepelná izolace, a to buď za studena nebo horkým asfaltem. K přilepení za studena slouží speciální lepidla (asfaltová nebo PU). Některé dnešní parozábrany z asfaltových pásů umožňují přímé nalepení vhodné tepelné izolace bez lepidla jen za pomoci nahřátí povrchu THERM pruhů nebo povrchu speciální asfaltové krycí hmoty. Parozábrany z PE fólie se používají u povlakových izolací z hydroizolačních fólií. K těmto parozábranám nelze tepelnou izolaci přilepit (izolace se přikotví k podkladu mechanickými upevňovacími prvky). Pokud se použije mechanické kotvení tepelné a vodotěsné izolace, doporučuje se snížit hodnotu faktoru difuzního odporu až o řád. V případě použití tepelné izolace z pěnového skla parozábrana odpadá. Pěnové sklo je totiž samo o sobě nejlepší parozábranou.

1.2.4 Tepelná izolace

Je tvořena pěnovým polystyrenem nebo minerální vlnou. Další, ale méně častá varianta, je z pěnového polyuretanu PIR nebo pěnového skla. Výběr materiálového provedení tepelné izolace je ovlivněn cenou, ale i technickými požadavky, které jsou na ni kladené. U střech s provozním souvrstvím teras, parkovišť na střeše nebo u střešních zahrad je výběr tepelné izolace ovlivněn požadavky na pevnost v tlaku. Jako další požadavky na tepelnou izolaci mohou být požadavky na požární ochranu nebo na dlouhodobou spolehlivost. Tepelná izolace může plnit funkci spádové vrstvy.

1.2.5 Powlaková vodotěsná izolace

Je vždy tvořena z asfaltových pásů nebo z vhodné hydroizolační fólie. Obě varianty jsou dlouhodobě spolehlivé. Může být k podkladu nalepena, natavena, volně položena s přitížením nebo volně položena a mechanicky přikotvena. Na každý z těchto způsobů pokládky musí být vybrány vhodné výrobky. Na povlakovou izolaci mohou být kladeny speciální požadavky (například u střešních zahrad proti prorůstání kořenů rostlin).

2. SPECIÁLNÍ PLOCHÉ STŘECHY

2.1 Střešní zahrady

Mezi oblíbené typy střech v dnešní době patří střešní zahrady neboli vegetační střechy. Tento trend je důsledkem velkého pokroku v oblasti vývoje vodotěsných izolací a stále se zvyšujícími požadavky na zlepšování životního prostředí. Vegetační střechy jsou často realizovány v návaznosti na parkoviště nebo terasy.

Střešní zahrady jsou považovány za reprezentativní prvek stavby. Jejich realizace však může být provedena nejen z estetického hlediska, ale i z hlediska užitného. Vegetační souvrství chrání hydroizolaci před mechanickým poškozením, UV zářením, snižuje tepelné namáhání střešního pláště, zadržuje oxid uhličitý, zachycuje prašnost z okolního ovzduší a produkuje kyslík. Dále vhodně doplňuje tepelnou a zvukovou izolaci. Další výhodou těchto střech je snížení zatížení kanalizační sítě, protože dokážou pojmout v některých případech provedení i přes 50% dešťových srážek, které se následně postupně odpařují a zvlhčují tak okolní ovzduší.

Důležitým prvkem skladby zelené střechy je vodotěsná izolace, která musí být odolná proti prorůstání kořenů rostlin⁶. Jako horní hydroizolace tedy nemůže být použita běžná povlaková izolace. Hydroizolace střešní zahrady je dle normy ČSN P 73 0600 namáhána tlakovou vodou a musí být na toto hydrofyzikální namáhání dimenzována. Dále je nutné pamatovat na to, že stropní konstrukce musí být dostatečně únosná, aby umožnila přitížení vegetačním souvrstvím.

Jako podklad pro vegetační souvrství může sloužit souvrství klasické ploché střechy, obrácené střechy nebo DUO střechy.

Dále se budu podrobněji věnovat vegetační střeše s klasickým souvrstvím střešního pláště.

Příklad provedení klasické ploché jednoplášťové střechy se střešní zahradou⁷:

Vegetační souvrství

- vlastní střešní zeleň
- střešní substrát
- filtrační vrstva
- hydroakumulační vrstva
- drenážní vrstva
- ochranná vrstva

⁶ BOHUSLÁVEK, P., V. HORSKÝ a Š. JAKOUBKOVÁ. *Vegetační střechy a střešní zahrady. Skladby a detaily – únor 2009. Konstrukční, technické a materiálové řešení* [online].

⁷ CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. *Ploché střechy*. Praha: Grada Publishing, 2009., str. 224

Souvrství střešního pláště

- vodotěsná izolace odolná proti prorůstání kořenů rostlin
- tepelná izolace
- parozábrana
- spádová vrstva
- nosná stropní konstrukce

Materiály pro souvrství střešního pláště odpovídají popisu v kapitole 1 (1.2.1 – 1.2.5).

Vegetační střechy se rozdělují podle typu navržené zeleně a tím i podle skladby vegetačního souvrství na⁸:

- s extenzivní zelení (Obr. 2)
 - výška substrátu 60 – 150 mm
 - jedná se o neudržovanou zeď s nenáročnými rostlinami typu rozchodníky, netřesky, suchomilné trávy
 - obvykle bez zavlažovacího systému
 - nejčastější typ provedení
- s jednoduchou intenzivní zelení
 - výška substrátu 150 – 300 mm
 - tvořena obdobnými rostlinami jako extenzivní zeď doplněnými o suchomilné trvalky
- s intenzivní zelení
 - výška substrátu většinou větší než 300 mm
 - travnaté plochy, keře, stromy a náročnější rostliny
 - umožňuje rekreační a pracovní pobyt na střeše
 - nutná instalace zavlažovacího systému



Obr. 2 – Ilustrativní příklad vegetační střechy s extenzivní zelení⁹

⁸ CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy. Praha: Grada Publishing, 2009., str. 226

⁹ OPTIGREEN. Travnaté střechy: Trávník není louka. *Optigreen.cz* [online]

2.2 Balkóny a terasy

Standardem při projektování nových budov jsou návrhy balkónů a teras (Obr. 3), které jsou využívány pro zpříjemnění moderního bydlení. Jedná se o pochůzná plochy, které slouží k pohybu a pobytu osob. Obdobně jako střešní zahrady spadají i balkony a terasy do tzv. provozních střech.

Konstrukce balkónů a teras se rozděluje na *provozní souvrství* (pochůzná plocha s podkladovými vrstvami) a *souvrství střešního pláště* (nosná konstrukce, spádová vrstva, hydroizolace, terasy jsou navíc doplněny tepelnou izolací a parozábranou). Terasy lze provádět na klasickém souvrství jednoplášťové ploché střechy, na obrácené střeše a na DUO střeše. Balkóny jsou realizovány pouze na nosné konstrukci doplněné o spádovou vrstvu s vodotěsnou izolací.



Obr. 3 – Ilustrativní příklad střešní terasy ¹⁰

¹⁰ FRONTMEDIA.CZ S.R.O. Designy teras, které vás dostanou. Loftmag.cz [online]

3. STABILIZACE VRSTEV JEDNOPLÁŠŤOVÉ PLOCHÉ STŘECHY

Důležitou částí správného návrhu ploché střechy je vyřešení stabilizace jednotlivých vrstev. Návrh stabilizace vychází z potřeby odolání účinkům sání větru, eliminace účinků objemových změn a zabránění posouvání jednotlivých vrstev skladby střechy.

3.1 Návrhové zatížení ploché střechy větrem

Střešní plášť je vystaven negativním účinkům sání větru. Pro zachycení těchto účinků je potřeba správně navrhnout stabilizaci střešního pláště na návrhové hodnoty zatížení větrem. Výpočet zatížení je definován normou ČSN EN 1991-1-4.

Ploché střechy jsou při výpočtu dle ČSN EN 1991-1-4 obvykle děleny do tří oblastí, ve kterých jsou hodnoty účinku větru odlišné (Obr. 4, str. 15; Obr. 6, str. 21):

- **rohová oblast** – největší silové namáhání
- **okrajová oblast** – po obvodu střechy mezi oblastmi rohovými
- **oblast plochy** – zbytek plochy střechy, vymezena vnitřní hranou plochy rohové a okrajové

3.2 Návrh stabilizace

Stabilizaci ploché střechy lze navrhnout na hodnoty zatížení uvedené v tabulce č. 1 za předpokladu:

- střešní plášť není členitý
- výška budovy maximálně 25 m
- budova není vystavena extrémním větrným podmínkám
- výpočtová únosnost kotev minimálně 400 N

Tabulka č. 1 udává hodnoty zatížení ploché střechy od účinku větru dle ČSN EN 1991-1-4 za podmínek:

- půdorys střechy obdélníkový nebo čtvercový
- kategorie terénu II, III, IV

- v okolí řešeného objektu není umístěna výrazně vyšší budova
- sklon okolního terénu nepřesahuje 5%
- tlak vzduchu, který působí na vnitřní povrchy, je nevýznamný

Tab. 1 - hodnoty zatížení ploché střechy od účinků větru podle ČSN EN 1991-1-4¹¹

Větrová oblast	Výška budovy	Vnitřní plocha	Okraj	Roh
	m	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	10	-1,4	-2,3	-2,8
	18	-1,6	-2,6	-3,3
	25	-1,7	-2,8	-3,6
2	10	-1,7	-2,8	-3,5
	18	-2	-3,2	-4
	25	-2,1	-3,5	-4,4
3	10	-2	-3,4	-4,2
	18	-2,3	-3,9	-4,9
	25	-2,6	-4,2	-5,3

3.3 Možnosti stabilizace

Pro stabilizaci vrstev plochých střech se obvykle používají tyto 3 způsoby:

- **kotvení** – mechanické připevnění vrstev střešního pláště k nosné konstrukci nebo ke konstrukci, která je sama o sobě dostatečně hmotná – např. spádový beton
- **lepení** – vrstvy jsou mezi sebou přilepeny
- **přetížení vrchní stabilizační vrstvou** – např. násyp z praného těžkého kameniva, zeminou, dlažbou na podložkách nebo dlažbou do pískového nebo šterkového lože

Pro zachycení účinků větru se může uvažovat pouze jedna z uvedených možností, nejde tedy kombinovat účinek jednotlivých způsobů stabilizace.

Na řešeném objektu Sportovního hotelu v Říčanech jsou navrženy tři typy ploché střechy. Nad 3. NP se nachází vegetační střecha a terasa. Nad 4. NP je plochá střecha s klasickým pořadím vrstev. V následující kapitole je proveden návrh střešních plášťů a jejich stabilizace na účinek sání větru.

¹¹ BOHUSLÁVEK, Petr et al. *KUTNAR – Ploché střechy. Skladby a detaily – červen 2014. Konstrukční, technické a materiálové řešení* [online]., str. 50

4. NÁVRH PLOCHÝCH STŘECH

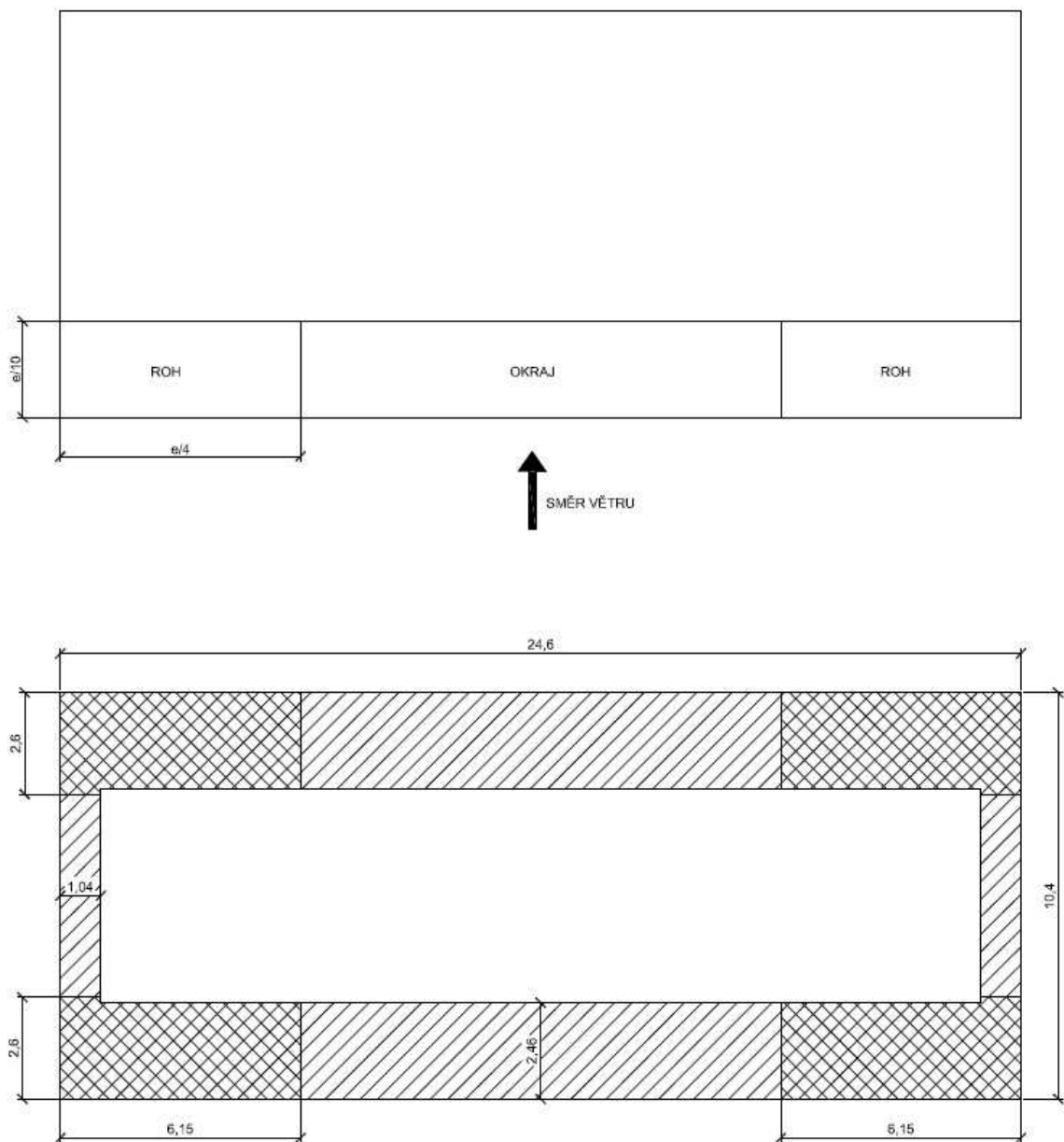
4.1 Střecha s klasickým pořadím vrstev nad 4. NP

4.1.1 Stabilizace střechy

Půdorysné rozměry střechy: 24,6 x 10,4 m, střecha nad 4.NP

Říčany u Prahy: větrná oblast II

Výška objektu: 14,38 m



Obr. 4 – Rozdělení oblastí ploché střechy s klasickým pořadím vrstev

Výpočet velikosti oblastí ploché střechy dle ČSN EN 1991-1-4 pro vítr ve směru kolmém na:

a) kratší půdorysný rozměr

$$b = 10,4 \text{ m}, 2h = 28,76 \text{ m} \rightarrow e = 10,4 \text{ m} \text{ (e – menší z hodnot b nebo 2h)}$$

$$e/4 = 2,6 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,04 \text{ m}$$

b) delší půdorysný rozměr

$$b = 24,6 \text{ m}, 2h = 28,76 \text{ m} \rightarrow e = 24,6 \text{ m}$$

$$e/4 = 6,15 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,46 \text{ m}$$

4.1.1.1 Kotvení

Cílem kotvení je přenést zatížení větrem z plochy povlakové hydroizolace do kotevní konstrukce. Na přenosu zatížení se podílí materiál hydroizolace se správně navrženým typem šroubu a podložky.

Kotevní prvky musí odolávat agresivním a korozním vlivům prostředí a materiálů, se kterými budou trvale v kontaktu. Jejich provedení nesmí poškodit izolaci proti vodě ani jiné materiály, které jsou ve skladbě střechy použity. Počet a typ kotev se navrhuje dle vypočteného zatížení a návrhové únosnosti kotvy. U výrobků DEKTRADE, které jsou ve skladbě pláště použity, se uvažuje laboratorní únosnost 400 N, pokud není jinak uvedeno¹².

Vhodné kotevní prvky jsou voleny podle materiálu a tloušťky vrstvy, do které jsou zakotveny. U této vrstvy se může jednat o ocelový či hliníkový trapézový plech, dřevěné nebo betonové podklady.

Dimenze kotevního prvku

Pro návrh správné délky kotevního šroubu se musí uvažovat s tzv. svěrnou délkou (tloušťka kotveného souvrství), ke které je nutné připočítat minimální délku zakotvení v nosné konstrukci. Pokud je souvrství velké tloušťky, použijí se tzv. teleskopické podložky. Jejich výhodou je použití šroubů menších délek a částečná eliminace tepelného mostu¹³.

¹² BOHUSLÁVEK, Petr et al. *KUTNAR – Ploché střechy. Skladby a detaily – červen 2014. Konstrukční, technické a materiálové řešení* [online]., str. 52

¹³ BOHUSLÁVEK, Petr et al. *KUTNAR – Ploché střechy. Skladby a detaily – červen 2014. Konstrukční, technické a materiálové řešení* [online]., str. 53

Návrh typu a počtu kotev

Jak již bylo zmíněno výše, existuje celá řada kotevních prvků, které se rozdělují podle nosné konstrukce, do které jsou zakotveny. V navržené konstrukci je nosnou vrstvou beton. Z důvodu větší tloušťky střešního pláště bude použit **kotevní šroub GBST s podložkou PIP 40/80 a plastovým teleskopem**.

V tabulce č. 2 jsou uvedeny potřebné počty kotvicích šroubů při návrhové únosnosti kotvy 400 N. Počty šroubů jsou stanoveny na základě zatížení ploché střechy (Tab. 1, str. 14).

Tab. 2 – Návrh počtu kotev¹⁴

Větrová oblast	Výška budovy	Vnitřní plocha	Okraj	Roh
	m	[ks/m ²]	[ks/m ²]	[ks/m ²]
1	10	3,5	6,0	7,0
	18	4,0	6,5	8,5
	25	4,5	7,0	9,0
2	10	4,5	7,0	9,0
	18	5,0	8,0	10,0
	25	5,5	9,0	11,0
3	10	5,0	8,5	10,5
	18	6,0	10,0	12,5
	25	6,5	10,5	13,5

Pro větrovou oblast II a výšku objektu 14,38 m navrhuji **5 ks/m² pro vnitřní plochu, 8 ks/m² pro okraj a 10 ks/m² pro roh**.

4.1.1.2 Lepení

Další variantou stabilizace ploché střechy proti sání větru je lepení jednotlivých vrstev střešních skladeb. K propojení vrstev se používají speciální stavební lepidla.

Základní rozdělení lepidel¹⁵:

- **Lepidla na bázi PU** – lepení za studena, např.: INSTA-STIK, PUK,
PU - ROOFFIX, VEDAPUK
 - v současné době často používaný druh lepidla
 - nanáší se na čistý poklad v pruzích

¹⁴ BOHUSLÁVEK, Petr et al. *KUTNAR – Ploché střechy. Skladby a detaily – červen 2014. Konstrukční, technické a materiálové řešení* [online]., str. 54

¹⁵ WALD, František a Jan PLACHÝ. *Technologie aplikace tepelné izolace ve skladbě jednoplášňových plochých střech*. In: *Konstrukce* [online].

- **Asfalt za horka**, např.: AOSI
 - tato metoda patří k nejlevnějším způsobům lepení
 - nevýhodou jsou vysoké teploty roztaveného asfaltu a s tím spojené nebezpečí vzniku požáru

- **Asfaltová lepidla za studena**, např.: PARASTICK
 - lepení se provádí v pruzích, některá lepidla obsahují zbytky rozpouštědel, které je nutné nechat odvětrat

- **Lepení na THERM pruhy parozábrany**
 - zahřátím vrchních THERM pruhů speciální parozábrany pomocí plamenu hořáku

Dále se budu zabývat pouze typem lepení pomocí polyuretanového lepidla INSTA-STIK, které jsem zvolil v návrhu střechy sporthotelu.

Polyuretanové lepidlo INSTA-STIK

Jedná se o lepidlo světle žluté barvy, které slouží k lepení tepelné izolace i hydroizolace k podkladu.

Pro použití INSTA-TIK jsou kladeny nároky na podklad, kde bude lepidlo aplikováno. Povrch musí být celistvý, suchý a zbaven veškerých nečistot a mastnoty.

Návrh počtu a vzdálenosti pruhů polyuretanového lepidla INSTA-STIK

V konstrukci střechy sporthotelu jsem použil expandovaný polystyren EPS, který bude přilepen lepidlem *INSTA-STIK* k asfaltovému pásu GLASTEK AL 40 MINERAL. Tento je nataven na spádovou vrstvu opatřenou nátěrem DEKPRIMER. Dvě vrstvy EPS jsou mezi sebou propojeny rovněž lepidlem *INSTA-STIK*. Množství lepidla je navrženo na větrovou oblast II a výšku budovy 14,38 m.

V tabulce č. 3 jsou uvedeny potřebné počty pruhů a jejich vzdáleností. Počty pruhů jsou stanoveny na základě zatížení ploché střechy (Tab. 1, str. 14).

Tab. 3 – Spotřeba lepidla INSTA-STIK¹⁶

Větrová oblast	Výška budovy	Vnitřní plocha		Okraj		Roh	
	m	Počet pruhů na [m]	Vzdálenost pruhů lepidla [m]	Počet pruhů na [m]	Vzdálenost pruhů lepidla [m]	Počet pruhů na [m]	Vzdálenost pruhů lepidla [m]
1	10	3,3	0,305	6,6	0,152	6,6	0,152
	18	3,3	0,305	6,6	0,152	6,6	0,152
	25	4,4	0,229	6,6	0,152	6,6	0,152
2	10	3,3	0,305	6,6	0,152	6,6	0,152
	18	3,3	0,305	6,6	0,152	6,6	0,152
	25	4,4	0,229	6,6	0,152	6,9	0,145
3	10	3,3	0,305	6,6	0,152	6,7	0,151
	18	3,8	0,270	6,6	0,152	7,8	0,129
	25	4,4	0,229	6,8	0,149	8,5	0,119

Pro větrovou oblast II a výšku budovy 14,38 m navrhuji **3,3 pruhu/m pro vnitřní plochu, 6,6 pruhu/m pro okraj a 6,6 pruhu/m pro roh.**

4.1.1.3 Zhodnocení a výběr vhodnější varianty

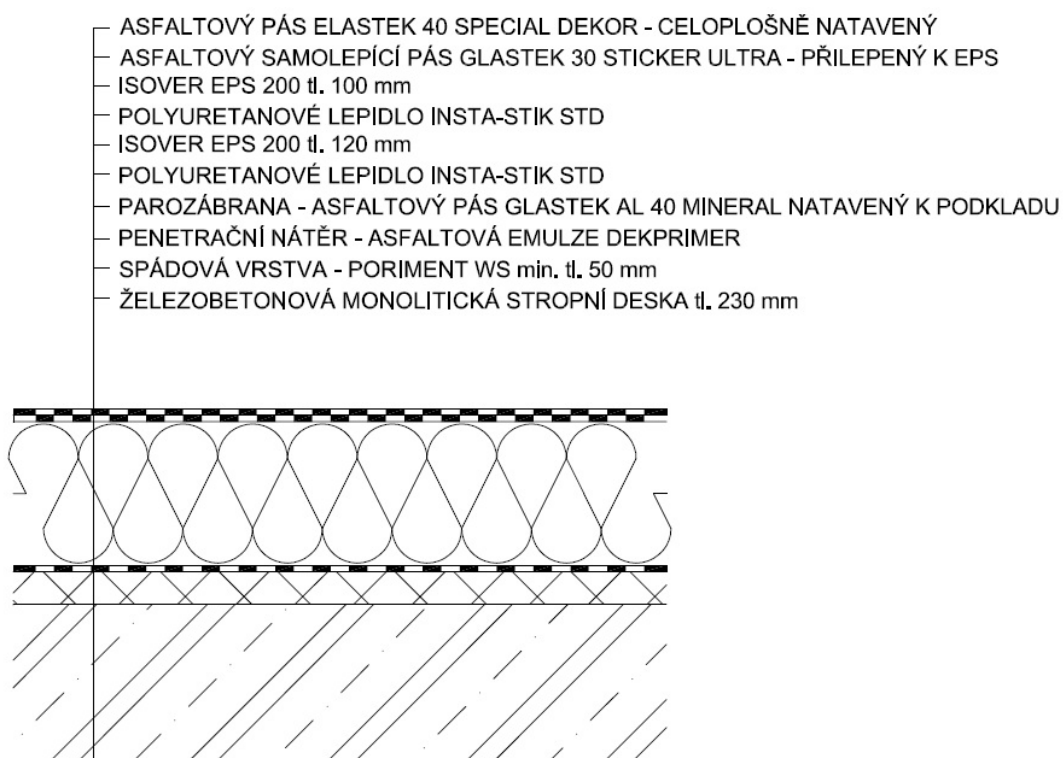
V kapitole 4.1.1.1 a 4.1.1.2 byly provedeny dva různé návrhy stabilizace ploché střechy. V mé konstrukci navrhuji provedení pomocí lepidla *INSTA-STIK* popsané v kapitole 4.1.1.2. K tomuto řešení se přikláním z důvodu celistvosti parozábrany a tím k menšímu riziku poškození střechy vlivem vnikající vlhkosti do střešního pláště. Dále odpadá vznik tepelných mostů, které jsou tvořeny mechanickými kotvami. Při provádění je nutné dodržet technologickou kázeň, aby došlo ke správnému propojení jednotlivých vrstev a střešní plášť byl stabilní vůči účinkům sání větru.

¹⁶ BOHUSLÁVEK, Petr et al. *KUTNAR – Ploché střechy. Skladby a detaily – červen 2014. Konstrukční, technické a materiálové řešení* [online]., str. 57

4.1.2 Návrh skladby

Z načerpaných poznatků o plochých střechách jsem se rozhodl tuto střechu navrhnout jako střechu s klasickým pořadím vrstev. Tento typ jednoplášťových střech je v dnešní době nejrozšířenější. V kapitole 4.1.1.3 jsem zvolil jako stabilizaci proti účinkům sání větru metodu lepením. Spád střechy je tvořen cementovou pěnou PORIMENT WS.

Skladba ploché střechy s klasickým pořadím vrstev – S3:



Obr. 5 – Plochá střecha s klasickým pořadím vrstev

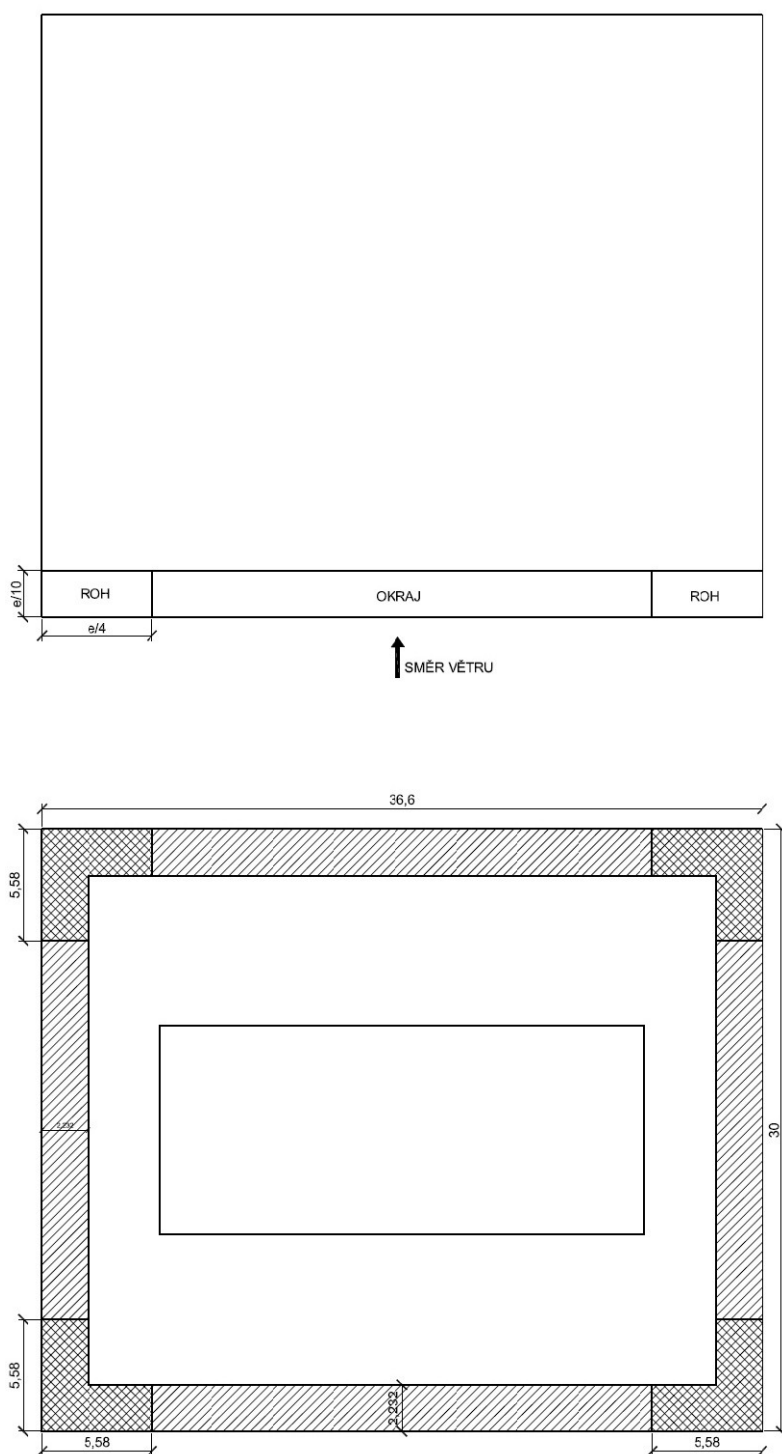
4.2 Vegetační střecha a terasa

4.2.1 Stabilizace střechy

Půdorysné rozměry střechy: 36,6 x 30 m, střecha nad 3.NP

Říčany u Prahy: větrná oblast II

Výška objektu: 11,160 m



Obr. 6 - Rozdělení oblastí vegetační ploché střechy a terasy

Výpočet velikosti oblastí ploché střechy dle ČSN EN 1991-1-4 pro vítr ve směru kolmém na:

a) kratší půdorysný rozměr

$$b = 30 \text{ m}, 2h = 22,32 \text{ m} \rightarrow e = 22,32 \text{ m} \text{ (e – menší z hodnot b nebo 2h)}$$

$$e/4 = 5,58 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,232 \text{ m}$$

b) delší půdorysný rozměr

$$b = 36,6 \text{ m}, 2h = 22,32 \text{ m} \rightarrow e = 22,32 \text{ m}$$

$$e/4 = 5,58 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,232 \text{ m}$$

U těchto variant střech se zaměřím pouze na návrh stabilizace pomocí lepení lepidlem INSTA-STIK.

4.2.1.1 Lepení

Návrh počtu a vzdálenosti pruhů polyuretanového lepidla INSTA-STIK

Návrh lepení pomocí lepidla INSTA-STIK pro terasu a vegetační střechu je shodný s návrhem v kapitole 4.1.1.2. V konstrukci terasy i vegetační střechy sporthotelu navrhuji přilepení EPS lepidlem **INSTA-STIK** k asfaltovému pásu GLASTEK AL 40 MINERAL, který je nataven na spádovou vrstvu opatřenou nátěrem DEKPRIMER. Dvě vrstvy EPS jsou mezi sebou propojeny rovněž lepidlem **INSTA-STIK**. Lepidlo je navrženo na větrovou oblast II a výšku budovy 11,16 m (Tab. 3, str. 19).

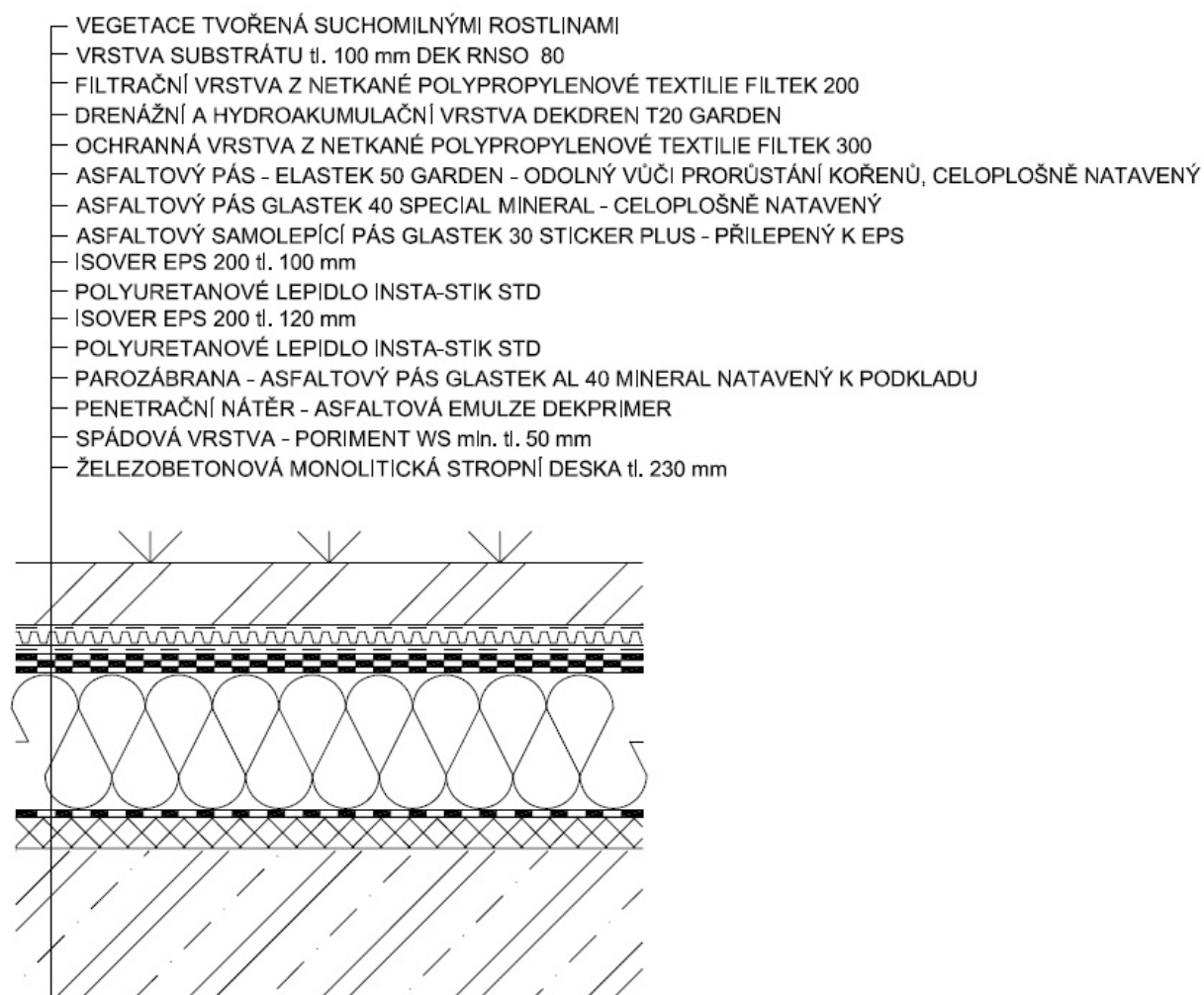
Navrhuji **3,3 pruhu/m pro vnitřní plochu, 6,6 pruhu/m pro okraj a 6,6 pruhu/m pro roh.**

4.2.2 Návrh skladby

4.2.2.1 Vegetační střecha

Návrh střešní zahrady je proveden na klasické jednoplášťové střeše, která je doplněna o vegetační souvrství s extenzivní zelení. Pod vegetačním souvrstvím se nachází speciální asfaltový pás ELASTEK 50 GARDEN, který je odolný vůči prorůstání kořenů a zajišťuje tak dlouhodobou životnost střešní konstrukce. V kapitole 4.2.1.1 jsem navrhl stabilizaci proti účinkům sání větru lepením. Spád střechy je tvořen cementovou pěnou PORIMENT WS.

Skladba ploché vegetační střechy – S2:



Obr. 7 – Vegetační plochá střecha

4.2.2.2 Terasa

Návrh skladby střešního pláště terasy je obdobný jako návrh střechy s klasickým pořadím vrstev v kapitole 4.1.2, je pouze navíc doplněn o pochozí vrstvu tvořenou dřevoplastovou dlažbou na rektifikačních terčích. Z důvodu lehké dřevoplastové dlažby jsem v kapitole 4.2.1.1 navrhl stabilizaci proti účinkům sání větru lepením. Spád střechy je tvořen cementovou pěnou PORIMENT WS.

Skladba terasy – S1:



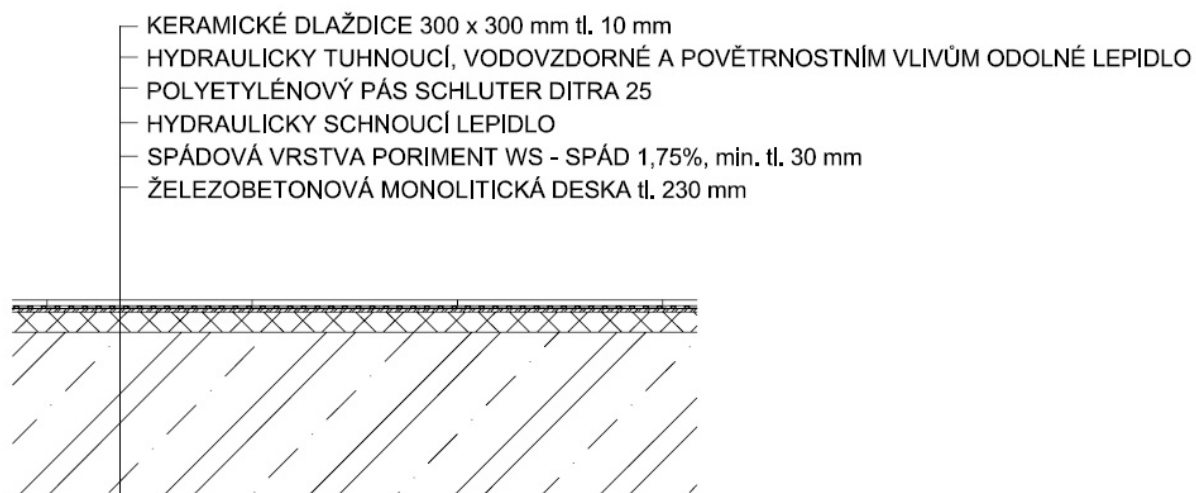
Obr. 8 – Střešní terasa

4.3 Balkón

4.3.1 Návrh skladby

Skladba konstrukce balkónu je navržena bez tepelné izolace. Nosná konstrukce balkónu je napojena na stropní konstrukci pomocí speciálního prvku Shöck Isokorb DXT, který zabraňuje vzniku tepelného mostu. Na volné hraně balkónu je skladba ukončena pomocí ukončovacího profilu s okapničkou Schlüter-BARA-RAK. Spád balkónu je tvořen cementovou pěnou PORIMENT WS.

Skladba balkónu – S4:



Obr. 9 - Balkón

5. TEPELNĚ TECHNICKÝ VÝPOČET NAVRŽENÝCH SKLADEB

Správně navržená konstrukce zateplené střechy musí splňovat požadavky na tepelnou ochranu a tepelně technické vlastnosti, požární odolnost, odvádění srážkové vody, ochranu před hlukem a zajištění proti účinkům větru. V této kapitole se zaměřím na tepelnou ochranu a tepelně technické vlastnosti navržených skladeb plochých střech.

Střešní plášť je nutné navrhnout tak, aby alespoň dosáhl požadované hodnoty prostupu tepla z hlediska jeho správné funkce. Tato hodnota je pro návrh střechy limitní. Při návrhu je však optimální dosáhnout hodnoty pod úrovní hodnoty doporučené¹⁷. Hodnota součinitele prostupu tepla musí být vypočítána podle normy ČSN EN ISO 6946 a vlhkostní chování dle normy ČSN EN ISO 13788.

Vlhkostní bilance

Návrh celé skladby je nutné provést tak, aby splňoval požadavky na bilanci vlhkosti. Tento požadavek je velice důležitý, neboť vlhkost v konstrukci snižuje její životnost a tepelně izolační vlastnosti. Vlhkost se zpravidla do konstrukce střechy dostává z vytápěného interiéru. V normě ČSN 730540-2 jsou uvedeny maximální možné hodnoty úhrnné roční zkondenzované vlhkosti. Z konstrukce střechy se musí vždy odpařit více vody, než kolik v ní zkondenzuje, tj. bilance musí být aktivní¹⁸. Vlhkostní bilanci je vždy nutné posoudit dle ČSN EN ISO 13788 nebo ČSN 730540-4. Posouzení se provádí výpočtem. Aby střecha mohla plnit svoji správnou funkci, musí být na její vnitřní straně navržena vhodná parozábrana.

¹⁷ KNAUF INSULATION. *Ploché střechy. Informace pro navrhování a realizaci zateplených plochých střech* [online]., str.8

¹⁸ KNAUF INSULATION. *Ploché střechy. Informace pro navrhování a realizaci zateplených plochých střech* [online]., str.8

5.1 Tepelně technický výpočet střechy s klasickým pořadím vrstev – S3 a terasy – S1

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2014 EDU

Název úlohy : **Plochá s klasickým pořadím vrstev a terasa**
 Zpracovatel : Václav Hostačný
 Zakázka : Diplomová práce
 Datum : 3.12.2016

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Železobeton 2	0,2300	1,5800	1020,0	2400,0	29,0	0.0000
2	Poriment 1	0,0500	0,1020	840,0	420,0	15,0	0.0000
3	Bitagit AL+V60	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	420000,0	0.0000
4	Isover EPS 200	0,2200	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000
5	Elastodek 40 S	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
6	Elastodek 40 S	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	50000,0	0.0000

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

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Železobeton 2	---
2	Poriment 1	---
3	Bitagit AL+V60 40 Mineral	---
4	Isover EPS 200S	---
5	Elastodek 40 Special Mineral	---
6	Elastodek 40 Special Dekor šedý	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	20.6	55.1	1336.3	-4.4	81.2	342.9
2	28	20.6	57.3	1389.6	-2.9	80.8	387.4

3	31	20.6	58.8	1426.0	1.0	79.5	521.8
4	30	20.6	60.7	1472.1	5.7	77.5	709.4
5	31	20.6	64.9	1573.9	10.7	74.5	958.1
6	30	20.6	68.7	1666.1	13.9	72.0	1142.9
7	31	20.6	70.8	1717.0	15.5	70.4	1239.1
8	31	20.6	70.1	1700.0	15.0	70.9	1208.4
9	30	20.6	65.6	1590.9	11.3	74.1	991.8
10	31	20.6	61.0	1479.4	6.3	77.1	735.7
11	30	20.6	58.8	1426.0	0.9	79.5	518.1
12	31	20.6	57.7	1399.3	-2.6	80.7	396.8

Poznámka: T_{ai} , R_{Hi} a P_i jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a T_e , R_{He} a P_e jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Průměrná měsíční venkovní teplota T_e byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 °C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střešou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Teplotní odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplotní odpor konstrukce R : 6.233 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.157 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce $U_{k,c}$: 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou příbžnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.0E+0013 m²s

Teplotní útlum konstrukce N_y^* podle EN ISO 13786 : 687.8
 Fázeový posun teplotního kmitu Ps_i^* podle EN ISO 13786 : 13.5 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19.31 °C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.962

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		$T_{si}[C]$	f_{Rsi}	$RH_{si}[%]$
$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$				
1	14.7	0.763	11.3	0.627	19.6	0.962	58.5
2	15.3	0.774	11.9	0.628	19.7	0.962	60.6
3	15.7	0.750	12.3	0.574	19.8	0.962	61.6
4	16.2	0.704	12.7	0.473	20.0	0.962	62.9
5	17.2	0.662	13.8	0.310	20.2	0.962	66.4
6	18.2	0.635	14.6	0.112	20.3	0.962	69.8
7	18.6	0.614	15.1	-----	20.4	0.962	71.7
8	18.5	0.620	15.0	-----	20.4	0.962	71.0
9	17.4	0.658	13.9	0.283	20.2	0.962	67.1
10	16.3	0.697	12.8	0.456	20.1	0.962	63.1
11	15.7	0.751	12.3	0.577	19.8	0.962	61.6
12	15.4	0.776	12.0	0.628	19.7	0.962	61.0

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	20.1	19.5	17.2	17.1	-12.6	-12.7	-12.8
p [Pa]:	1334	1330	1330	360	351	282	166
p,sat [Pa]:	2357	2261	1963	1952	205	203	201

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.5040	0.5040	1.087E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0003 kg/(m2.rok)**
Množství vypařené vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **0.0059 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 5.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Akt.kond./vypař. M_c [kg/m2s]	Akumul.vlhkost M_a [kg/m2]
11	0.5040	0.5040	4.26E-0014	0.0000
12	0.5040	0.5040	3.96E-0011	0.0001
1	0.5040	0.5040	5.05E-0011	0.0002
2	0.5040	0.5040	4.18E-0011	0.0003
3	0.5040	0.5040	-1.12E-0012	0.0003
4	0.5040	0.5040	-7.09E-0011	0.0002
5	---	---	-1.78E-0010	0.0000
6	---	---	---	---
7	---	---	---	---
8	---	---	---	---
9	---	---	---	---
10	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0003 kg/m2**
Množství vypařené vodní páry za rok $M_{ev,a}$ je minimální: **0.0003 kg/m2**

Na konci modelového roku je zóna suchá (tj. $M_{c,a} < M_{ev,a}$).

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2014 EDU

5.2 Tepelně technický výpočet vegetační střechy – S2

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2014 EDU

Název úlohy : **Vegetační střecha**

Zpracovatel : Václav Hostačný

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 3.12.2016

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Železobeton 2	0,2300	1,5800	1020,0	2400,0	29,0	0.0000
2	Poriment 1	0,0500	0,1020	840,0	420,0	15,0	0.0000
3	Bitagit AL+V60	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	420000,0	0.0000
4	Isover EPS 200	0,2200	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000
5	Elastodek 40 S	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
6	Elastodek 40 S	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
7	Elastodek 50 S	0,0050	0,2100	1470,0	1200,0	50000,0	0.0000

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

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Železobeton 2	---
2	Poriment 1	---
3	Bitagit AL+V60 40 Mineral	---
4	Isover EPS 200S	---
5	Elastodek 40 Special Mineral	---
6	Elastodek 40 Special Mineral	---
7	Elastodek 50 Special Dekor šedý	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
-------	-------------	---------	---------	---------	--------	---------	---------

1	31	20.6	55.1	1336.3	-4.4	81.2	342.9
2	28	20.6	57.3	1389.6	-2.9	80.8	387.4
3	31	20.6	58.8	1426.0	1.0	79.5	521.8
4	30	20.6	60.7	1472.1	5.7	77.5	709.4
5	31	20.6	64.9	1573.9	10.7	74.5	958.1
6	30	20.6	68.7	1666.1	13.9	72.0	1142.9
7	31	20.6	70.8	1717.0	15.5	70.4	1239.1
8	31	20.6	70.1	1700.0	15.0	70.9	1208.4
9	30	20.6	65.6	1590.9	11.3	74.1	991.8
10	31	20.6	61.0	1479.4	6.3	77.1	735.7
11	30	20.6	58.8	1426.0	0.9	79.5	518.1
12	31	20.6	57.7	1399.3	-2.6	80.7	396.8

Poznámka: T_{si} , RH a PI jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a časový tlak vodní páry) a T_e , RH_e a P_e jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a časový tlak vodní páry).

Průměrná měsíční venkovní teplota T_e byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 °C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střechou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.251 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.156 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumuláční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 1.1E+0013 m²/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 694.4

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 13.8 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.32 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.962

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		T _{si} [°C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si,m} [°C]	f _{Rsi,m}	T _{si,m} [°C]	f _{Rsi,m}			
1	14.7	0.763	11.3	0.627	19.6	0.962	58.5
2	15.3	0.774	11.9	0.628	19.7	0.962	60.6
3	15.7	0.750	12.3	0.574	19.9	0.962	61.6
4	16.2	0.704	12.7	0.473	20.0	0.962	62.9
5	17.2	0.662	13.8	0.310	20.2	0.962	66.4
6	18.2	0.635	14.6	0.112	20.3	0.962	69.8
7	18.6	0.614	15.1	-----	20.4	0.962	71.7
8	18.5	0.620	15.0	-----	20.4	0.962	71.0
9	17.4	0.658	13.9	0.283	20.2	0.962	67.1
10	16.3	0.697	12.8	0.456	20.1	0.962	63.1
11	15.7	0.751	12.3	0.577	19.8	0.962	61.6
12	15.4	0.776	12.0	0.628	19.7	0.962	61.0

Poznámka: RH_i je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_i je vnitřní povrchová teplota a L_{Ri} je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	20.1	19.5	17.2	17.1	-12.5	-12.6	-12.7	-12.8
p [Pa]:	1334	1330	1330	435	427	363	299	166
p,sat [Pa]:	2357	2262	1965	1954	207	205	203	201

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny [m]		Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
	levá	pravá	
1	0.5040	0.5040	1.159E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: **0.0005 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a: **0.0040 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 5.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kondenzační zóny [m]		Akt.kond./vypař. Mc [kg/m2s]	Akumul.vlhkost Ma [kg/m2]
	levá	pravá		
11	0.5040	0.5040	2.96E-0011	0.0001
12	0.5040	0.5040	6.08E-0011	0.0002
1	0.5040	0.5040	6.83E-0011	0.0004
2	0.5040	0.5040	6.23E-0011	0.0006
3	0.5040	0.5040	2.86E-0011	0.0006
4	0.5040	0.5040	-2.56E-0011	0.0006
5	0.5040	0.5040	-1.06E-0010	0.0003
6	---	---	-1.77E-0010	0.0000
7	---	---	---	---
8	---	---	---	---
9	---	---	---	---
10	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: **0.0006 kg/m2**

Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a je minimálně: **0.0006 kg/m2**

Na konci modelového roku je zóna suchá (tj. Mc,a < Mev,a).

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převážující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2014 EDU

6. POSOUZENÍ NAVRŽENÝCH STŘECH

Pro správnou funkci střechy je důležité, aby její návrh splňoval kritéria stanovené normou. Jak již bylo rozebráno v předchozí kapitole jedná se o požadavky na tepelnou ochranu a tepelně technické vlastnosti, požární odolnost a ochranu před hlukem. Dalším důležitým faktorem je stabilita střešního pláště proti účinkům sání větru a zajištění odvodu srážkové vody.

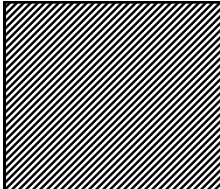
V této práci jsem se zaměřil na návrh a posouzení skladby střešní konstrukce z hlediska šíření tepla a vodní páry a stabilizaci střešního pláště.

6.1 Posouzení stabilizace střešního pláště

Jelikož projektovaný objekt splňuje podmínky a požadavky pro užití tabulky č.1 (str. 14), je stabilizace střech navržena na hodnoty zatížení od účinku větru uvedené v této tabulce. Jako stabilizace střešních pláštů byla zvolena metoda lepením pomocí lepidla INSTA-STIK.

Posouzení stabilizace navrhovaných konstrukcí:

Tab. 4 – Posouzení návrhu počtu pruhů lepidla INSTA-STIK

	Větrová oblast	Výška budovy	Vnitřní plocha	Okraj	Roh
		m	Počet pruhů lepidla na (m)	Počet pruhů lepidla na (m)	Počet pruhů lepidla na (m)
POŽADAVEK	II	$10 < x \leq 18$	3,3	6,6	6,6
NÁVRH		14,38	3,3	6,6	6,6

Počet pruhů lepidla INSTA-STIK je navržen na minimální požadovanou hodnotu počtu pruhů/m. Velikost vnitřních ploch, okrajů a rohů je patrná ze schématu (Obr. 4, str. 15) pro plochu střechu s klasickým pořadím vrstev nad 4.NP a ze schématu (Obr. 6, str. 21) pro střechu vegetační a terasu nad 3.NP.

6.2 Posouzení konstrukcí z hlediska šíření tepla a vodní páry

6.2.1 Posouzení šíření tepla konstrukcí

Norma ČSN 730540-2 udává požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro stavební konstrukce. U budov, které mají návrhovou vnitřní teplotu mezi 18 – 22°C, platí pro ploché střechy požadované hodnoty $U_{n,20} = 0,24$ [W/(m².K)] a doporučené hodnoty $U_{rec,20} = 0,16$ [W/(m².K)]¹⁹. Optimální návrh je pod úrovní hodnoty doporučené.

Posouzení součinitele prostupu tepla plochých střech:

Tab. 5 – Posouzení součinitele prostupu tepla plochých střech

Typ střechy	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
	Požadované hodnoty $U_{n,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Hodnota U navržené skladby
S klasickým pořadím vrstev a terasa	0,24	0,16	0,157
Vegetační			0,156

Navržené skladby mají hodnoty součinitele prostupu tepla pod hranicí doporučené hodnoty $U_{rec,20}$, skladby jsou z hlediska šíření tepla vyhovující.

6.2.2 Posouzení šíření vodní páry konstrukcí

Dle normy ČSN 730540-2 je u střech kondenzace vodní páry uvnitř skladby přípustná, jestliže platí podmínky:

- Požadovaná funkce konstrukce není ohrožena zkondenzovanou vodní párou
- Pro roční bilanci vodní páry platí:

$$M_{c,a} < M_{ev,a}$$

$M_{c,a}$ – množství zkondenzované vodní páry za rok v kg/(m².rok)

$M_{ev,a}$ – množství vypařitelné vodní páry za rok v kg/(m².rok)

- Pro roční bilanci vodní páry platí:

$$M_{c,a} \leq M_{c,a,N}$$

¹⁹ KNAUF INSULATION. *Ploché střechy. Informace pro navrhování a realizaci zateplených plochých střech* [online]., str. 8

$M_{c,a,N}$ – pro jednoplášťovou střechu jde o nižší z hodnot 0,1 kg/(m².rok) nebo 3% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci

Další krok posouzení je výpočet roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry provedený dle ČSN EN ISO 13788. Výpočet se provádí bilančním postupem s měsíčním krokem. Rozdíl výpočtu je v tom, že norma ČSN 730540-4 udává pouze dvě hodnoty, které časově proměnné chování konstrukce shrnují (roční množství zkondenzované vodní páry a roční množství odpařitelné vodní páry).

Podmínka spolehlivosti roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry dle ČSN EN ISO 13788:

$$M_{c,a} < M_{ev,a}$$

$M_{c,a}$ – maximální množství zkondenzované vodní páry za rok v kg/m²

$M_{ev,a}$ – minimální množství vypařitelné vodní páry za rok v kg/m²

Posouzení skladeb konstrukcí z hlediska šíření vodní páry konstrukcí:

Tab. 6 – Posouzení šíření vodní páry skladbami plochých střech

Typ střechy	Šíření vodní páry		
	ČSN 730540		ČSN EN ISO 13788
	roční bilance vodní páry $M_{c,a} < M_{ev,a}$	roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} \leq M_{c,a,N}$ ($M_{c,a,N} = 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$)	bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry $M_{c,a} < M_{ev,a}$
S klasickým pořadím vrstev a terasa	0,0003 < 0,0059	0,0003 < 0,1	0,0003 < 0,0003
Vegetační	0,0005 < 0,0040	0,0005 < 0,1	0,0006 < 0,0006

Navržené skladby vyhovují z hlediska šíření vodní páry konstrukcí. Ve střešních pláštích dochází ke kondenzaci vodní páry, ale na konci modelového roku je zóna suchá.

ZÁVĚR

V této práci jsem se zabýval plochými jednoplášťovými střechami. Mým cílem, který jsem si na začátku této práce stanovil, bylo navrhnout vhodné skladby střech a jejich posouzení a vyhodnocení z hlediska stability proti sání větru a tepelně technických vlastností. Správný návrh střešní konstrukce je velmi důležitý z hlediska životnosti celé konstrukce stavby a neměl by se nijak podcenit. Na objektu jsem navrhnul jednoplášťovou plochou střechu s klasickým pořadím vrstev, střechu vegetační a pochozí terasu. Stabilizace střech je navržena lepením pomocí polyuretanového lepidla. Tepelně technické posouzení vyhovuje požadavkům norem a z tohoto hlediska si myslím, že jsem vytyčený cíl práce splnil.

Zpracování této práce pro mě bylo velkým přínosem. Umožnilo mi podrobněji porozumět problematice plochých střech a seznámit se s různým variantním řešením střešní konstrukce. Nastudováním tohoto problému jsem si uvědomil, jak je důležité se pečlivě věnovat vhodné skladbě konstrukce střechy již v samotném počátku návrhu stavby. Každá takováto práce je podle mého názoru přínosná, protože zpracovatel získá spoustu nových informací a znalostí v oblasti stavebního průmyslu a umožňuje mu na projektované budovy nahlížet úplně jiným způsobem.

Přílohy: Detail atika vegetační střechy D.1.1.2.10 a Detail ukončení balkonu D.1.1.2.13
viz projektová dokumentace Sporthotelu v Říčanech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

KNIŽNÍ ZDROJE:

- CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy. Praha: Grada Publishing, 2009.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

- BOHUSLÁVEK, Petr et al. *KUTNAR – Ploché střechy. Skladby a detaily – červen 2014. Konstrukční, technické a materiálové řešení* [online]. DEK a.s., © 2014 [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/publikace/PROJEKCNI-PRIRUCKY/ploche-strechy-2014-06.pdf
- BOHUSLÁVEK, P., V. HORSKÝ a Š. JAKOUBKOVÁ. *Vegetační střechy a střešní zahrady. Skladby a detaily – únor 2009. Konstrukční, technické a materiálové řešení* [online]. DEKTRADE a.s., © 2009 [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/publikace/PROJEKCNI-PRIRUCKY/vegetacni-strechy-2009-02.pdf
- FRONTMEDIA.CZ S.R.O. Designy teras, které vás dostanou. *Loftmag.cz* [online]. [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.loftmag.cz/dum-a-zahrada/designy-teras-ktere-vas-dostanou/>
- HANZALOVÁ, Lenka. Ploché střechy – přehled konstrukčních variant (definice, terminologie). In: *tzb-info* [online]. 9.1.2006 [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2985-ploche-strechy-prehled-konstrukcnich-variant-definice-terminologie>
- CHALOUPKA, Aleš. Plochá střecha na panelovém domě. *Rovnestrechy.cz* [online]. [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.rovnestrechy.cz/reference-ukazka-panelove-domy4.php>
- KNAUF INSULATION. *Ploché střechy. Informace pro navrhování a realizaci zateplených plochých střech* [online]. Knauf Insulation, © 2016 [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/sites/cz.knaufinsulation.net/files/prospekt/Ploche-strechy.pdf>

- OPTIGREEN. Travnaté střechy: Trávník není louka. *Optigreen.cz* [online]. [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.optigreen.cz/News/3.html>
- WALD, František a Jan PLACHÝ. Technologie aplikace tepelné izolace ve skladbě jednoplášňových plochých střech. In: *Konstrukce* [online]. 16.5.2012 [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/technologie-aplikace-tepelne-izolace-ve-skladbe-jednoplastrovych-plochych-strech/>

CITOVANÉ NORMY:

- ČSN P 73 0600. *Hydroizolace staveb – Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN 73 1901. *Navrhování střech – Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- ČSN EN ISO 13788. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce – Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.