

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická dřevařská  
Katedra základního zpracování dřeva

**OSAZENÍ OKNA VE STĚNĚ PASIVNÍ  
DŘEVOSTAVBY**

Diplomová práce

Autor: Bc. Tomáš Rot  
Vedoucí práce: Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

2018

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Osazení okna ve stěně pasivní dřevostavby vypracoval samostatně pod vedením Ing. Kamila Trgaly Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V ..... dne .....

.....

Bc. Tomáš Rot

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat celému kolektivu firmy ELK s.r.o., díky níž jsem měl přístup k informacím v tomto oboru, panu Dipl.-Ing. J. Waßermannovi, který mi poskytl informace z firmy Inthermo, panu Ing. Kamilu Trgalovi, Ph.D. za poskytnutí vhodných podkladu a skvělý přístup při vedení mé práce a v konečné fázi i paní. Ing. Kateřině Mertenové, Ph.D. a panu Ing. Sedlákovi, Ph.D za odborné konzultace.

## **Abstrakt**

Tato práce řeší správné zabudování okna do stěny pasivní dřevostavby a jejím výsledkem je vytvořený detail, který reflektuje poznatky o správném umístění okna v rámci tloušťky stěny stanovené modelováním a výpočtem a zároveň ukazuje řešení využitelné v praxi. Podkladem pro tuto práci jsou časté případy vniku vody do oblasti pod parapetem a důsledky ve smyslu znehodnocení nosné konstrukce, kterým je nutné předcházet. V práci jsou zohledněny normové požadavky na zabudování oken a popsány často používané materiály. Ve výsledném detailu je zakreslen návrh provedení druhé izolační roviny pod parapetem, která řeší problém zatékání vody ke konstrukci. Zároveň je v něm schematicky vyznačen průběh komprimačních pásek, které zajišťují těsnost napojení a možnost dilatace v oblasti napojení okenního rámu na omítku. Tento detail je podrobně popsán v práci a to podle posloupnosti jeho reálné možnosti tvorby.

## **Klíčová slova**

Pasivní dům, zabudování oken, šetření energie

## **Abstarct**

This thesis solves the correct installation of the window into the wall of a passive wooden building and its result is a detail that reflects the knowledge of the correct positioning of the window within the wall thickness determined by the modeling and calculation. The detail that is the attachment of this thesis shows also the solution usable in practice. The basis for this work are frequent cases of water penetration into the area under the windowsill and consequences in terms of degradation of the supporting structure, which must be prevented. The thesis takes into standard requirements for installing windows and describes the frequently used materials. In the final detail, the design of the second insulating layer under the windowsill is drawn, which solves the problem of water leakage to the structure. Corcurrently, there is a schematic diagram of the running of the compression straps which ensure the tightness of the connection and the possibility of expansion in the area of the connection of the window frame to the plaster. The process of installation this issue is described in detail, according to the sequence of its real possibilities of creation.

## **Keywords**

the passive house, the installation of the Windows, energy saving

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tomáš Rot, DiS.

Dřevařské inženýrství

Název práce

**Osazení okna ve stěně pasivní dřevostavby**

Název anglicky

**Window wall mounting in wooden structure – passive house**

---

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je podrobněji proniknout do problematiky správného osazení oken do energeticky pasivních dřevostaveb a poukázání na hlavní příčiny poškození oken vlivem špatného návrhu nebo zabudování. Výsledkem je vytvoření detailu zabudování okna, který bude posouzen z hlediska umístění okna v rámci tloušťky stěny a vyobrazen se správným řešením, aby nebyla možnost vniku vody ke konstrukci.

### Metodika

- vlastnosti obvodových konstrukcí pasivních staveb
- rozbor zabudování oken do konstrukce obvodové stěny
- materiály dostupné v současné době na trhu a požadavky na ně
- princip výpočtu lineárního součinitele prostupu tepla
- návrh a optimalizace detailu osazení okna
- výkresová dokumentace optimalizovaného detailu

## **Doporučený rozsah práce**

50 stran textu plus přílohy

## **Klíčová slova**

Pasivní dům, zabudování oken

---

## **Doporučené zdroje informací**

Conventions for Calculating Linear Thermal Transmittance and Temperature Factors BRE- 497

ČSN 74 6077, Okna a vnější dveře – Požadavky na zabudování

KOLB, J. – KOŽELOUH, B. Dřevostavby : systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha: Grada, 2011.

ISBN 978-80-247-4071-3

Richtlinie Fensterbank für deren Einbau in WDVS;

[https://www.dataholz.eu/fileadmin//dataholz/media/HFA\\_richtlinie\\_fensterbank\\_3Auf\\_20150801.pdf](https://www.dataholz.eu/fileadmin//dataholz/media/HFA_richtlinie_fensterbank_3Auf_20150801.pdf)

ŠUBRT, R., Okna a dveře, Způsoby osazení a kotvení;

<http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/291-zpusob-osazeni-a-kotveni>

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – FLD

## **Vedoucí práce**

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Elektronicky schváleno dne 28. 2. 2018

**Ing. Kamil Trgala, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2018

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2018

## Obsah

Seznam zkratk .....	9
Seznam tabulek .....	10
Seznam obrázků .....	11
Seznam grafů .....	12
Úvod.....	13
Cíle práce .....	14
1. Co je energeticky pasivní dům – požadavky a vývoj .....	15
1.1 Požadavky na pasivní domy.....	16
1.2 Požadavky na konstrukce pasivního domu .....	16
2. Zabudování oken – vlivy, působící na okno a požadavky na materiály použité pro zabudování a materiály dostupné na trhu .....	20
2.1 Obecné zásady návrhu přípojovací spáry <sup>(1)</sup> .....	20
2.2 Vlivy působící na okno .....	21
2.3 Požadavky na použité materiály.....	22
2.4 Materiály dostupné v současné době na trhu .....	25
2.4.1 Izolační materiály .....	25
2.4.2 Kotvící prvky .....	29
3. Možné následky chybného zabudování výplní otvorů .....	32
4. Nejčastěji chybně provedené detaily, jejich následky a doporučená řešení .....	39
5. Správné umístění okna ve stěně.....	45
5.1 Metodika určení ideální polohy okna.....	45
5.2 Výsledky modelování s vypočtenými hodnotami lineárního činitele prostupu tepla	50

6. Návrh optimálního osazení okna a postup pro jeho provedení.....	56
7. Diskuze .....	62
8. Závěr .....	64
Seznam použité literatury .....	65
Seznam příloh .....	65
Citované dokumenty .....	66



## Seznam zkratek

W – Watt

kWh- kilowatthodina

m<sup>2</sup> – metr čtvereční (prostor o velikosti 1 metr x 1 metr)

a – rok

K- Kelvin

Pa- Pascal (jednotka tlaku)

U – součinitel prostupu tepla [W/(m<sup>2</sup>K)]

λ- součinitel tepelné vodivosti [W/(m\*K)]

Ψ- lineární činitel prostupu tepla [W/(m\*K)]

ČSN – česká státní norma

ÚNMZ – úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

CPD – Centrum pasivního domu

UV- ultrafialové

## Seznam tabulek

Tab. 1 Hodnoty součinitele prostupu tepla vybraných konstrukcí .....	17
Tab. 2- Hodnoty součinitele tepelné vodivosti použitých materiálů .....	46
Tab. 3- Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla- vodorovný řez.....	51
Tab. 4 - Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla- svislý řez.....	52

## Seznam obrázků

Obr. 1 - Vlivy působící na okno <sup>(9)</sup> .....	22
Obr. 2 - Správné použití lepicích pásek a provedení přípojovací spáry <sup>(3)</sup> .....	24
Obr. 3- Aerogel <sup>(10)</sup> .....	26
Obr. 4 Vakuový panel <sup>(2)</sup> .....	27
Obr. 5 Komprimační páska Illbruck <sup>(5)</sup> .....	28
Obr. 6 Pásková kotva <sup>(12)</sup> .....	29
Obr. 7 Okenní šroub (turbošroub) <sup>(13)</sup> .....	30
Obr. 8 Compacfoam <sup>(10)</sup> .....	30
Obr. 9 Kompozitní profil <sup>(14)</sup> .....	31
Obr. 10- chybně zvolená tloušťka komprimační pásky <sup>(5)</sup> .....	33
Obr. 11- Vzniklé skvrny na omítce vlivem výtoku vody <sup>(5)</sup> .....	34
Obr. 12- Olupování omítky v místě koncovky parapetu <sup>(5)</sup> .....	34
Obr. 13 Prasklina v napojení fasády na parapet <sup>(5)</sup> .....	35
Obr. 14 - Vzniklá hniloba v konstrukci pod parapetem <sup>(5)</sup> .....	36
Obr. 15- Vzniklá hniloba konstrukce pod parapetem <sup>(5)</sup> .....	37
Obr. 16- Vystupující pruh fasády v oblasti tepelné izolace ostění <sup>(6)</sup> .....	38
Obr. 17- "Gewerkeloch" <sup>(4)</sup> .....	39
Obr. 18- Schéma linie těsnění <sup>(7)</sup> .....	42
Obr. 19- Spojení a přechod komprimačních pásek v rozích <sup>(7)</sup> .....	43
Obr. 20- Uzavření drážek v rámu okna a u ALU obkladu <sup>(4)</sup> .....	43
Obr. 21- Vodorovný řez modelovým detailem - výchozí poloha .....	48
Obr. 22- Svislý řez modelovým detailem- výchozí poloha .....	49
Obr. 23 - průběh isoterem detaily .....	54
Obr. 24 přechod komprimační pásky přes roh <sup>(7)</sup> .....	59
Obr. 25 Cílené oslabení omítky u napojení na rám okna ve vodorovném řezu <sup>(7)</sup> .....	60

## Seznam grafů

Graf 1- Množství vniklé vody ke konstrukci při postupném zvyšování tlaku <sup>(7)</sup> .....	41
Graf 2- Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla - vodorovný řez .....	51
Graf 3- Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla- svislý řez .....	53

## Úvod

Téma Zabudování okna do stěny pasivní dřevostavby jsem si vybral na základě absolvování několika seminářů, které se tímto tématem zabývaly, a zároveň touhou proniknout více do této podceňované problematiky, která je velmi důležitá. Z mých dosavadních zkušeností a podle informací z certifikačních institutů mohu říci, že při zabudování výplňových otvorů se stále dělá mnoho chyb a to především v menších firmách, které nejsou pod dohledem certifikačních orgánů. Tyto chyby spočívají v malé detailní připravenosti projektů, neznalosti montážních pracovníků této problematiky nebo jejich nedůslednosti a zároveň nedůslednosti nebo nemožnosti kontroly. Ve výsledku mohou kvůli drobným detailům vznikat škody mnohem většího rozsahu, od kondenzace vodní páry na povrchu nebo tvoření plísní v okolí ostění až k proniknutí vody do konstrukce a následným hnilobám a poškození konstrukce případně celé stavby.

Z hlediska stále většího tlaku na úsporu energií, tlaku na výrobu energeticky pasivních, případně nulových staveb je vývoj kvalitních izolačních materiálů, těsnících hmot, velmi kvalitních otvorových výplní nutností. Z hlediska produkce stále nových materiálů je však velmi důležitá znalost možností jejich kombinace a kvalitní proškolení pracovníků, jakožto i jejich důsledná kontrola. V případě zanedbání jakéhokoli aspektu mohou být veškeré vložené finance za kvalitní výrobky znehodnoceny nekvalitním plánem nebo provedením a v důsledku mohou vznikat nejen materiální škody, ale i škody na zdraví.

Tato práce poukazuje nejen na základní požadavky na zabudování oken, základní vlastnosti vybraných, často používaných materiálů, na optimální polohu okna v rámci tloušťky stěny, ale i na úskalí drobných detailů při zabudování, ve kterých se dělá mnoho chyb, a kterým se je třeba vyvarovat při montáži, případně je účinně řešit.

Nelze však stále říci, že by řešení bylo vždy bezchybné, proto je potřeba se tomuto tématu i nadále věnovat, dále se školit a konzultovat různé pohledy s dalšími odborníky v daném oboru. Jen tímto způsobem si lze udržet stálý přehled o aktuálních způsobech zabudování, dozvědět se o dalších chybách, které se řeší, příčinách jejich vzniku a tím je včas odhalit a eliminovat.

## **Cíle práce**

Cílem této práce je vytvoření detailu zabudování otvorové výplně s ohledem na optimální polohu v rámci tloušťky stěny a způsoby předcházení degradace v průběhu užívání stavby, která bývá způsobena špatným návrhem nebo provedením. Detail musí být z hlediska napojení těsnících vrstev reálně použitelný pro praxi a to nejen u konstrukce zvolené do modelu, ale i pro jiné. Řešení musí odpovídat požadavkům výrobců staveb a zároveň splňovat aktuální požadavky certifikačních orgánů, zabývajících se touto problematikou.

## 1. Co je energeticky pasivní dům – požadavky a vývoj

Název, energeticky pasivní nebo pasivní dům, vychází ze základu využití pasivních tepelných zisků budovy, které jsou díky kvalitní konstrukci, izolaci a řešení obálky budovy uchovávány v interiéru. Především se jedná o vnější zisky ze slunečního záření, procházející okny a zisky z vnitřního prostředí vyzařované ze spotřebičů a osob. Součet těchto tepelných zisků postačuje k udržení tepelné pohody v budově téměř v průběhu celého roku, čímž zvyšuje kvalitu životního prostředí člověka a hodnotu stavby.

Vývoj pasivního domu od domů dřívějších byl postaven na požadavku větší úspory energií. Jako mezistupeň mezi pasivním a dřívějším domem byl dům nízkoenergetický. Tento dům ve své podstatě obsahuje stejné komponenty jako dům pasivní, pouze v omezenější míře. Hraniční hodnota nízkoenergetického domu na měrnou potřebu tepla na vytápění je  $50\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Kvůli slabší izolační schopnosti a nižším nárokům na otvorové výplně potřebovaly tyto domy větší zdroj tepla s rozsáhlejším otopným systémem, který ve svém výsledku svými pořizovacími a provozními náklady dokáže vyrovnat cenu nízkoenergetického a pasivního domu.

Konstrukce pasivního domu spočívá v provedení téměř vzduchotěsné obálky budovy, která musí být řešena už v počátcích samotného návrhu. Obálka by měla být ideálně ničím nepřerušena jak z hlediska vzduchotěsnosti, tak z hlediska tepelné izolace. Veškeré detaily, které nějakým způsobem ovlivňují celistvost obálky budovy nebo spojují různé materiály, musí být pečlivě dořešené z hlediska trvanlivosti spojů v čase, a následně i kvalitně provedené, jinak může dojít k jejich postupné degradaci.

Tvar pasivního domu vychází ze vzorce, kde je v poměru ochlazovaná plocha budovy k celkovému objemu –  $A/V$ . Čím je tento poměr menší, tím snáze lze tuto budovu optimalizovat, a výsledná pořizovací cena s cenou spotřebovaných energií je nižší. Ze vzorce vyplývá, že ideálním řešením by byl tvar koule, ale v praxi lze brát za ideální tvar krychli nebo kvádr. Je nutné podotknout, že atiky, arkýře a veškeré výklenky v budově nepříznivě ovlivňují optimalizaci a prodražují stavbu, proto je důležité dbát na co největší eliminaci těchto prvků členících obálku budovy.

Prostředí interiéru pasivního domu je velice příznivé za předpokladu využití kvalitních materiálů, dobré optimalizaci a využití nových technologií, protože zabezpečuje pomocí vzduchotechnické jednotky se zpětným získáváním tepla neustálou výměnu vzduchu, čímž udržuje ve vnitřních prostorách stále čerstvý, zdravý vzduch, který je díky zabudovaným filtrům navíc zbaven nečistot a díky zpětnému získávání tepla je úspornější oproti klasickému větrání okny. Výhodou neustálé ventilace a kvalitní izolace je také to, že zabezpečuje stálou teplotu pouze s minimálními rozdíly v rámci různých povrchů, tj. stěn, oken, podlah v každé místnosti. Toto všechno přispívá k celkové pohodě jeho obyvatelů.

### **1.1 Požadavky na pasivní domy**

- a) Měrná roční potřeba tepla na vytápění max. 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- b) Neprůvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$ , která se ověřuje tlakovou zkouškou s přetlakem nebo podtlakem 50 Pa, musí být menší než 0,6<sup>-1</sup>/hod, tzn., že součtem netěsností obálky budovy se nesmí vyměnit za hodinu více než 60% objemu vnitřního vzduchu budovy. Toto se ověřuje pomocí Blower-Door testu.
- c) Potřeba primární energie spojená s provozem domácích spotřebičů nesmí překročit 120kWh/(m<sup>2</sup>a). Velký pozor by se měl dávat na to, že do této energie se započítávají i ztráty, vznikající během její distribuce. Proto je velmi důležité při návrhu dobře volit její zdroj. Každý zdroj energie se při návrhu přepočítává daným koeficientem, který ukazuje jeho efektivitu.

### **1.2 Požadavky na konstrukce pasivního domu**

Optimalizace domu jako celku spočívá v prvotní optimalizaci a návrhu jeho jednotlivých konstrukcí. Při rozložení domu na jednotlivé konstrukce lze vlastnosti těchto konstrukcí porovnávat s požadovanými hodnotami a v případě, že nám vycházejí stejně nebo lépe tak je pomalu skládat dohromady. Jednou z částí již zmíněného rozložení jsou i otvorové výplně, dále pouze okna. Na okna jsou kladeny nároky ze všech různých hledisek. Jde o hledisko bezpečnosti, průsvitnosti, trvanlivosti a dalších, včetně tepelné izolace. U pasivních domů je hledisko tepelné izolace zásadní. Při kvalitním návrhu skladby stěn, střechy, podlahy a veškerých detailů, jsou to právě okna,



kteřá tvoří nejslabší článek obálky budovy a proto je důležitý jejich vývoj a kvalitní zabudování. Jednotliví výrobci oken pro pasivní domy mají ve většině případů svá okna certifikována pro použití do pasivních domů od Passivhaus Institutu se sídlem v německém Darmstadtu, ale v reklamní sféře a na prodejních místech lze narazit i na výrobce, kteří nejsou tímto orgánem certifikováni a uvádějí hodnoty na první pohled lepší. Z tohoto titulu je potřebné vyžadovat certifikáty a veškeré informace si před návrhem a koupí dobře ověřovat.

Limitní hodnoty pro prostup tepla, kterých musíme při výpočtu dosáhnout, nám udává norma ČSN 73 0540-2 z roku 2011. V této normě jsou uváděny hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  jako doporučené hodnoty pro pasivní domy. Tyto hodnoty jsou zobrazené v tabulce 1.

**Tab. 1 Hodnoty součinitele prostupu tepla vybraných konstrukcí**

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [ $W/m^2 \cdot K$ ]	
	Požadované hodnoty $U$ konstrukcí	Hodnota $U$ konstrukcí pro pasivní domy
Obvodová stěna	0,3	0,1-0,15
Střecha	0,24	0,08-0,12
Podlaha na terénu	0,45	0,12-0,15
Okna včetně rámu	1,5	0,8

Jak již bylo zmíněno výše, tak na okna jsou kladeny kromě funkčních a estetických požadavků i požadavky na izolaci tepelnou. Standardně mají okna až 5x horší tepelně izolační vlastnosti než konstrukce obvodové stěny. Na druhé straně poskytují nezanedbatelné množství zisků solární energie, a proto při správně optimalizovaném návrhu jsou okna v průběhu topné sezóny celkově zisková. Abychom jsme se k těmto výsledkům dopracovali, musejí okna samostatně splňovat několik základních podmínek

- a) Hodnota součinitele prostupu tepla celého okna  $U_w$  menší než  $0,8 W/(m^2K)$ .  
V této hodnotě jsou zahrnuty vlastnosti zasklení i rám okna.
- b) Hodnota součinitele prostupu tepla sklem  $U_g$  menší než  $0,6 W/(m^2K)$ . Této nebo lepší hodnoty lze dosáhnout standardně využitím izolačních trojskel nebo

kombinací skel a Heat- Mirror fólií, vyplněných vzácným plynem. Tato skla zároveň poskytují vysokou propustnost slunečního záření a to nad 50%.

- c) Minimalizace tepelných mostů při zabudování okna. Toto musí být řešeno od správného návrhu až po samotnou montáž. Nejčastěji se řeší umístěním okna do vrstvy tepelné izolace domu s využitím kvalitně izolovaných ráků. Tyto ráky oken jsou následně z exteriérové strany částečně nebo úplně překryty tepelným izolantem.

Mimo výše uvedené požadavky se sledují i další fyzikální vlastnosti, jimiž jsou:

- a) Součinitel prostupu tepla přes rám okna  $U_f$ . Rám okna je úplně nejslabším článkem a to především kvůli tomu, že nepřináší žádné solární zisky, které by mohli částečně kompenzovat tepelné ztráty, které kvůli němu vznikají. Právě na základě toho jsou navrhovány a vyráběny s obsahem tepelné izolace a zároveň s důrazem na co nejmenší tloušťku ve směru roviny zasklení.
- b) Propustnost slunečního záření „g“ [%], který udává, kolik procent slunečního záření projde přes sklo do interiéru.

Pro přibližné posouzení zasklení z energetického hlediska lze využít poměr hodnot  $g/U_g$ , kde čím je výsledná hodnota větší, tím lépe.

Schopnost zasklení propouštět skrz sebe viditelnou složku slunečního záření a zároveň zabránit prostupu tepelné složky se nazývá selektivita. Tato vlastnost je dána vztahem světelná propustnost „LT“/ solární faktor „g“. U dříve vyráběných skel byla jako nejlepší hodnota udávána hodnota 2, která odpovídala zasklení s hodnotou  $LT=50\%$ , kde se předpokládala maximální hodnota  $g=20\%$ . S rozvojem nových technologií a vývojem nízkoemisivních povlaků byla tato teoretická hranice překonána a v dnešní době jsou na trhu k dostání i selektivní zasklení s hodnotami lepšími.

Okna v pasivním domě jsou nedílnou součástí tepelných zisků budovy. Jejich solární zisky tvoří až třetinu celkové potřeby tepla na vytápění. Pro takovýto zisk je velmi důležitá správná orientace a umístění oken a zároveň velikost a kvalita prosklení. Z tohoto hlediska je vhodná orientace na jižní, jihovýchodní a jihozápadní stranu budovy. Na těchto stranách by měla být umístěna hlavní prosklená plocha. Na stranách protilehlých by mělo být umístěno co nejméně oken. Z celkové fasády by mělo být

proskleno přibližně 30-40%. V rozmezí tohoto prosklení vzniká největší úspora tepla. V případě, že bychom plochu prosklení ještě více zvětšovali, tak to ve výsledku nevede k větší úspoře energie, ale z pohledu příliš velkých zisků v letním období k následnému přehřívání interiéru. Pro letní období je velmi důležité stínění, aby nedocházelo k přehřívání interiéru a bylo dosaženo potřebného komfortu v místnostech. Proto je vhodné již při návrhu projektu brát ohled na ochranu proti přehřívání, jako dostatečné přesahy střechy, jiné horizontální přesahy nebo pracovat s osazením venkovních žaluzií, které jsou však o něco finančně náročnější.

## **2. Zabudování oken – vlivy, působící na okno a požadavky na materiály použité pro zabudování a materiály dostupné na trhu**

Správně provedené detaily při zabudování oken jsou důležitý faktor, který ovlivňuje výsledné chování okna, a jeho správným provedením předcházíme problémům, které by mohly znehodnotit jak okno jako výrobek, tak i konstrukci stavby, kde je okno zabudováno. Jedná se především o kvalitní provedení připojovací spáry okna. Při neodborném provedení lze očekávat velké tepelné ztráty přes tuto spáru, nízkou povrchovou teplotu rámu okna, následnou kondenzaci vodních par na povrchu okna a v jeho okolí, popř. namrznání tohoto kondenzátu, v konečném důsledku vznik plísní a zhoršení kvality vnitřního prostředí.

### **2.1 Obecné zásady návrhu připojovací spáry <sup>(1)</sup>**

Připojovací spára je definovaný stavební detail. Při jeho návrhu musíme zohlednit:

- a) Materiál rámu
- b) Druh stavební konstrukce
- c) Rozměry připojovací spáry
- d) Stav povrchu navazujících stavebních konstrukcí
- e) Vnější a vnitřní uzávěr
- f) Vyplnění připojovací spáry
- g) Způsob kotvení výrobku
- h) Předpokládané dilatační pohyby výrobku
- i) Rozměrové tolerance stavebního otvoru a výrobku

Přitom je nutné mít na zřeteli vzduchotěsnost, vodotěsnost, parotěsnost vnitřního uzávěru a redukci tepelných mostů při zachování vzduchové neprůzvučnosti ohraničujících stavebních částí. Připojovací spára musí být těsná proti hnanému dešti.

Utěsnění připojovací spáry musí být navrženo tak, aby vnitřní uzávěr měl vyšší ekvivalentní difúzní tloušťku než uzávěr vnější a celková skladba těsnění spáry musí být

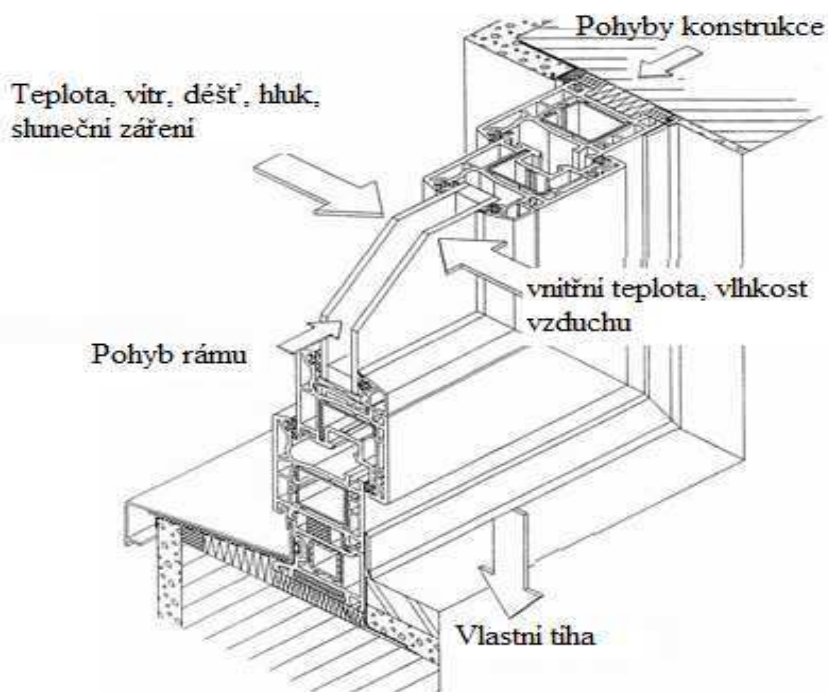
navržena tak, aby umožňovala co nejlepší odvětrání a vysychání spáry. Tím je dodržena zásada: „zevnitř těsnější než zvnějšku“ a je zabezpečena funkce suché, tepelně izolující spáry.

## **2.2 Vlivy působící na okno**

Jak na okno jako takové, tak na fasádu působí řada vnějších a vnitřních vlivů, obrázek 1, na které je třeba brát zřetel. Při zanedbání těchto vlivů může docházet k následnému poškození elementů vlivem tepelného pnutí, špatného spojení různých materiálů nebo vnikání vody přes vzniklé praskliny nebo nedořešená místa.

Mezi vlivy působící na okno patří

- a) Pohyby konstrukce, do které je okno zabudované
- b) Vlastní tíha okna
- c) Pohyby konstrukce rámu okna
- d) Teplota a vlhkost vzduchu v interiéru
- e) Teplota venkovního vzduchu
- f) Vítr
- g) Déšť
- h) Hluk
- i) UV záření



**Obr. 1 - Vlivy působící na okno <sup>(9)</sup>**

Tyto vlivy, které mají proměnlivý charakter, způsobují různá pnutí v materiálech použitých k zabudování okna a i v okně samotném. Z tohoto důvodu musejí všechny použité materiály splňovat požadavky, které jsou na ně kladeny. Některé tyto požadavky řeší norma ČSN 74 6077, Okna a vnější dveře - Požadavky na zabudování.

## 2.3 Požadavky na použité materiály

### a) Těsnící fólie

Těsnící fólie by měla být dostatečně široká, aby překryla připojovací spáru a bylo zajištěno souvislé nalepení lepících ploch na rám okna a stavební konstrukci v dostatečné šířce. V závislosti na způsobu lepení může být potřebná penetrace kontaktních ploch. Fólie musí být po celém obvodu okna a s dostatečným napojením v rozích a místních spojích. Důležité je vybírat těsnící fólie s možností omítání nebo obkládání. Překryté fólie musí plnit vzduchotěsnou funkci a být odolné proti hnanému dešti.<sup>(1)</sup>

Těsnící fólie by měla být navržena a použita s ohledem na doporučení normy a v souladu s doporučením dodavatele.

Při jejím návrhu musí být brán zřetel na:

- Stavebně fyzikální charakteristiky (vzduchotěsnost, vodotěsnost, ekvivalentní difúzní tloušťka, odolnost proti UV záření aj.)
- Mechanické vlastnosti (elasticita, odolnost proti roztržení aj.)
- Stavebně chemické vlastnosti (přilnavost k různým materiálům)
- Stavebně technické vlastnosti (přetíratelnost)

Připojovací spára okna by měla být oboustranně kryta a napojena na konstrukci stavby. Toto se standardně provádí pomocí samolepících pásek, které mají vlastnosti jako použitá fólie, ale se samolepící schopností. Tyto pásky se používají nejen pro napojení, ale také pro různé opravy netěsností, případně porušení parotěsné vrstvy. Pro každé použití musí být zvolena těsnící páska s odpovídajícími vlastnostmi. Při nevhodně zvolené pásce, mohou vznikat stejné škody, jako při chybném zabudování, čímž může být znehodnocena veškerá snaha.

Je všeobecnou zásadou, že difúzní odpor použitých materiálů v konstrukci by měl směrem k exteriéru klesat. Proto z Interiérové strany by měla být vždy použita páska s co největším odporem (parotěsná) a z exteriérové strany páska s odporem malým (difúzně otevřená). Správné provedení je vidět na obrázku 2, kde je parotěsná páska růžová a difúzně otevřená šedá. Na tomto obrázku je vidět pouze schéma správného umístění pásek. Obrázek neukazuje správně připravené ostění.



Obr. 2 - Správné použití lepicích pásek a provedení připojovací spáry <sup>(3)</sup>

#### b) Těsnící materiál

Těsnící materiál (plnicí pěna, minerální vlna, komprimační pásy aj.) plní v konstrukci pouze funkci tepelné izolace a nejsou na něj kladeny požadavky na vzduchotěsnost nebo odolnost proti hnanému dešti. Tyto vlastnosti musí zabezpečit materiály jiné. Použití plnicí pěny, jako těsnícího materiálu je vidět na obrázku 2.

Plnicí pěna musí být vybrána a používána v souladu s pokyny od výrobců. Nemůže být použita jako konstrukční kotvicí prvek a nesmí být použita jako jediný těsnící materiál připojovací spáry, pokud nesplňuje požadavky na připojovací spáru podle ČSN 74 6077, 2014, odstavec 4.2.2. a nemá dostatečnou elasticitu pro vykompenzování dilatačních pohybů v připojovací spáře a schopnost zajistit rozdílný difúzní odpor na opačných stranách připojovací spáry.<sup>(1)</sup>



### c) Tmely

Pro správný výběr tmelu platí norma ČSN EN ISO 11600, Stavební konstrukce- Těsnící hmoty- Klasifikace a požadavky pro tmely. Dalším požadavkem je vyhnout se natírání tmelů.

Průřez tmelené spáry je závislý od:

- Velikosti možné deformace stavebních prvků
- Velikosti trvalé možnosti rozměrových změn daného tmelu (trvalé elasticity)

## 2.4 Materiály dostupné v současné době na trhu

### 2.4.1 Izolační materiály

#### Nízkoexpanzní polyuretanová pěna

Tyto pěny se používají jako výplňový materiál připojovací spáry. Nejsou vytvořeny pro účel přenosu nosné funkce. Pěny mají dobrou přilnavost k většině materiálů a jsou tvarově stabilní. Během práce je třeba dbát na pracovní postupy, které stanovuje výrobce pěny a podmínky, za kterých je možné s pěnou pracovat. Firmy, zabývající se výrobou těchto materiálů jsou např. Soudal, Illbruck aj.

#### Aerogel

Tento materiál lze použít pro zesílení tepelné izolace v kritických detailech, kde nelze dosáhnout dostatečné tloušťky standardní izolace. Jedná se především o oblasti ostění, žaluziových popř. roletových boxů a parapetů. Materiál se využívá v malých tloušťkách. Součinitel tepelné vodivosti materiálu  $\lambda=0,015\text{W/m}\cdot\text{K}$ . Tento materiál lze bez problémů kombinovat i s jinými běžně dostupnými materiály. Aerogel je vidět na obrázku 3



**Obr. 3- Aerogel** <sup>(10)</sup>

### **Vakuová izolace** <sup>(2)</sup>

Vakuové izolační panely (označované jako VIP) obsahují výplň síťovou strukturou složenou ze shluků částic oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) nanometrických rozměrů. Další důležitá část VIP je vzduchotěsný a mechanicky tuhý obal, který umožní úplné a trvalé odčerpání vzduchu z výplně  $\text{SiO}_2$  i bezporuchovou manipulaci s panely při výstavbě. VIP panely se vyrábějí v rozměrech běžných stavebních izolačních desek, jejich tloušťka je malá, od 2 do 8 cm. Dosahují součinitele tepelné vodivosti od  $\lambda = 0,004 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , což je desetina návrhové hodnoty běžných izolací. Pro navrhování se doporučuje uvažovat s vyšší hodnotou  $\lambda$  s ohledem na stárnutí materiálu tj.  $\lambda = 0,008 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . Kvůli vysoké ceně u nás zatím nacházejí VIP panely uplatnění především při řešení komplikovaných konstrukčních detailů, a to v souvislosti s odstraňováním tepelných mostů pomocí izolace malé tloušťky obzvláště při rekonstrukcích. Výrobou těchto izolací se zabývají firmy va-Q-tec AG, Porextherm Dämmstoffe GmbH, Vaku-Isotherm GmbH, Microtherm, Variotec, Weber a další. Viditelné na obrázku 4.



**Obr. 4 Vakuový panel <sup>(2)</sup>**

### **Komprimační pásy**

Tento materiál je v praxi velmi oblíbený. Jedná se o pásy, které po svém rozvinutí nabývají na tl. / objemu. Dodávány jsou standardně ve svitcích. Velikost jejich nabytí je vždy udávána výrobcem. V běžném provedení jsou pásy z jedné strany samolepící. Při použití těchto pásek je nutné vždy koupit takovou tloušťku, která odpovídá šířce připojovací spáry. Tyto pásy se nesmí lepit přes sebe. V současné době jsou k dostání i pásy, které mají schopnost na straně interiéru působit jako parotěsná izolace a na straně exteriéru jako difúzně otevřená izolace s odolností proti hnanému dešti. Podle údajů jejich výrobců není při použití těchto pásek již nutné používat interiérové a exteriéroví lepicí pásy s těmito vlastnostmi. Časté využití komprimačních pásek také nalezneme u napojení izolačních materiálů na rám okna. Jedním z výrobců je např. firma Illbruck. Komprimační páska Illbruck na obrázku 5.



**Obr. 5 Komprimační páska Illbruck <sup>(5)</sup>**

### **Těsnící pásky**

Tyto pásky se používají k utěsnění spár, otvorů, různých napojení a k dořešení detailů, kde je nutné těsné spojení konstrukcí. Běžně jsou k dostání pod obchodním názvem AIRSTOP. Využití těchto pásek je vždy na interiérové straně. Jejich vlastnosti odpovídají vlastnostem parotěsné vrstvy. Lepicí schopnost těchto pásek musí být na takové úrovni, aby umožnila nalepení k většině materiálů, chemicky je nenarušovala a po celou dobu životnosti plnila garantované vlastnosti. Při používání těchto pásek je nutné se řídit pokyny výrobce. Výrobci jsou např. Würth, Illbruck, Isocell a další.

### **Fólie**

Obecně lze dělit fólie na paropropustné a parozábrany. Paropropustné fólie jsou vždy používané na exteriérové straně konstrukce, parotěsné na interiérové. Tyto fólie nesmí být nikdy zaměněny. V případě záměny by vznikala kondenzace vodních par v místě připojovací spáry s následkem degradace otvorové výplně a jejího okolí. Zde používané fólie mají často i částečnou lepicí schopnost. Pokud je nutné tuto fólii odlepit, dojde většinou k jejímu poškození a je nutné fólii vyměnit za novou. Při používání těchto výrobků je nutné dbát na pokyny výrobců. Výrobci jsou např. Illbruck, Henkel a jiné.

## 2.4.2 Kotvící prvky

### Ocelové kotvy a šrouby

Při předsazené montáži oken se využívají často ocelové úhelníky různých profilů. Tyto úhelníky se standardně neprodávají, ale jsou dodávány od výrobců oken, kteří je jako atypický materiál nabízí ke svým produktům a jsou navrhovány přesně podle požadavků daného okenního profilu a nosné konstrukce.

Kotvení oken v např. v OSB kastlíkách probíhá většinou pomocí plechových páskových kotev (obrázek 6), které jsou pomocí vrutů kotveny k rámu okna a následně i do kastlíku. Výhodou je jisté přitlačení profilu na ostění. V místě těchto kotev je velmi důležité kvalitní prolepení parotěsné vrstvy. V praxi bývá právě toto velmi zanedbáváno.

Okna lze kotvit i pomocí turbošroubů (obrázek 7), které procházejí skrz rám okna až do nosné konstrukce. Toto je v principu velmi jednoduché, ale narušuje se jím vzduchotěsnost. Lze však říci, že mnoho výrobců panelových dřevostaveb svá okna takto kotví a i při provedení Blower-Door testů nezpůsobuje toto kotvení zásadní problémy.



Obr. 6 Pásková kotva <sup>(12)</sup>



**Obr. 7 Okenní šroub (turbošroub) <sup>(13)</sup>**

### **Compacfoam**

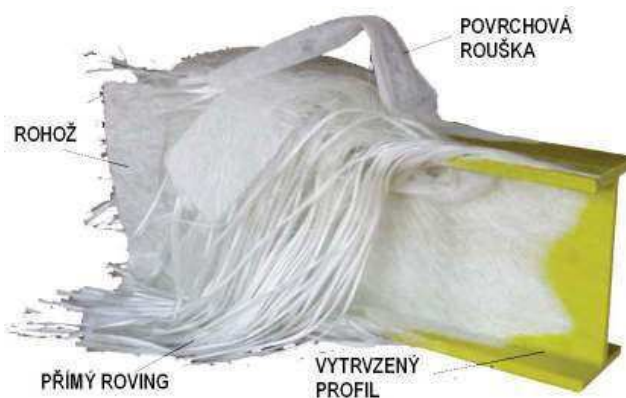
Jedná se o látku s hustotou od 80 do 500kg/m<sup>3</sup> podobnou polystyrenu. Tento produkt je nerozpustný ve vodě, ale v organických rozpouštědlech a aromatických uhlovodících rozpustit lze. Jde o upravený pěnový polystyren, který se vyrábí v deskách, výliscích nebo blocích. Obchodní název tohoto produktu je COMPACFOAM CF100 až CF400. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda=0,038\text{W/m}\cdot\text{K}$ , pevnost je od 0,38 MPa díky níž je možné do něj šroubovat, lze jej řezat i profilovat. Tento materiál je využíván jako opěrný bod pod parapety, prahy nebo jako kotvicí bod pro předsazenou montáž oken. Může být využit i k řešení jiných detailů, například při kotvení zábradlí, žaluziových boxů aj. Obrázek 8.



**Obr. 8 Compacfoam <sup>(10)</sup>**

### Kompozitní úhelníky

Kompozitní úhelníky používané často ke kotvení oken jsou dostupné v ČR např. pod obchodním názvem Prefen. Kompozity této značky jsou vytvořeny z pojiva na bázi vinilesterové pryskyřice. Materiál je koncipován tak, aby měl vysokou tepelnou a chemickou odolnost. Pro zlepšení mechanických vlastností jsou do směsi přidávány různé mechanické výztuže např. skelná vlákna. Složení a vlastnosti kompozitů jsou dány výrobcí. Výrobce 5M, vyrábí své produkty z polyesterové pryskyřice, v případě speciálních kompozitů i z pryskyřice epoxidové, fenolické, vinilesterové nebo polyuretanu. Pro výztuž těchto úhelníků využívá tento výrobce také skelná vlákna popř. vlákna uhlíková. Obrázek 9.



**Obr. 9 Kompozitní profil** <sup>(14)</sup>

### Nosné profily

Profily s nosnými a zároveň relativně dobrými tepelně izolačními vlastnostmi dodává např. firma Illbruck. Tyto profily jsou tvořeny např. z polyuretanové pěny, bez halogenizovaných uhlovodíků. Rozměry bývají 82x82 mm nebo 90x90 mm v délkách 1400mm. Profily z tohoto materiálu jsou velmi dobře opracovatelné, jsou kompatibilní s běžnými stavebními materiály, kromě rozpouštědel, která rozpouštějí EPS, a proto se staly docela využívaným materiálem. Tento materiál využívají i výrobci oken mnohdy jako podkladní profil. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,032-0,07\text{W/m}\cdot\text{K}$ .

### 3. Možné následky chybného zabudování výplní otvorů

Při použití nevhodných materiálů pro montáž výplní otvorů nebo při špatném použití mohou vznikat škody, které počínaje špatnou estetickou stránkou mohou končit až poškozením nosné konstrukce.

Především se jedná o místo napojení a řešení venkovního parapetu. Toto místo je jedním z nejvíce zatěžovaných detailů a je potřebné jeho dokonalé provedení. Okenní ostění je sice také dosti zatížené vlivem počasí a jiným, ale na parapet dopadá přímo déšť resp. všechna dešťová voda hnaná na plochu okna a musí zabezpečit odvod vody od výplně otvoru. Venkovní parapet je mnohdy namáhán ještě vlivy zátěže od náslapu lidí, např. u terasových dveří.

Na obrázku 10 je viditelné špatné použití komprimační pásky v oblasti doléhání parapetní koncovky na omítku okenního ostění. V tomto případě byl daný parapet montován až po dokončení ostění okna a pro utěsnění spáry byla použita právě komprimační páska. Bohužel byla zvolena páska, která neodpovídá svojí schopností dekomprimace šířce vzniklé spáry. Z obrázku je též viditelné, že okenní ostění se buď zužuje směrem od okna, nebo je parapetní koncovka nasazena křivě. Je to patrné z toho, že komprimační páska u omítky doléhá jak k parapetní koncovce, tak i k omítce, ale v oblasti okna vzniká mezi omítkou a komprimační páskou mezera. Když pomineme rovinnost zabudování těchto dílů, lze předpokládat, že právě spárou mezi komprimační páskou a omítkou bude vnikat pod parapet a k připojovací spáře velké množství dešťové vody. Tato voda může následně odtékat pod parapetem, za předpokladu, že není parapet nějakým způsobem ze spodní strany utěsněn a v případě nepoužití okapové koncové lišty pod ním může stékat po omítce a tvořit skvrny. V horším případě, může vnikat do připojovací spáry okna nebo až ke konstrukci stavby a znehodnotit je. Jednou z variant řešení této situace by bylo možné využití trvale elastického těsnícího tmelu místo komprimační pásky. V každém případě je nutná kontrola řešení parapetu ze spodní strany a požadavek vytvoření možnosti odtoku vody prostřednictvím druhé těsnící vrstvy s možností odkapu přes okapovou lištu, napojenou pomocí armovací sítě na fasádu.





**Obr. 10- chybně zvolená tloušťka komprimační pásky <sup>(5)</sup>**

Obrázek 11 ukazuje skvrny na omítce, vznikající s největší pravděpodobností z důvodu stékající vody v tomto místě. Jak je výše popsáno, je zřetelné z této fotky to, že voda vnikala pod parapet a odtékala pod ním směrem k omítce. V tomto případě je jasné, že plocha pod parapetem byla alespoň dobře spádována směrem od okna, bohužel nedošlo k montáži okapové lišty s armovací sítí napojenou do omítky pod parapetem. V tomto případě lze předpokládat, že pokud byla vytvořena druhá izolační rovina, tak končí v oblasti těsně před vnější vrstvou omítky. Tento počáteční projev zbarvení omítky může vést až k odloupení této vrstvy, a v důsledku možné nutnosti nové omítky celého domu. Řešení této situace je demontáž parapetů a vytvoření druhé izolační roviny, která by bohužel nebyla úplně dokonalá, aniž by bylo demontováno okno. Řešení tohoto vzniklého problému není přetření omítky! Toto sice akutně řeší estetickou stránku věci, ale s postupem času se bude problém opakovat, ne-li zhoršovat.



**Obr. 11- Vzniklé skvrny na omítce vlivem výtoku vody <sup>(5)</sup>**

Na obrázku 12 je zřejmý olup omítky v důsledku vnikání vody. Tento olup je způsoben dotažením omítky až k parapetu a nemožnost odtoku vody, která pod něj vnikla. Tato voda, následně zatéká pod vnější vrstvu omítky s následkem její degradace. Opětně řešení je výše uvedený postup, který musí vyřešit prioritně příčinu vniku vody a nesmí řešit pouze vzniklé následky.



**Obr. 12- Olupování omítky v místě koncovky parapetu <sup>(5)</sup>**

Obrázek 13 ukazuje popraskanou omítku v oblasti napojení na parapetní koncovku. V tomto případě je zřejmé, že napojení ostění na parapet proběhlo bez jakékoli možnosti dilatace tohoto spoje. Z obrázku je jasně vidět, že montážníci nepoužili žádné parapetní koncovky a omítka byla napojena přímo na kamenný parapet. Zde je tato prasklina zcela očekávaná. Pokud v napojení byla použita alespoň komprimační páska, což není z přiložené fotky zřejmé, lze považovat toto pouze za estetickou chybu. Pokud však nedošlo k zabudování komprimační pásky, může touto spárou vnikat pod parapet, pod omítku a i k připojovací spáře voda a postupně způsobit degradaci všech stavebních částí. Řešení této oblasti by mělo být provedeno pomocí tzv. APU-lišty, která kombinuje komprimační pásku a plastový profil s integrovanou armovací sítí. Síťka se napojí na výztužnou vrstvu omítky a omítka se dotáhne k plastovému profilu. Komprimační páska následně zabezpečuje možnost dilatace a utěsnění tohoto detailu.



**Obr. 13 -Prasklina v napojení fasády na parapet <sup>(5)</sup>**

Obrázky 14 a 15 ukazují naprosté zanedbání všech technologických předpisů existujících pro zabudování oken. Z obrázků je jasně viditelné, že parapet, který byl osazen pomocí polyuretanové montážní pěny, neměl řešenou podkladní vrstvu se sklonem. Z tohoto důvodu se vniklá voda držela v místech pod ním a způsobila následnou hnilobu nosné dřevěné konstrukce. Viditelné je zde také nevyužití difúzních pásek z exteriérové strany, nevytvoření druhé izolační roviny, po které by mohla vniklá voda odtékat. Přesto, že se jedná o difúzně otevřenou konstrukci, je nemožné, aby vnikající voda byla nějakým způsobem odvedena. Polyuretanová pěna, která zde byla použita pro montáž parapetu, je také materiál, který poměrně silně nasáká a drží v sobě vodu. V kombinaci s dřevovláknitou deskou je jasné, že tento následek se dal očekávat. Tuto situaci lze řešit demontáží okna a části nosné konstrukce vč. zateplovacího systému v této oblasti a jejím novým vyhotovením. Toto řešení je jistě poměrně nákladné, ale vyřeší se jak odstranění hnilobou poškozených částí tak zprostředkuje možnost vytvoření zcela nového, lépe zpracovaného detailu.



**Obr. 14 - Vzniklá hniloba v konstrukci pod parapetem <sup>(5)</sup>**



**Obr. 15- Vzniklá hniloba konstrukce pod parapetem <sup>(5)</sup>**

Vystupující fasáda na obrázku 16 je s největší pravděpodobností způsobena technologií zabudování oken. Toto je fotka montovaného dřevěného domu, vyrobeného formou celostěnových panelů. Tyto panely jsou produkovány na výrobní lince, kde je na ně zároveň přilepen polystyren a nanese podmítka s armovací sítí. Problém, který zde vznikl, spočívá s největší pravděpodobností ve způsobu montáže ostění. Firma, která tento dům vyrobila, osazuje polystyren zároveň s hranou konstrukce okenního otvoru. Je to z důvodu montáže okna ze strany budoucího exteriéru. Okenní ostění je poté dotvořeno 2,5cm silným proužkem polystyrenu, který je pomocí komprimačních pásek napojen na rám okna a parapetní koncovku a pomocí lepidla a ocelových spon propojen s nosnou konstrukcí a polystyrenem, který je v ploše. Tento spoj je následně přetažen vrstvou podmítky, ve které je vložena armovací sítka s rohovým profilem. Není pravidlem, že se okenní polystyrenový pruh takto prokresluje, ale existuje jisté procento případů, kdy při změně počasí dochází k pohybu polystyrenového pruhu a tím k propadání nebo naopak vystupování omítky. Jak je vidět na obrázku. Pokud je pohyb větších rozměrů, mohou vznikat v omítce mírné praskliny. V první fázi je toto pouze estetická vada, ale v případě vzniku prasklin už může do spoje vnikat vlhkost a vést to k rozsáhlejším poškozením. V liniové výrobě bohužel

není tak snadné změnit postup výroby a celou linku, proto je volen přístup takový, že případné reklamace jsou řešeny opravou na stavbě. Jelikož tento efekt vzniká pouze v řádech případů do cca 2% vyrobených domů, je to i z ekonomického hlediska pro firmu únosnější. Pro zlepšení kvality a snížení možnosti pohybu se přistoupilo alespoň ke změně dodavatele lepidla, které je zde používáno a diagonální armování rohových oblastí v ploše. Touto cestou byl tento efekt téměř vyřešen a vzniká spíše kvůli zanedbání důkladného prolepení výrobním dělníkem.



**Obr. 16- Vystupující pruh fasády v oblasti tepelné izolace ostění <sup>(6)</sup>**

#### 4. Nejčastěji chybně provedené detaily, jejich následky a doporučená řešení

Velmi často zanedbaným detailem je místo napojení parapetu. Jde především o místo, v německy mluvících zemích popisované jako „Gewerkeloch“. Jedná se o místo ve spodním rohu okna, mezi oknem, okenním parapetem, a ostěním, popř. vodíci lištami pro stínění. Popisované místo je viditelné na obrázku 17, kde je zobrazeno okno (a) okenní parapet (b) a ostění s omítkou (c).



Obr. 17- "Gewerkeloch" <sup>(4)</sup>

Kvůli tomuto místu, ač se zdá být zanedbatelné, může do místa osazení okna a následně do konstrukce vnikat mnoho vody, která je za pomoci větru během deště tlačena na okno a vháněna dovnitř. Na základě požadavku prozkoumání této skutečnosti a prověření o jaké množství vody se jedná, byly provedeny certifikačním úřadem v Rakousku zkoušky, které tuto skutečnost potvrdily. Rakouští odborníci se poté začaly zabývat odstraněním příčin a předcházení následků, které by mohli v případě špatného provedení nastat. Na tomto základě bylo vyzkoušeno několik provedení a bohužel žádné nebylo dokonale těsné. Z těchto výsledků bylo patrné, že i přes vysokou kvalitu dokončení bude nutné ještě pojistit zabudování pro případ, že nějaká voda pronikne.

Jako nejlepší varianta bylo zvoleno provedení druhé těsnící vrstvy v místě okenního parapetu, které je vytvořeno prostřednictvím hydroizolační fólie. Tyto fólie nebo lepenky bývají nejčastěji z butylkaučuku, jsou nalepeny na konstrukci a pomocí lepících vodotěsných pásek propojeny s rámem okna. Podle předpisu pro zabudování oken od rakouského certifikačního úřadu je zároveň požadavek na vylepení této druhé těsnící roviny minimálně 15cm na ostění a vytvoření tak jakési „vany“, po které vniklá voda bude odcházet pod parapetem ven. Tato vrstva odvede vniklou vodu nejen z netěsnosti v rohovém detailu ale také případných netěsností vzniklých při připojení parapetů pomocí šroubů a jiných spojovacích prostředků. Tím by měla zabezpečit neproniknutí vody do konstrukce stavby za všech okolností. Aby tato vrstva byla funkční, je na provedení kladeno několik požadavků.

**Požadavky na provedení druhé izolační roviny:**

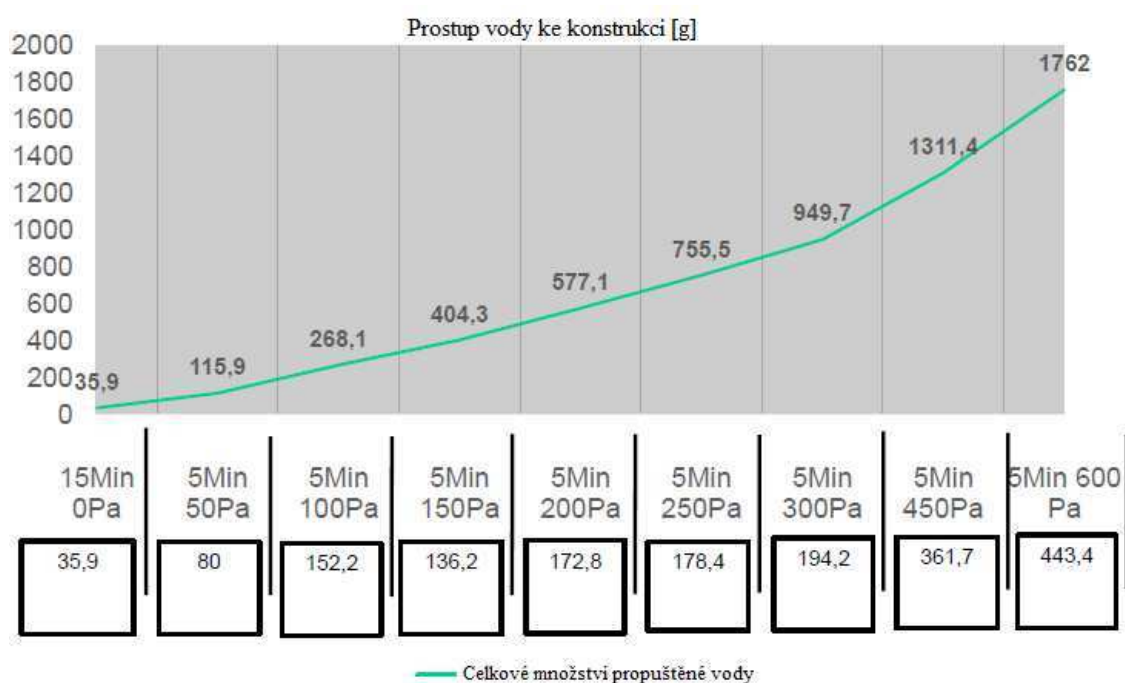
- a) Použití trvanlivé hydroizolační pásky (např. butylkaučuk)
- b) Správné nalepení na nosnou konstrukci, bez zbytečných napojení, trhlin, vln. Zároveň musí být provedeny přesahy na ostění otvoru do výšky minimálně 15cm.
- c) Sklon podkladu a tím zároveň hydroizolační vrstvy pod parapetem min. 5° směrem od okna.
- d) Zabezpečení možnosti odtoku vody, tzn. neuzavření spáry pod parapetem fasádou a nezaizolování celé délky parapetu v místě fasády.
- e) Zabezpečení možnosti odkapu vody od izolační pásky a zároveň nestékání po fasádě stavby.
- f) Těsné napojení na rám okna pomocí difúzních samolepících pásek.

Toto je však jen pojistné řešení. První věcí, kterou bychom se měli zabývat je odstranění příčin vniku vody. Nejen přes toto místo může voda ke konstrukci vnikat. Příčinou vniku jsou i místa, která se hůře zabezpečují. Jedná se především o různé prostupy šroubů pro kotvení lišt a parapetů do rámu okna, které vznikají při zabudování nebo i příčiny, které jsou zaviněné již při výrobě okna. Jde o špatnou konstrukci rámu křídla, špatné členění profilu, jeho špatné odvodnění případně neodborné svaření. Tyto příčiny vniku vody by měly být systémově řešeny výrobcem oken a okna dodávaná na trh by neměla na tyto výrobní a konstrukční nedostatky trpět. Při výběru optimálního



okna jde následně o to, aby bylo správně zabudované a samotné nebylo poškozeno při manipulaci, zabudování a kotvení prvků do něj.

Množství vody, která vnikla při zkouškách v Rakousku ke konstrukci stavby je viditelné na grafu 1, který ukazuje množství vniklé vody v gramech, při zátěži deštěm s různým simulovaným tlakem větru. Vše bylo prováděno při trvání zátěže 5 až 15 minut v rozmezí od slabého běžného deště až do síly orkánu. Celá zkouška probíhala podle předpisu DIN EN 1027 a to ve dvou cyklech s tlakem větru do 600 Pa. Zkouška trvala 1 hodinu s postupným zvyšováním tlaku o 50 Pa každých 5 minut. Během zkoušky se zároveň měnila teplota prostředí.



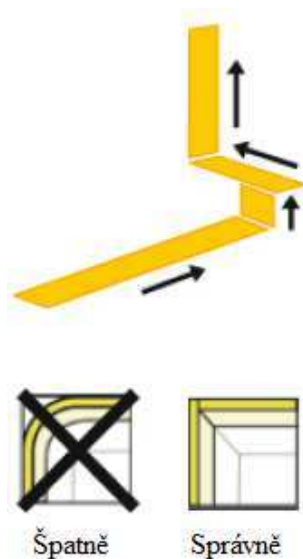
**Graf 1- Množství vniklé vody ke konstrukci při postupném zvyšování tlaku <sup>(7)</sup>**

Z grafu 1 je vidět, že množství vody vnikající ke konstrukci není zanedbatelné. Graf ukazuje celkové množství proniklé vody po určitém času zátěže (zelená křivka) a přírůstky vniklé vody během každého úseku (hodnoty v rámečcích). Toto množství je součtem vstupů přes všechny netěsnosti, které vznikly při výrobě okna i jeho zabudování.

Pro správné zabudování okna je důležité pečlivé dotěsnění všech spár. Pro toto dotěsnění se používají nejčastěji komprimační pásy v kombinaci se samolepicími páskami, případně pospojované do různých profilů, které rovnou zabezpečují napojení na omítku, viz výše. Provedení utěsnění musí být kolem dokola okna a musí vzájemně navazovat. Schéma provedení je viditelné na obrázku 18, kde je červeně vyznačená linie, kde by mělo být provedeno zatěsnění. Komprimační pásy by zároveň nikdy neměly být v místě rohů ohýbány, nýbrž by měly být provedeny na sraz. V případě jejího ohnutí přes roh vzniká tlak na roh a tahové napětí v pásce, které zapříčiní nedokonalé dotěsnění v tomto místě. Správné napojení je zobrazeno na obrázku 19.



**Obr. 18- Schéma linie těsnění <sup>(7)</sup>**



Obr. 19- Spojení a přechod komprimačních pásek v rozích <sup>(7)</sup>

Dalším detailem, který může být nebezpečný a zatím je podceňovaný, jsou drážky v rámu okna, případně mezi rámem a hliníkovým obložením. Tyto drážky, které nejsou od výrobce z pravidla utěsněné, je nutné dotěsnit před montáží okna, protože po jeho zabudování je to již nemožné. Při hliníkovém obkladu oken je obklad i s drážkou širší než je vlastní šířka parapetu, který bývá překryt izolací. Z tohoto důvodu musí být drážky ve spodní části okna na obou stranách uzavřeny pomocí izolační hmoty. Uzavření těchto drážek je viditelné na obrázku 20.



Obr. 20- Uzavření drážek v rámu okna a u ALU obkladu <sup>(4)</sup>

Za hlavní izolační vrstvu je považován venkovní parapet, po kterém by mělo odejít většinové množství vody, zahnané k oknu. Jeho správné osazení zabezpečuje nižší nároky na druhou izolační vrstvu, která je umístěna pod ním. Při osazení parapetu je nutné brát ohled na jeho možnou dilataci, která je zapříčiněna teplotní roztažností materiálu. Především u hliníkových a plechových parapetů s tmavým odstínem v letním období je roztažnost materiálu relativně velká a výrazně se projevuje. Pro tyto účely byly vyvinuty různé druhy parapetních koncovek, které umožňují dilataci a měly by být používány. Při větších rozponech parapetů je tato dilatace umožněna i v místě spojení jednotlivých dílů. To by měli mít ošetřené výrobci a dodávat potřebné příslušenství.

Po zabezpečení možné dilatace je důležité při montáži a už i během objednávek myslet na správný sklon a přesah parapetu přes fasádu. Sklon parapetu by měl být minimálně 5°, tj. přibližně 8,8%. Přesah přes fasádu by měl být minimálně 40mm. Při použití kamenných parapetů by měla být vzdálenost okapové drážky od fasády minimálně 30mm.

Napojení parapetu na okno je standardně prováděno pomocí vrutů. Tyto vruty by měly procházet přes podložku s pryžovým těsněním, aby nedocházelo k zatékání vody okolo jejich hlav. Zároveň mezi parapetem a oknem by měla být použita pro utěsnění komprimační páska. Při připevnění parapetu k oknu je důležité také zohlednit možný pohyb parapetu kvůli změnám teploty. Toto lze řešit např. podlouhlými otvory pro kotvící šrouby.

Při montáži parapetu je nutné také brát zřetel na to, aby nedošlo k uzavření odtokových kanálků okna. Minimální vzdálenost mezi parapetem a odtokovým kanálkem musí být 5mm. Totéž platí i při následném zabudování vodících lišt pro rolety nebo žaluzie. Tyto lišty nesmí končit až na ploše parapetu, nýbrž musí mít minimálně 5mm odstup.

## 5. Správné umístění okna ve stěně

Při výběru vhodných materiálů pro zabudování okna, správném výběru okna je důležitým předpokladem výběr vhodné varianty umístění okna v rámci tloušťky stěny. V principu lze říci, že umístění se v pasivních domech provádí do roviny tepelné izolace. V případě, že máme stavbu v provedení sloupkové dřevostavby, kde je izolace již mezi sloupky, tak nevzniká problém s přenosem zátěže od výplně otvoru. Ale v případě, že nosná konstrukce je např. z CLT panelů, kde tloušťka nosné konstrukce nebývá tak velká, je poté nutné okno vynést do roviny tepelné izolace pomocí např. OSB kastlíků nebo jiných systémů, které kombinují např. compafoam, polyuretan s jinými kotvicími prvky. Důležité je toto vynesení dobře posoudit, protože celková hmotnost dnešních oken je velká, především z důvodu využívání trojskel a jiných systémů. Zatímco plochy a tím i váha skel se zvyšuje ve snaze většího využití solárních zisků, konstrukce rámců oken je oslabována, protože nepřináší žádné tepelné zisky a jak již bylo řečeno, tvoří nejslabší článek budovy.

Určení optimální polohy okna ve stěně je nutným předpokladem pro správné fungování stavby. Před posouzením je potřebné zvolit si typ okna, který bude zabudován, mít ujasněný konstrukční systém domu a skladbu stěny. Po vytvoření detailu ve více variantách, kde se okno postupně posouvá, následuje jejich posouzení, kde z výsledků a jednoduchého výpočtu nalezneme ideální variantu.

Veličina, využitá pro určení správné polohy, při řešení přípojovací spáry okna, se nazývá „Lineární činitel prostupu tepla“. Tato veličina charakterizuje tepelně technické vlastnosti dvourozměrných tepelných mostů a vazeb. Vyjadřuje množství tepla ve  $W$ , které prochází při jednotkovém teplotním rozdílu jednotkovou délkou tepelného mostu. <sup>(8)</sup>

### 5.1 Metodika určení ideální polohy okna

Pro tuto práci bylo zvoleno umístění okenní výplně do dřevostavby, která je tvořena nosnou konstrukcí z CLT panelu s tloušťkou 150mm. Z interiérové strany je vytvořena předstěna s tloušťkou nosné latě 50mm, ve které není vložena tepelná izolace a ve výpočtu je uvažován jako vzduchová mezera. Na latích je jako opláštění použit

sádrokarton s tloušťkou 15mm. Ze strany exteriéru je vrstva izolace tvořená z polystyrenu tloušťky 220mm a omítkou o tloušťce 5mm. Výplň otvoru, která je použita v modelu, tvoří okno od firmy Slavona a jedná se model „Progression“. Toto okno je standardní model pro zabudování do pasivních domů, je tvořeno dřevěným profilem, který je posazen na korkové lože a dovírá se k profilu z thermowood. Zasklení je řešeno pomocí izolačního trojskla a zajištěno pomocí pryžového těsnění. V profilu okna je uvažováno i s celoobvodovým kováním, vyrobeného z ocele. Okno je vyneseno do vrstvy tepelné izolace pomocí kastlíku tvořeného z desek OSB s tloušťkou 22mm. V modelech jsou zanedbány vlivy spojovacích prostředků a působení vlhkosti. Modely jsou zpracovány v programu Therm a výsledek je výpočet 2D teplotní pole celého detailu ( $Q^{2D}$ ), který vychází ze zákona zachování energie. V tomto není zohledněn prostup vlhkosti detailem a v důsledku také nevyobrazuje oblasti s rizikem kondenzace. Toto lze ale následně odvodit podle průběhu teplot v detailu a relativní vlhkosti vzduchu v okolním prostředí. Hodnota tepelného odporu při přestupu tepla byla uvažována s měrou  $R_{se}=0,04\text{m}^2\text{K/W}$ ,  $R_{si-stěna}=0,25\text{m}^2\text{K/W}$  a  $R_{si-okno}=0,125\text{m}^2\text{K/W}$ .

Pro model je uvažováno s hodnotami výše uvedených materiálů, které uvádí tabulka 2.

**Tab. 2- Hodnoty součinitele tepelné vodivosti použitých materiálů**

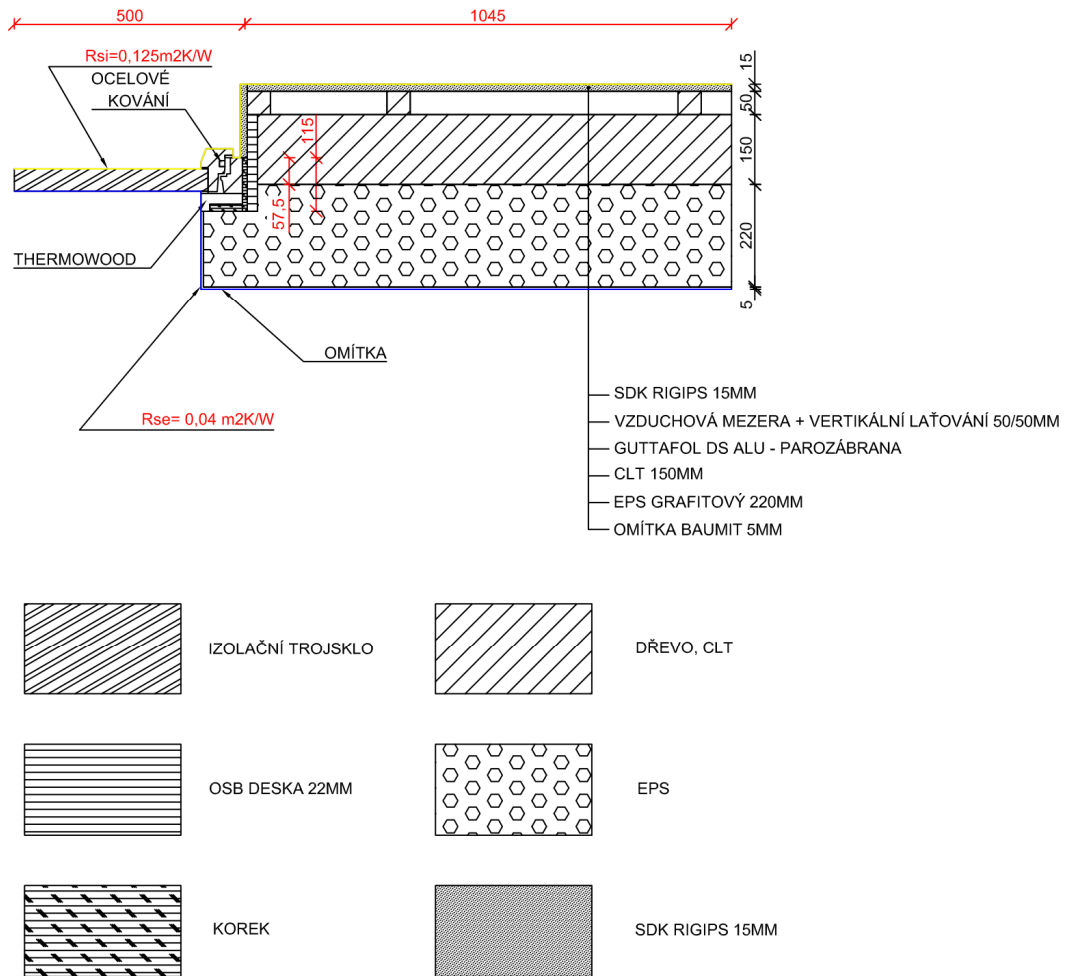
<b>Hodnoty součinitele tepelné vodivosti <math>\lambda</math> použitých materiálů [W/m*K]</b>	
CLT	0,13
Dřevo	0,13
Sádrokarton	0,22
Expandovaný polystyren (EPS)	0,033
Omítka	0,47
OSB	0,13
Korek	0,064
Thermowood	0,18
Ocel	64
Trojsklo	0,0288
Pryž	0,16

Pro určení optimální polohy jsou posuzovány detaily, ve kterých je okno posouváno z interiéru směrem k exteriéru. Určení polohy okna v každém určitém stavu je označené vždy tak, že rozměr „x“ udává vzdálenost středu rámu okna v mm od vnější hrany nosné konstrukce z CLT. Při použití znaménka mínus je okno zatlačeno směrem do interiéru a naopak se znaménkem plus vystupuje více do vrstvy tepelné izolace. Pro posouzení byly zvoleny polohy, které se pohybují po 60mm a v místě předpokládané optimální polohy, na kterou první výsledky i poukazovaly, byly následně posuny zmenšeny, aby byla zajištěna větší přesnost. Jedná se o polohy od +40 do +70mm, kde okno je posouváno po 10mm. Pro přesnost a demonstraci nutnosti přetažení zateplovacího systému přes rám okna, byly modelovány detaily se zateplením přes celý rám a i přes polovinu rámu. Modely byly zpracovány jak ve svislém tak ve vodorovném řezu.

Teploty, vstupující do výpočtů a i do modelů jsou pro interiérové prostředí 20 °C a pro exteriérové prostředí -15 °C. Rozdíl teplot tedy čítá hodnotu 35 °C. Při modelování byly vytvořeny modely, které vyobrazují svislý řez detailu s výškou okna 1120mm. Výška parapetu v tomto řezu je 1050 mm, výška nadpraží 500 mm. V modelu bylo uvažováno s pruhem detailu o šířce 1000 mm. Ve vodorovném řezu je uvažováno s délkou okna 500mm a výškou 1000mm a stěnou o délce 1040mm a výškou 1000mm. Při tvorbě a posouzení modelů byly výpočtem v programu Therm určeny součinitele prostupu tepla stěny na hodnotu  $U_s=0,1208 \text{ W/m}^2\text{K}$  a okna  $U_w=0,6154 \text{ W/m}^2\text{K}$ , které byly ověřeny v programu Teplo. Tyto hodnoty a hodnota celkového tepelného toku detailem  $Q^{2D}$ , která je výsledkem modelace z programu Therm, vstupují následně do výpočtu lineárního činitele prostupu tepla podle následujícího vzorce:

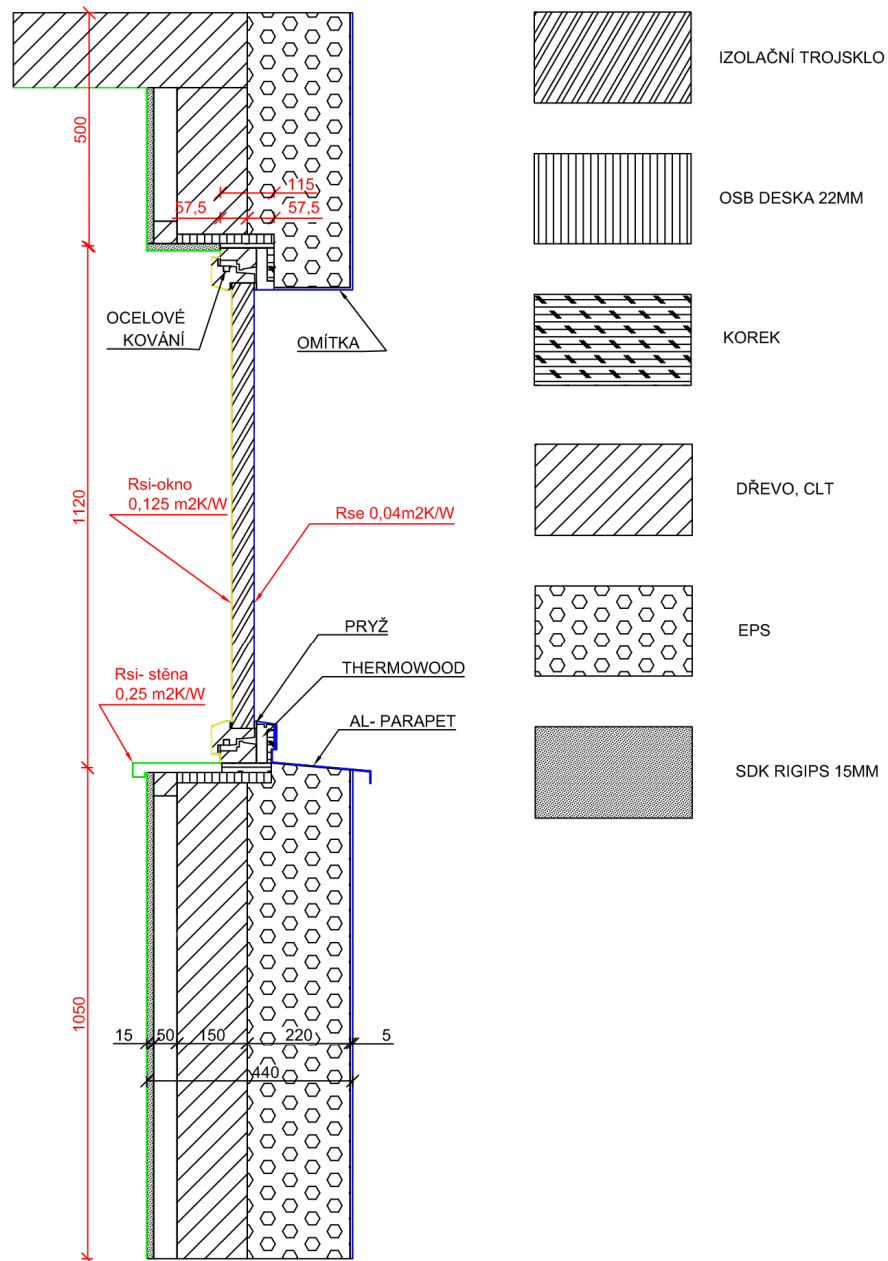
$$\Psi=(Q^{2D}-\Delta T*U_s*A_s-\Delta T*U_w*A_w) / \Delta T \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Vytvořený model s vyznačením započítaných rozměrů ukazují obrázky 21 a 22. Na těchto obrázcích je vidět osazení okna v jeho nulové poloze ve svislém a vodorovném řezu a je zde popsána skladba stěny. Zároveň jsou uvedeny druhy materiálů použité pro zabudování a okrajové podmínky výpočtu



**Obr. 21- Vodorovný řez modelovým detailem - výchozí poloha**





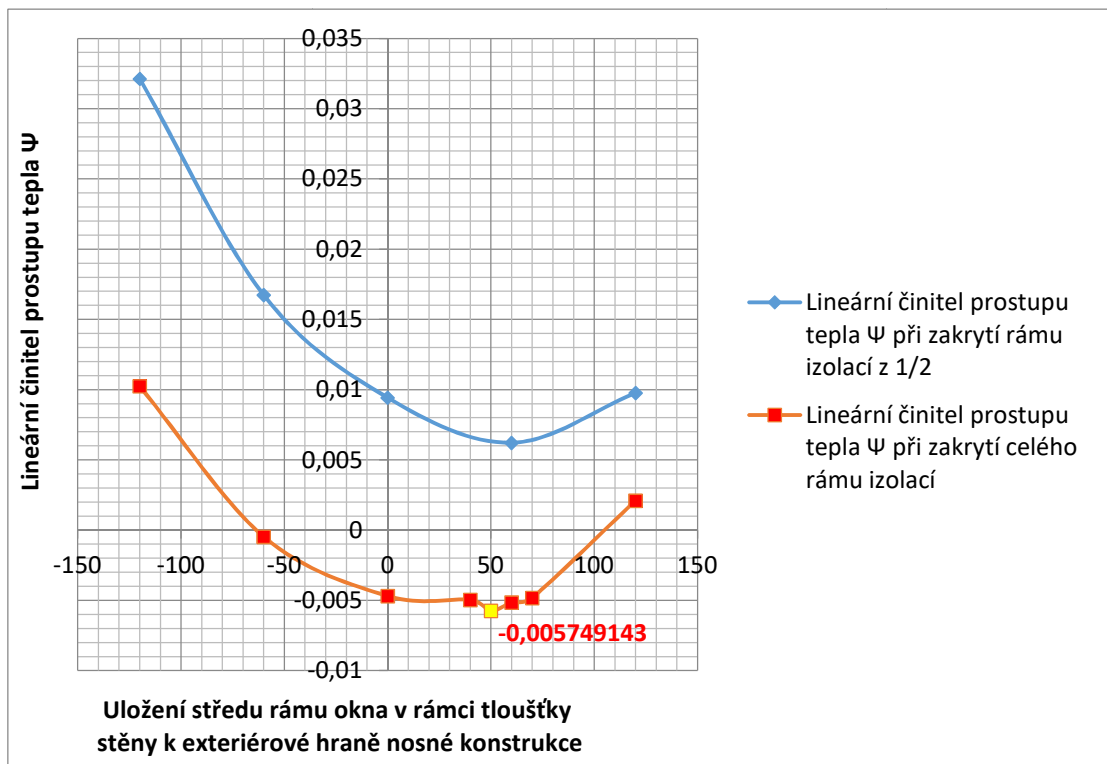
Obr. 22- Svislý řez modelovým detailem- výchozí poloha

## 5.2 Výsledky modelování s vypočtenými hodnotami lineárního činitele prostupu tepla

Výstupy z modelů vodorovného řezu uvádí tabulka 3. Tato tabulka ve své hlavičce ukazuje veličiny s konstantními hodnotami, které vstupují do výpočtů. Jsou zde uvedeny teploty v interiéru, exteriéru a jejich rozdíl, součinitel prostupu tepla přes celé okno včetně rámu, (výstup z modelu v programu Therm) a součinitel prostupu tepla stěny, (také výstup z modelu v programu Therm). Délka stěny a okna jsou hodnoty, které jsou vidět z obrázku 21, jako červeně znázorněné kóty. Z uvedených hodnot a hodnot získaných z modelů, tj. tepelného toku, vycházejí údaje lineárního činitele prostupu tepla ke každé poloze okna. Za předpokladu konstantních vlastností materiálů, konstantních rozměrů okna a stěny a ustálených podmínek okolního prostředí lze z Tabulky 3 vyčíst, že nejvhodnější poloha okna je, když je střed okna odsazen 50mm od vnější hrany nosné konstrukce směrem k exteriéru. Z hodnot v této tabulce je také patrné, že nezanedbatelný vliv má i překrytí rámu tepelnou izolací. Pro lepší názornost jsou údaje přeneseny do grafu 2, který zobrazuje 2 křivky. Modrá křivka ukazuje hodnoty lineárního činitele prostupu tepla pro modely s polovičním překrytím rámu izolací a červená s úplným. Pro úplné překrytí bylo vytvořeno v nejlépe vycházející zóně více bodů, kvůli větší přesnosti polohy. Žlutě označený bod vykresluje optimální polohu okna. U tohoto bodu je zároveň uvedena i číselná hodnota.

Tab. 3- Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla- vodorovný řez

Vstupní konstantní údaje:					
Teplota v interiéru $T_i$ [°C]	20	Délka okna [m]	0,5	Délka stěny [m]	1,04
Teplota v exteriéru $T_e$ [°C]	-15	Plocha okna [m <sup>2</sup> ]	0,5	Plocha stěny [m <sup>2</sup> ]	1,04
Rozdíl teplot $\Delta T$	35	Součinitel prostupu tepla okna $U_w$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,6154	Součinitel prostupu tepla stěny $U_s$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,1208
Varianta	Tepelný tok Q2D [W]	Lineární činitel prostupu tepla $\Psi$	Poloha k x		
1	Překryté 1/2, x=-120	16,2913	0,032133714	-120	
2	Překryté 1/2, x=-60	15,7525	0,016739429	-60	
3	Překryté 1/2, x=0	15,4969	0,009436571	0	
4	Překryté 1/2, x=60	15,3844	0,006222286	60	
5	Překryté 1/2, x=120	15,5084	0,009765143	120	
6	Překryté 1/1, x=-120	15,5253	0,010248	-120	
7	Překryté 1/1, x=-60	15,1504	-0,000463429	-60	
8	Překryté 1/1, x=0	15,0024	-0,004692	0	
9	Překryté 1/1, x=40	14,9928	-0,004966286	40	
10	Překryté 1/1, x=50	14,9654	-0,005749143	50	
11	Překryté 1/1, x=60	14,9864	-0,005149143	60	
12	Překryté 1/1, x=70	14,9979	-0,004820571	70	
13	Překryté 1/1, x=120	15,24	0,002096571	120	

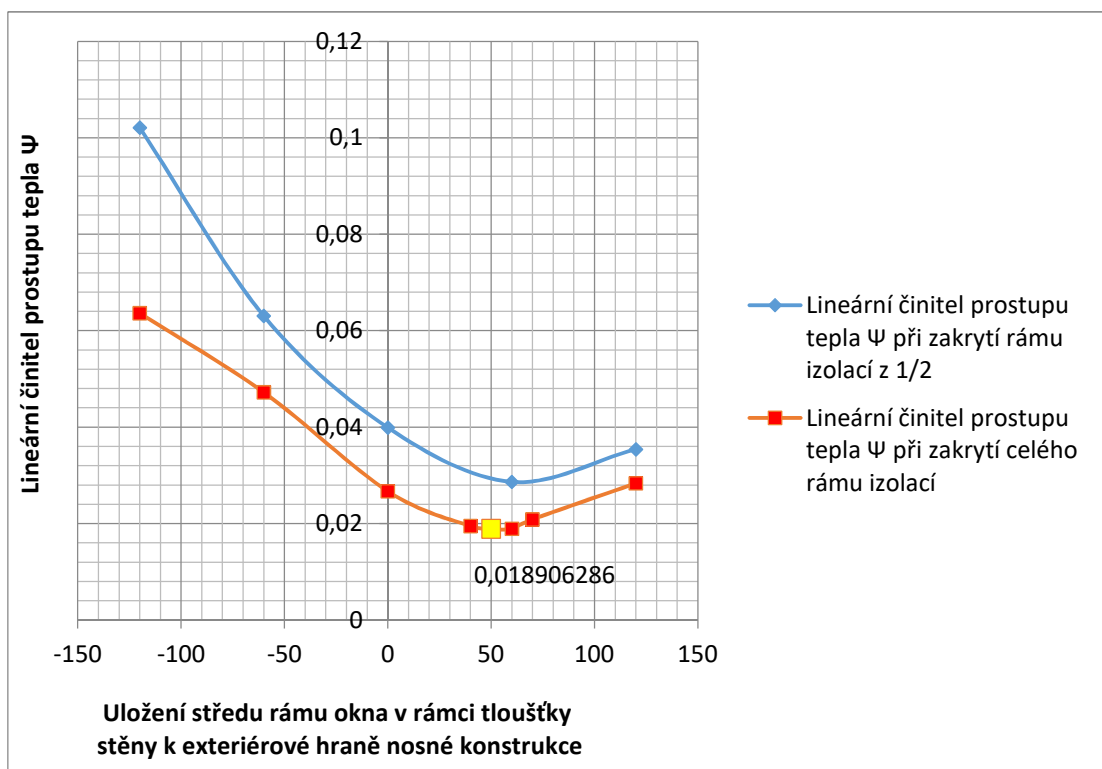


Graf 2- Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla - vodorovný řez

Pro kontrolu výsledků z výše uvedené tabulky a grafu byly zpracovány i detaily okna ve svislém řezu. Předpokladem bylo, že hodnoty, které udají polohu okna při zachování konstantních okrajových podmínek, budou sice rozdílné, protože rozměry detailu jsou jiné a ve svislém řezu zohledňují i vliv parapetu, ale výsledná poloha by měla být stejná. Po vytvoření identických modelů pro svislý řez byly opět tyto posouzeny v programu Therm. Předpoklad se tímto potvrdil a poloha, která vychází z následných výpočtů je opravdu stejná jako je poloha vycházející z modelů ve vodorovném řezu. Vypočtené údaje ke svislému řezu ukazuje Tabulka 4 a Graf 3.

**Tab. 4 - Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla- svislý řez**

Vstupní konstantní údaje:						
	Teplota v interiéru $T_i$ [°C]	20	Výška okna [m]	1,12	Výška stěny [m]	1,55
	Teplota v exteriéru $T_e$ [°C]	-15	Plocha okna [m <sup>2</sup> ]	1,12	Plocha stěny [m <sup>2</sup> ]	1,55
	Rozdíl teplot $\Delta T$	35	Součinitel prostupu tepla okna $U_w$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,6154	Součinitel prostupu tepla stěny $U_s$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,1208
	Varianta		Tepelný tok Q2D [W]	Lineární činitel prostupu tepla $\Psi$		Poloha k x
1	Překryté 1/2, x=-120		34,251	0,102112		-120
2	Překryté 1/2, x=-60		32,8848	0,063077714		-60
3	Překryté 1/2, x=0		32,0744	0,039923429		0
4	Překryté 1/2, x=60		31,6801	0,028657714		60
5	Překryté 1/2, x=120		31,9165	0,035412		120
6	Překryté 1/1, x=-120		32,9039	0,063623429		-120
7	Překryté 1/1, x=-60		32,3302	0,047232		-60
8	Překryté 1/1, x=0		31,6119	0,026709143		0
9	Překryté 1/1, x=40		31,3594	0,019494857		40
10	Překryté 1/1, x=50		31,3388	0,018906286		50
11	Překryté 1/1, x=60		31,3403	0,018949143		60
12	Překryté 1/1, x=70		31,4078	0,020877714		70
13	Překryté 1/1, x=120		31,67	0,028369143		120



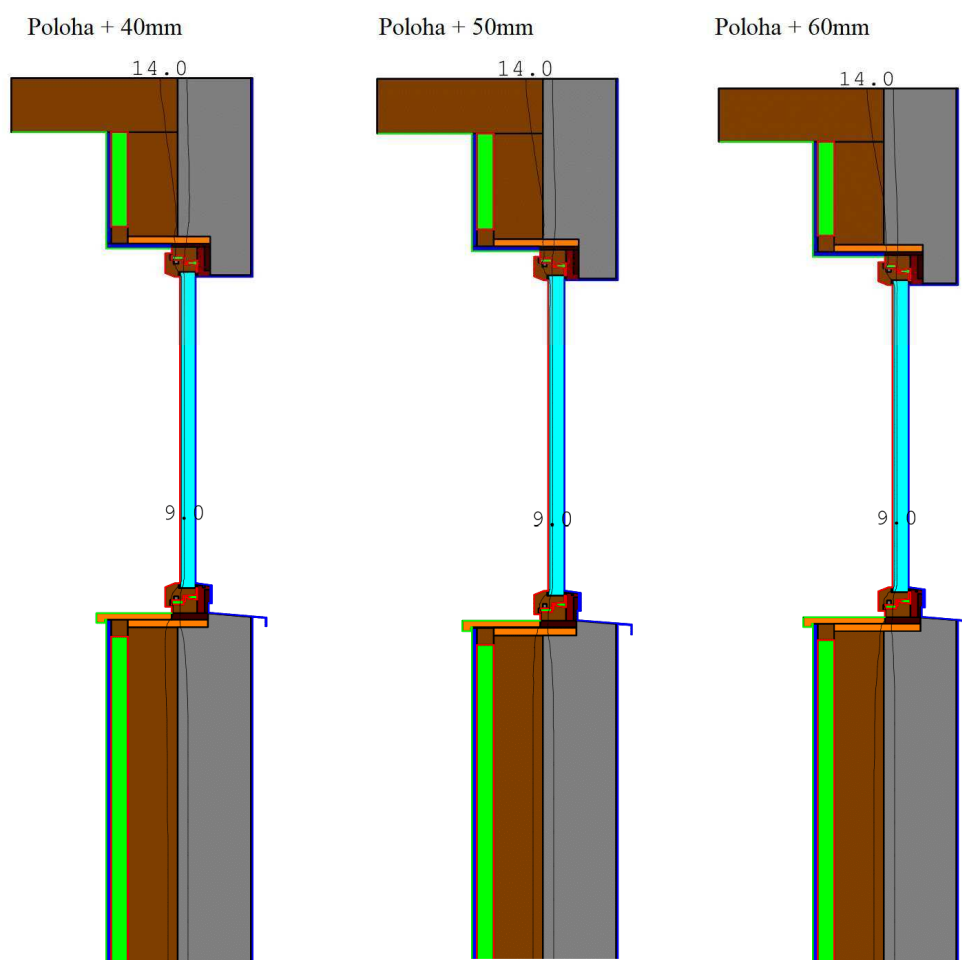
**Graf 3- Hodnoty lineárního činitele prostupu tepla- svislý řez**

Z výše všech uvedených výpočtů, které byly modelovány lze potvrdit, že optimální poloha okna v rámci tloušťky stěny se nachází v rovině tepelné izolace. Je však nutné podotknout, že větší vysunutí neznamená lepší osazení. Při větším vysunutí směrem k exteriéru se snižuje tloušťka izolace, překrývající rám okna a prostup tepla je v konečném důsledku vyšší. Zároveň jsou také větší náklady na kotvící prostředky okna, které musí být únosnější, protože musejí trvale přenést vlastní tíhu okna a ostatní zátěže na větším rameni do nosné konstrukce a tím zabezpečit funkčnost okna a jeho okolí. Při použití jiného konstrukčního systému, např. sloupkové konstrukce, je možný posun okna více do interiéru budovy oproti poloze, která je uváděna. Tímto je pouze poukázáno na fakt, že výsledek, který je uveden, neplatí pro každé okno v jakékoli konstrukci, ale pouze pro skladbu zde posuzované stěny a pouze pro okno, které je zde použité. Každý detail je proto potřebné vždy posoudit individuálně.

Při modelování reálného detailu, který bude využit pro montáž konkrétního okna, je možné z lineárního činitele prostupu tepla přepočtem získat i peněžní hodnotu, která vyjadřuje zbytečně protopenou částku, o kterou přicházíme při kterém umístění.

Následným porovnáním s nutnými náklady na materiály, potřebné pro ukotvení okna lze říci, jaká poloha je opravdu pro výsledného zákazníka nejlepší.

Po vytvoření výše uvedených modelů bylo myšleno i na možnost vzniku kondenzátu v okolí okna, a proto ve třech nejlépe vycházejících polohách byly vyznačeny i průběhy teplot, při které vzniká kondenzace za předpokladu teploty interiérového vzduchu 20°C a relativní vlhkosti vzduchu 50%. Při těchto hodnotách je teplota rosného bodu 9,29°C a je zde riziko vzniku kondenzátu. Průběhy isoterem s rizikovou hodnotou ve vybraných polohách ukazuje obrázek 23. Je viditelné, že tato teplota není nikdy na vnitřním povrchu stěny a proto za těchto podmínek v místě okna ani ostění kondenzát vznikat nebude. Je také znatelné, že pokud se s oknem bude pohybovat v rozmezí několika málo centimetrů, tak se průběh teplot nijak výrazně nezmění.



Obr. 23 - průběh isoterem detaily

V konečném důsledku to pak znamená, že pokud se rozhodneme posunout okno o 1-2 cm směrem do interiéru např. z důvodu finančních nákladů (viz výše) nemělo by to mít znatelný vliv na riziko kondenzace vodních par. Přesto je vhodné si výsledný detail posoudit. Povrchové teploty v místě styku nadpraží okna s oknem v těchto třech detailech se pohybují v rozmezí od 16,1°C do 16,2°C, na styku okenního rámu se sklem je to 16,5°C, uprostřed zasklení je to 17,6°C a ve styku okenního rámu s vnitřním parapetem je to 15,3°C. Tuto nízkou teplotu v místě styku vnitřního parapetu s okenním rámem zapříčiňuje oslabení tepelné izolace venkovním parapetem. Existuje možnost řešení tohoto detailu pomocí osazení okna na klíny z izolačních materiálů, např. Compacfoam aj. Při použití těchto hmot, které mají jak izolační vlastnosti, tak velmi dobrou únosnost a pevnost, není nutné použít pro vynesení okna OSB kastlík.

## 6. Návrh optimálního osazení okna a postup pro jeho provedení

Z předešlých výpočtů je zřejmé, že optimální poloha v uvažované stěně použité v modelech je při vzdálenosti středu okna 50 mm od vnější hrany nosné konstrukce z CLT panelů směrem k exteriéru. V této poloze dosahuje lineární činitel prostupu tepla nejnižší hodnotu a detail vykazuje nejmenší úniky tepla přes přípojovací spáru. Z posudku také vyplývá, že pro pasivní dům je vhodné překrýt celý okenní rám tepelnou izolací. Na základě těchto poznatků byl navržen detail osazení, kde je zachována optimální poloha a schematicky vyznačeno provedení izolačních rovin. Detail je přiložen k této práci jako Příloha 1.

V tomto detailu je zakreslena konstrukce stěny s osazením okna Progression od české firmy Slavona. Okno je vyneseno do vrstvy tepelné izolace pomocí kastlíku z OSB s tloušťkou 22mm, která je kotvená ke konstrukci z CLT pomocí stavebních vrutů. Zateplení z expandovaného polystyrenu je následně celoplošně nalepeno na konstrukci a v místě parapetu je vytvořen sklon s úhlem 5° směrem od okna. Sklon lze vytvořit prefabrikovanými klíny nebo seříznutím. Na tento seříznutý polystyren je následně na vnější roh přiložen plastový profil, který má na své jedné straně připojenou armovací síťku, pomocí níž je spojen s venkovní omítkou. Zároveň na této straně je vytvořena okapová hrana, která zabrání stoku vody po povrchu omítky. Profil, který je zde použit, má zároveň vytvořenou hranu, která ukončuje omítku. Jak je v Příloze 1 vidět, armovací síťka jdoucí z plochy překrývá síťku profilu, čímž zabezpečuje kvalitní propojení a omezení možnosti praskání omítky v oblasti pod parapetem. Vrchní část rohového profilu dosedá na plochu parapetu a je na ni napojena druhá izolační rovina. Profil je vyznačen v Příloze 1 tmavě modrou barvou a armovací síťky uložené v podkladní vrstvě omítky jsou vyznačeny čárkovanou čarou oranžové barvy.

Dalším krokem provedeným při tvorbě druhé těsnící roviny je vytvoření jakési vany pomocí bitumenové fólie. Tato samolepicí fólie by měla odpovídat svojí délkou



šířce montážního otvoru plus minimálně 30cm. Před jejím nalepením by měla být ohnuta parotěsná vrstva tvořená v této variantě fólií Guttafol DS alu přes hranu OSB desky tvořící kastlík a její uchycení na plochu parapetu. Když je parotěsná vrstva přichycena může být započnuto lepení bitumenovou páskou, která by měla odpovídat svojí šířkou tomu, aby dokázala spojit vrchní část plastového rohového profilu pod parapetem a parotěsnou vrstvu. Nalepení této pásky by mělo být provedeno pečlivě, a to tak, aby nevznikaly zbytečné hrby nebo vrásky. Páska musí přesahovat na plochy ostění minimálně do výšky 15cm. Tímto se vytvoří právě pomyslná vana. Po této vaně bude následně zprostředkován odtok případně vniklé vody pod parapetem, a proto by měla být kvalitně provedena, ničím nepoškozena a se spádem směrem od okna minimálně 5°. Tento spád v mém případě zabezpečuje seříznutý polystyren. V detailu je parotěsná fólie označena světle modrou čárkovanou čarou a bitumenová páska fialovou čerchovanou čarou.

Po této přípravě otvoru lze přejít k samotné montáži okenní výplně. Okno Slavona Progression je dřevěné okno stojící na korkovém základě. Pro kvalitní napojení okna na druhou izolační rovinu byla využita také bitumenová páska, která však není pouze jednostranně lepicí. Páska využitá pro propojení je nanesena lepicí hmotou v jedné své polovině na lícové straně a ve druhé polovině na rubové straně. Tímto vzniká možnost pásku nalepit před umístěním okna do otvoru na rám okna a po jeho montáži propojit s druhou těsnící rovinou. V případě, že okno použité do stavby má po obvodu nějaké drážky, např. při obkladu hliníkovými profily, je nutné před vložením okna do otvoru tyto drážky utěsnit těsnící hmotou. Na okno ještě upevníme ocelové páskové kotvy, které budou okno kotvit do stěny. V navrhovaném řešení je uvažováno s montáží okna do otvoru z exteriérové strany, kterou používají firmy, produkující dřevostavby v Evropě. Tato montáž je z důvodu výroby domů z celostěnových panelů, kde je nanášena podkladní vrstva omítky v ploše před montáží oken. Při montáži okna z exteriérové strany je vhodné si nejdříve připevnit sádrokarton na ostění z vnitřní strany, čímž se vytvoří ostění, ke kterému se okno dorazí. Než se však sádrokarton připevní, je důležité ohnout parotěsnou fólii v ploše směrem do otvoru a po ukotvení sádrokartonu na ostění a nadpraží ji ohnout přes něj zpět. Tato poloha může být fixována např. sponkou. Pro dokonalé napojení parotěsné vrstvy je důležitá přesnost montáže sádrokartonu na ostění a nadpraží a vzájemná rovinnost. Parotěsná vrstva musí

být zároveň prolepena v rozích. Na ohnuté parotěsné fólii je následně nanesen těsnící tmel a to přesně na plochy, které budou doléhat na rám okna. V tomto případě by tmel neměl být nanášen úplně k hraně a v příliš silné vrstvě, aby se zabránilo jeho výtoku do interiéru. V případě vytečení by mohl poškodit rám okna. Po nanesení tmelu umístíme na parapet distanční podložky do míst, kde se okno opírá podle předpisu výrobce, v navrhovaném případě jde o podložky s tloušťkou 1cm tvořené z plastu.

Poté může být přistoupeno k samotné montáži. Jak už bylo zmíněno výše, okno je vsunuto ze strany exteriéru, a to pomocí podtlakového manipulátoru nebo ručně. Opřením o podložky a domáčknutím na již připravené sádkartony s parotěsnou vrstvou nanesenou lepidlem uvnitř na ostění a nadpraží je vytvořen na všech plochách kromě parapetu parotěsný spoj. Pro kvalitní dotlačení a zároveň ukotvení jsou použity připravené pásové kotvy, skrz které pomocí vrutů je profil dotažen ke konstrukci. Před tímto finálním dotažením musí být okno přesně srovnáno. Po této operaci je nutné napojení parotěsné vrstvy v interiéru v oblasti parapetu. Toto lze jednoduše provést pomocí samolepící parotěsné pásky, která spojí rám okna s parotěsnou vrstvou na parapetu. Po nalepení této pásky lze přistoupit k zapění připojovací spáry nízkoexpanzní polyuretanovou pěnou. Po zapění se provede slepení bitumenové pásky, která jde z rámu okna s druhou těsnící rovinou tvořící vanu. V místě ostění a nadpraží se následně přelepí připojovací spára z exteriéru difúzně otevřenou páskou.

Po těchto úkonech můžeme přistoupit k montáži samotného parapetu na straně exteriéru. V přiloženém detailu je zvolen hliníkový parapet, který je ukončen koncovkami zapuštěnými pod omítku. Tyto koncovky mají tvar „U“ a jsou naraženy na ohýbaný parapetní profil. V koncovkách je zároveň umožněna dilatace tohoto profilu po délce. Před montáží parapetu je nutné parapet připravit naražením koncovek a nalepením těsnící komprimační pásky na plochu styku s okenním rámem. Příprava parapetní plochy, kterou parapet překrývá, spočívá v umístění podložek tvořených z kostiček polystyrenu, které slouží jako distanční prvek pro vytvoření spáry pro umožnění odtoku vody, a v nanesení vhodného lepidla, které bude parapet kotvit. Toto lepidlo musí být nanášeno v pružích ve směru odtoku vody, vzdálených cca 15cm od sebe. Lze jej nanášet i rovnoběžně s rámem okna, ale poté musí být vytvořené kanálky, kudy bude mít voda možnost odtéct. Na hraně parapetu je osazena ještě komprimační páska, která bude tvořit uzávěr mezi venkovním prostředím a prostředím pod

parapetem. Tato páska je nalepena rovnoběžně s okenním rámem, ale má právě vytvořené mezery, kudy voda může odtékat. Nikdy nesmí být tato páska natažena bez mezer v jednom kuse! Zároveň pruhy z lepidla pro kotvení parapetu by neměly být úplně dotaženy k této pásce ani k rámu okna, aby nebylo zamezeno proudění vzduchu. Pokud je toto vše připraveno, je možné osadit parapet a po zkontrolování správného sklonu jej připevnit pomocí vrutů s pryžovým těsněním pod hlavou skrz podlouhlé otvory k rámu okna.

Jak je uvedeno v začátcích této práce, druhá izolační vrstva je brána jako pojistná, a proto je velmi důležité správné napojení polystyrenu ostění a omítky na rám okna a na parapetní profil, respektive koncovky profilu. Napojení lze realizovat pomocí těsnících komprimačních pásek, které jsou uloženy na styku mezi tepelnou izolací a rámem okna a napojením na koncovky parapetu. Důležité je, aby na okenním ostění nebyla páska ohnutá přes roh. V tomto místě se provádí pásky na sraz nebo se vytváří malá smyčka, viz Obrázek 24.

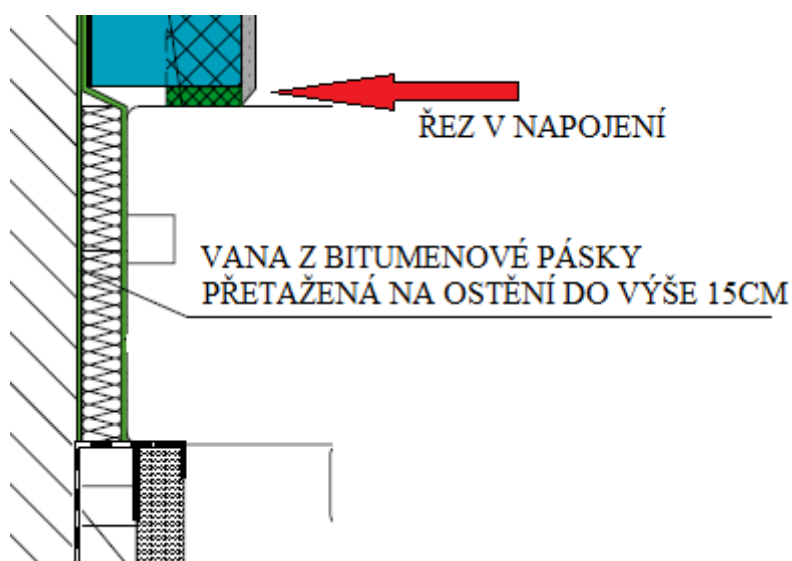


**Obr. 24 přechod komprimační pásky přes roh <sup>(7)</sup>**

Komprimační páska musí být vedena nejen při horní ploše parapetní koncovky, ale musí být zaizolována i plocha mezi koncovkou a ostěním. Provedení těsnění ostění pomocí komprimačních pásek je znázorněno v Příloze 1 červenými plochami se šrafovou. Oblast, kde je pouze šrafa, je schována za parapetní koncovkou. Okenní ostění musí být

následně dokončeno vrstvou omítky. Jako nejlepší i když dost pracná varianta je využití APU- lišt, kdy na rám okna doléhá lepící komprimační páska, ta vychází z plastového profilu, na který doléhá finální omítka. V tomto profilu je integrovaná armovací síťka, která ho propojí s omítkou. Tuto lištu lze použít v ostění i nadpraží okna pro správné napojení rámu s omítkou, ale i pro napojení omítky na parapetní koncovky. Pro kvalitní spojení omítky ostění s omítkou v ploše stěny na rohu pak použijeme rohový profil také s integrovanou armovací síťkou. Důležité je, aby armovací síťky měly dostatečný překryv a byly uloženy ve vnější třetině tloušťky výztužné vrstvy omítky.

Jak již bylo zmíněno, je napojení pomocí APU-lišt relativně pracné a lišta je poměrně drahá. Při výrobě jednoho domu jsou náklady zanedbatelné, ale při produkci vyššího počtu domů především ve velkovýrobě, kde jsou použité linky a produkují se celostěnové panely se od použití těchto lišt záměrně ustoupilo. Především u německých a rakouských firem zabývajících se velkovýrobou montovaných dřevostaveb se osvědčil způsob proříznutí vrstvy omítky nožem nebo špachtlí těsně po jejím nanesení. Toto proříznutí probíhá po styčné hraně mezi rámem okna, parapetní koncovkou a okenním ostěním a nadpražím. Tímto naříznutím je vlastně předurčeno místo, kde vznikne prasklina při jakémkoli pohybu. Pokud je pečlivě provedené napojení izolační vrstvy na okenní rám a koncovky parapetu, není potřeba se tohoto provedení bát. Utěsnění je v tomto případě zajištěno komprimačními páskami, podle výše uvedeného popisu. Myšlený řez ukazuje Obrázek 25.



**Obr. 25** Cílené oslabení omítky u napojení na rám okna ve vodorovném řezu <sup>(7)</sup>

Pokud bude detail zpracován podle výše uvedeného postupu, je zajištěno, že ke konstrukci nebude umožněn přístup vody. Pokud by se voda při velkém tlaku vzduchu dostala pod parapet, představující 1. izolační rovinu, bude tímto řešením zajištěn její odtok od okna a odkap přes profil pod parapetem pryč. Pokud by nebyl použit tento nebo jiný profil s možností odkapu, hrozí riziko zatékání vody pod rovinu omítky nebo její stékání po omítce a tvorba skvrn. Pokud by byla vytvořena druhá izolační rovina a nebyl umožněn odtok vody například tím, že omítka nebude končit na profilu, ale bude dotažena až na spodní hranu parapetu, popřípadě komprimační páska nebude přerušena, může hrozit obdobný problém a celá snaha bude zbytečná.

Vnitřní parapet je v detailu řešen pomocí profilu z dřevotřískové desky, která je olepena dekoračním materiálem. Parapet je ukotven tak, že před vložením parapetu je zkráceno ostění ze sádrokartonu přesně podle tloušťky parapetu a na plochu pod něj jsou ukotveny ohnuté ocelové páskové kotvy, které ho po jeho zasunutí budou tlačit směrem nahoru. Před zasunutím parapetu se nanese pod parapet přiměřené množství nízkoexpanzní polyuretanové pěny a parapet se zasune drážkou pod sádrokartonovým ostěním až do drážky v rámu okna, která je k tomu určená. Po zatuhnutí pěny je montáž okna dokončena.

## 7. Diskuze

Vypočtené výsledky ukazují optimální polohu okna v uvažované stěně. Tato poloha je závislá od skladby stěny, typu okna a způsobu jeho vynesení do roviny tepelné izolace. Je nutné podotknout, že tyto faktory mohou mít velký vliv na výslednou polohu. Obecně lze říci, že je nutné vždy detail individuálně posoudit výpočtem a poté přistupovat k jeho konečnému vyhotovení.

Z modelů je také zřejmé, že přetažení tepelné izolace přes rám okna hraje velký význam. Okno Slavona Progression bylo vytvořeno pro možnost přetažení celého rámu tepelnou izolací. Často se stává, že konečný zákazník nechce mít rám okna celý překrytý tepelnou izolací a tudíž je potřebné částečně s tepelnou izolací odstoupit. Stejný problém nastává v případě obkladu s větranou mezerou, kde je to automaticky prováděno. Přesto by přesah tepelné izolace přes rám okna měl činit alespoň 40 mm. Závisí to však na každém detailu.

Provedení druhé izolační roviny je uvažováno nutné opatření, které předchází problémům v případě nedokonale provedené první izolační roviny. Z praxe je jasné, že k chybám dochází a toto opatření je elegantně řeší. Důležité však je, aby provedení této roviny bylo precizně dotažené a skrz bitumenovou pásku v ideálním případě neprocházely žádné kotvící prostředky, které by mohly narušit její celistvost. Toto je ale v praxi nemožné, zvláště při montáži širších elementů. Z tohoto důvodu je vhodné, při kotvení pomocí turbošroubů použít ve spoji podložku, aby nedocházelo vlivem otáčení k trhání této vrstvy. Při použití páskových kotev, by měla vrstva vydržet. Výhoda bitumenové pásky je to, že se částečně zatáhne okolo pronikajícího spojovacího prostředku. Tato vlastnost zabezpečuje dostatečnou těsnost v okolí prostupů.

Při použití navrhovaných APU-lišt mohou vnikat problémy v místech jejich napojení. Z tohoto důvodu se lze přiklonit spíše k často používanému způsobu proříznutí omítky, které vede k částečnému oslabení a kontrolovanému praskání v tomto

místě. Tento způsob je značně levnější a to jak materiálově, tak z hlediska ceny lidské práce, a výsledek nezhoršuje celkovou estetiku stavby. Vzniklá prasklina je schována v tloušťce omítky a je vidět pouze při detailním zkoumání. Jak je výše v diplomové práci již uvedeno, těsnost zaručují těsnící komprimační pásy, které jsou pod vrstvou omítky mezi tepelně izolačním materiálem a rámem okna, případně parapetní koncovkou.

## 8. Závěr

Výstupem této práce je zpracovaný detail osazení okna v energeticky pasivní dřevostavbě přiložený k této práci. Z výsledků práce je určena optimální poloha okna v rámci tloušťky stěny, která vyšla do roviny tepelné izolace a je zde znázorněno provedení druhé izolační roviny. Zároveň je výše uveden postup realizace tohoto detailu. Řešení detailu zabraňuje možnosti vniku vody k dřevěné konstrukci stavby a zajišťuje trvalý odvod případně vniklé vody od okna. Při odtoku nehrozí znečištění omítky nebo ani zatékání pod ni. Je zde vyřešeno i napojení tepelně izolačního materiálu a omítky na rám okna tak, aby nedocházelo v místě styku ke vnikání dešťové vody a znatelnému praskání omítky. V popisu je také uveden způsob napojení parotěsné vrstvy k rámu okna, které je nutné při zabudování řešit.

Vytvořený detail není univerzální v rámci umístění okna v tloušťce stěny, ale lze univerzálně použít provedení izolačních rovin, především tvorby druhé izolační roviny a napojení tepelného izolantu na rám okna. Navržený způsob je částečně používán v německých a rakouských firmách zabývajících se výrobou dřevostaveb a odráží požadavky norem a návrhy řešení certifikačního institutu z Rakouska.



## Seznam použité literatury

- 1) Conventions for Calculating Linear Thermal Transmittance and Temperature Factors BRE- 497
- 2) ČSN 74 6077, Okna a vnější dveře – Požadavky na zabudování
- 3) KOLB, J. -- KOŽELOUH, B. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3
- 4) Richtlinie Fensterbank für deren Einbau in WDVS;  
[https://www.dataholz.eu/fileadmin//dataholz/media/HFA\\_richtlinie\\_fensterbank\\_3Aufl\\_20150801.pdf](https://www.dataholz.eu/fileadmin//dataholz/media/HFA_richtlinie_fensterbank_3Aufl_20150801.pdf)
- 5) ŠUBRT, R., Okna a dveře, Způsoby osazení a kotvení; <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/291-zpusob-osazeni-a-kotveni>
- 6) [www.5m.cz](http://www.5m.cz)
- 7) [www.prefa-kompozity.cz](http://www.prefa-kompozity.cz)
- 8) [www.predsazenamontaz.cz](http://www.predsazenamontaz.cz)
- 9) [www.tremco-illbruck.com](http://www.tremco-illbruck.com)
- 10) [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)
- 11) [www.slavona.cz](http://www.slavona.cz)
- 12) [www.inthermo.de](http://www.inthermo.de)

## Seznam příloh

- 1) Parapet- schéma provedení druhé těsnící roviny
- 2) CD- elektronická verze práce, modely, podkladní výpočty

## Citované dokumenty

- (1) – ČSN 74 6077, Okna a vnější dveře- Požadavky na zabudování, ÚNMZ 2014
- (2) – Redakční kolektiv. Dostupné na World Wide Web:  
<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vakuova-izolace/>  
dne 17. 02. 2015 v 13:11 hodin
- (3) – ŠUBRT, Roman, PETRTYL, Zdeněk, Kupujeme okna a dveře, 7. Část – Připojovací spára výplně otvorů. Dostupné na World Wide Web:  
<http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/10819-kupujeme-okna-a-dvere-7-cast-pripojovaci-spara-vyplni-otvoru>  
dne 14. 03. 2018 v 20:08 hodin
- (4) EXCEL, Rudolf et al., Richtlinie Fensterbank für deren Einbau in WDVS- und Putzfasaden sowie in vorgehängten Fassaden, 2. Ausgabe, 02. 05. 2014
- (5) Andreas Stefan
- (6) Vlastní zdroje
- (7) Dipl.-Ing. Jürgen Waßermann, Inthermo
- (8) Zbyněk Svoboda, FSv ČVUT, Lineární činitel prostupu tepla, dostupné na World Wide Web:  
[http://kps.fsv.cvut.cz/file\\_download.php?fid=5656](http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=5656)  
dne 14. 03. 2018
- (9) Redakční kolektiv. Dostupné na World Wide Web:  
<http://www.fenster321.de/montage/einbauanleitung/montagetipps/>  
dne 14. 03. 2018 v 20.08 hodin
- (10) Redakční kolektiv. Dostupné na World Wide Web:  
<https://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/izolacni-materialy-pro-reseni-stavebnich-detailu.aspx>  
dne 26. 03. 2018 v 08. 20 hodin
- (11) Illbruck. Dostupné na World Wide Web:  
[https://www.illbruck.com/cs\\_CZ/produkty/prehled-produktu/product/tp600-illmod-600-6/](https://www.illbruck.com/cs_CZ/produkty/prehled-produktu/product/tp600-illmod-600-6/)  
dne 26. 03. 2018 v 08. 21 hodin

- (12) Ing. arch. Oldřich Rejl, dostupné na World Wide Web:  
<https://www.estav.cz/cz/633.kotveni-okna> dne 26. 03. 2018 v 08. 29 hodin
- (13) Briol, dostupné na World Wide Web:  
<https://www.briol.cz/sroub-okenni-turbosroub> 26. 03. 2018 v 08. 31 hodin
- (14) Katalog produktů Prefa, dostupné na World Wide Web:  
[www.prefa-kompozity.cz](http://www.prefa-kompozity.cz) dne 26. 03. 2018 v 08. 46 hodin