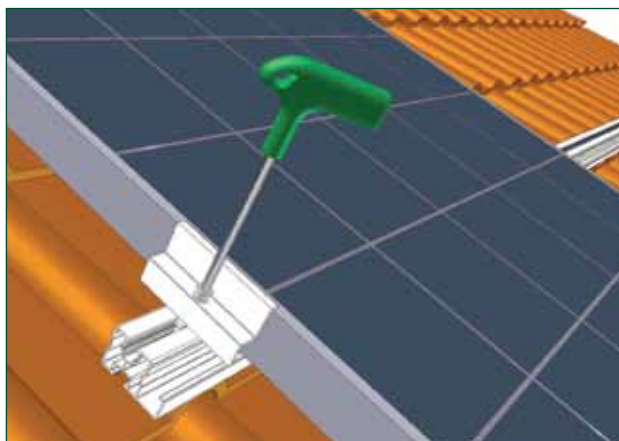


Montáž modulů

Všeobecné pokyny



S rostoucím rozšířením fotovoltaiky získávají stále více na významu kromě elektrických veličin, životnosti, záruční doby atd. také detaily montáže. V počáteční fázi byly na střechu instalovány většinou moduly v malém počtu, mezitím existují početné montážní varianty pro všechny možné druhy střech a způsoby instalace až k velkoplošným průmyslovým střechám nebo pro naklonění modulů na volných plochách. S přibývajícím počtem FV elektráren zkoušejí také pojišťovny, na základě určitého statistického nárůstu škodních událostí, stále více působit na kvalitativní standard FV elektráren.

Bohužel je v této ještě relativně mladé technologii stále málo normovaných elektrických nebo také mechanických styčných ploch, které stanovují montérovi normalizovanou montáž. Jen když jsou předloženy přesné údaje a normy, může montér své riziko záruky spolehlivě předat výrobci. Tento přehled má upozornit na otevřené problémy a tímto podněcovat budoucí definice styčných ploch.

1 Problémy běžné montážní praxe: Některé příklady

I nadále neexistují (stav podzim 2008) u mnoha výrobců modulů žádné realistické údaje k upevnění modulů na nosnou (spodní) konstrukci. Někteří výrobci modulů mezitím reagovali a vydali odpovídající montážní předpisy, další mají odpovídající návody minimálně rozpracované.

Následující příklady poukazují na některé málo na vědomí brané problémy.

1.1 Upevnění modulů

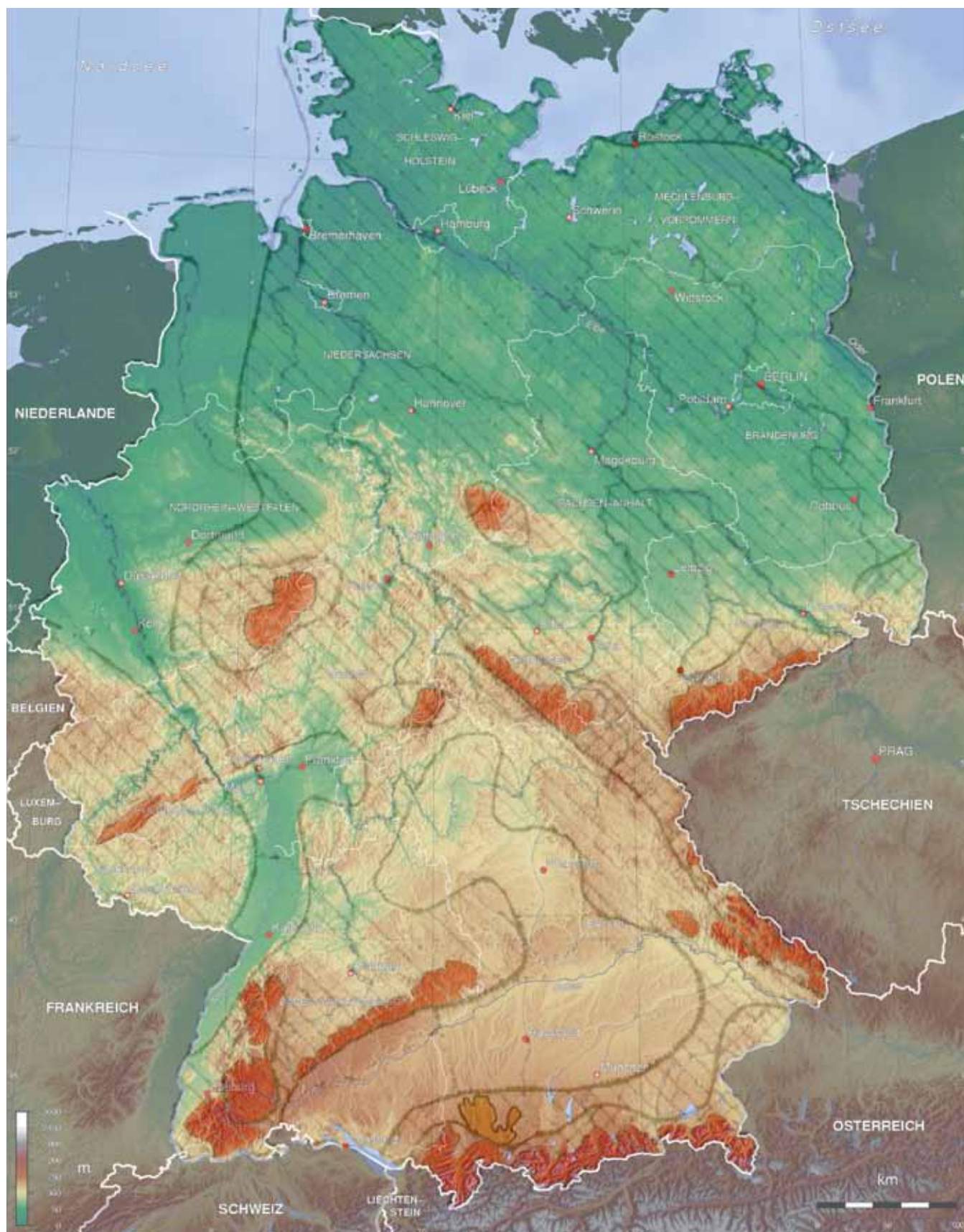
Většina modulů má otvory na zadní straně rámu, které jsou určeny pro našroubování na nosnou konstrukci. Tyto upevňovací otvory nejsou v praxi použitelné, jelikož při montáži většího počtu modulů v jedné ploše, jsou tyto otvory téměř nedostupné. Nadále není montáž s početnými malými šrouby na spodní straně modulu na střeše možná a se zřetelem na montážní dobu, je velmi drahá.

Tudíž nejsou tyto montážní otvory používány prakticky u žádné montážní varianty; přesto jsou v současné době mnohými výrobci modulů udávány jako jediný dovolený způsob montáže. Montér tímto prakticky přebírá při montáži celkové riziko záruky.

1.2 Přípustné plošné zatížení modulů

U povolení podle IEC 61215 jsou moduly obvykle namáhány plošným zatížením 2400 Pa (to odpovídá 2,40 kN/m² nebo cca 240kg/m²). Že je toto plošné zatížení při montáži modulů v oblasti s vyššími sněhovými zatíženími překročeno, není často bráno na vědomí. Při zkoušce podle IEC je opcionálně také větší zkušební zatížení o 5400 Pa možné, avšak ne nutně stanoveno.

U montáží FV elektráren v oblastech s větším sněhovým zatížením není brána v úvahu povolená zatížitelnost modulů (nezávisle na použitém montážním systému) nebo je překračována. Následující mapa ukazuje hranice použití pro moduly se zkušební hodnotou 2400Pa.



Obrázek: Speciálně zpracovaná mapa sněhových zatížení 2,4kN/m²

© Schletter GmbH

(Oranžově/červeně označené oblasti ukazují překročení hranic 2,4kN popř. 240kg/m²)

1.3 Přípustné plošné zatížení při různých montážních variantách

Povolené namáhání modulů u FV elektrárny je závislé nejen na povolení jednotlivého modulu, ale také na způsobu instalace na montážním systému. Přijatelná zatížitelnost modulu podle zkoušky podle IEC může být jen tehdy akceptována, když jsou moduly upevněny v bodech udaných výrobcem nebo alespoň v nich podepřeny.

U běžných systémů nad střešní krytinou je dosaženo zpravidla přibližně plné zatížitelnosti rámu modulu podle IEC (předpoklad je přibližně ideální poloha příčného nosníku), u systému integrovaného do střešního pláště se musí výrazně snížit zatížitelnost rámu modulu.

1.4 Prodej montážních systémů bez lokálního přizpůsobení

Ve FV průmyslu se vytvořily různé prodejní struktury. Podobně jako moduly jsou částečně prodávány také montážní systémy přes vícestupňové distribuční kanály; při dimenzování není často známo konečné montážní místo. Srovnáme-li např. různá zatížení sněhem od 0,55 do 0,75 kN/m² (v normální oblasti) s namáháními např. přes 5 kN/m² ve výše položených oblastech, je velmi rychle zjevné, že se tyto regionální rozdíly přece jen musí zohlednit. Právě se zavedením nové DIN 1055 se rozdíly v předpokládaných namáháních ještě značně zvětšily.

1.5 Uzemnění a vyrovnaní napětí

Podle platného stavu norem není zcela jasně upraveno, zda-li se musí rámy modulů uzemňovat. Uzemnění rámu modulů je však v montážních předpisech výrobce modulů a také výrobce měničů napětí téměř 100% požadováno a tímto také pro montéra povinné. Možnosti uzemnění jsou adekvátně protažené uzemňovací vedení nebo alternativně vhodné zemnicí úchyty modulů nebo doplňkové konstrukční díly. Většinou se nebere na vědomí, že při normální montáži modulů na montážní systém kvůli eloxování rámu modulů, žádné zemní spojení neexistuje.

Uzemnění rámu modulů se v praxi většinou neprovádí a může vést obzvláště u měničů napětí bez transformátoru k provozním poruchám nebo dokonce k ohrožení osob.

- ➔ Zkouška uzemnění
- ➔ Vyrovnaní napětí

1.6 Chybějící definice styčných ploch

V bodě 1.1 je vysvětleno, že ze strany mnoha výrobců modulů ještě neexistují žádné vhodné montážní údaje. Někteří výrobci modulů přecházejí na certifikaci určitých montážních systémů spolu s Vašimi moduly, přitom jsou ale zohledněny většinou jen velmi jednoduché montážní případy.

Na stále více profesionálním trhu je ale nutná volná kombinovatelnost různých montážních systémů s různými druhy modulů. Styčné plochy mezi moduly a montážním systémem musí být definovány dohodou popř. normou. Omezení výrobce modulů na určité značky montážních systémů tyto problémy nevyřeší, jelikož tyto montážní systémy pokrývají často jen velmi málo druhů střech resp. montážních forem.

1.7 Montáž laminátových modulů

Speciální případ představují neorámované laminátové moduly. U těchto modulů je způsob upevnění v mnoha případech naprosto nedefinované resp. zůstane přenecháno montérovi, který tímto nese také riziko při možných škodách. Obzvláště musíme podotknout, že mnoho neorámovaných modulů nejsou ke zkoušce podle ICE separátně předloženy jako pravé laminátové moduly, ale často jsou to jen „standardní moduly prodávané bez rámu“.

Pro upevnění laminátových modulů musí v principu každý výrobce dodat zpracovateli přesné specifikace. Tyto údaje se musí dodržet vhodným montážním systémem, ale obzvláště také vhodným způsobem zpracování.

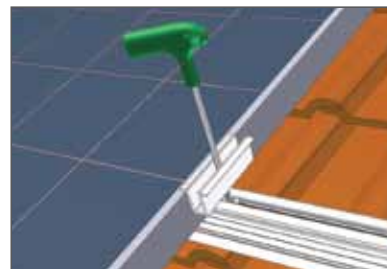
V současné době nese montážník při instalaci laminátových modulů z důvodu chybějících specifikací často podstatnou část rizika záruky.

Další příklady nebezpečí při chybném dimenzování – speciálně při velkých namáháních - naleznete také pod bodem 5.

➔ Laminátové moduly - všeobecné pokyny

2 Montáž s úchyty modulů

Při montáži orámovaných standardních modulů na nejrůznější druhy střeš a také u volných ploch se montáž s tzv. úchyty modulů prosadila jako daleko nejčastější druh montáže, ačkoliv nadále tento typ montáže ještě není při certifikaci modulů některými výrobci modulů zohledňován (viz také bod 1.1). Jelikož je upevnění malým šroubovým materiálem v upevňovacích otvorech modulů ze spodní strany všeobecně nevhodné, bude se dále tento druh upevnění prosazovat a tudíž bude muset být také zohledňován všemi výrobci modulů.



Pro standardizaci tohoto druhu upevnění by mělo uchycení modulů splňovat určitá kritéria kvality:

- **Minimální délka úchyty**

Při upnutí je vytvářen tlak na modul (sklo a rám), který se musí rozložit na co možná velkou délku resp. plochu. Jinak vzniknou v modulu bodové špičky zatížení, které mohou vést k rozbití skla. Osvědčila se 100 mm délka úchyty.

- **Tuhost úchyty**

Tlak úchyty se může na modul rozložit jen tehdy, když má úchyt adekvátní tuhost. Osvědčily se zde 3 mm-vé tloušťky stěn z hliníku a podle možností vysoké svislé třmeny pro rozložení tlaku do délky. Velmi malé a velmi málo tuhé úchyty se při montáži deformují. Tímto nemůžete zajistit žádnou dostatečnou sílu upnutí a pak současně zatěžujete modul silně bodově v oblasti upevňovacího šroubu.

- **Vhodný tvar koncového úchyty**

Na konci řady modulů je upnutí modulů nejdůležitější. Koncové úchyty z hliníkových profilů s ostrými hranami vnitřní kontury zaručují optimální usazení na rám modulů. Tlakový bod úchyty na nosný profil musí sedět vně šroubového spoje - tímto vzniklá "váha" poskytuje optimální upínací tlak.

- **Optimální výška úchyty**

Optimální výška úchyty je o něco menší než výška rámu modulu. Tímto vzniknou jen minimální termická střídatá namáhání, která vznikají prostřednictvím součinitele roztažnosti šroubu a rámu modulu.

- **Žádné upnutí jednoduchými šrouby nebo podložkami**

Při použití jednoduchých podložek není rozložení tlaku možné; vznikne silný bodový tlak na rám modulu a podle okolností také na sklo modulu. Nadále nemůže být dosaženo dostatečného upínacího tlaku, jelikož se podložka již při malém utahovacím momentu prohne a tím se uvolní šroubový spoj.

- **Pozor u šroubů v hliníkové drážce**

Stále jsou nabízeny montážní systémy, při kterých jsou šrouby pro úchyty modulů zašroubovány přímo do adekvátně drážkovaných hliníkových profilů. Bezchybná montáž může být zde zaručena jen výhradně se 100%-ní kontrolou utahovacího momentu.

Na základě vlastních pokusů s jednotlivými produkty (Schletter GmbH, 2003) nemůžeme v žádném případě tento druh šroubování doporučit.

- **Pojistka šroubů**

Zásadně se musí při upínacích spoích počítat s pojistkou šroubů.

- **Zajištění proti krádeži**

Na přání by mělo být možné šroubové spoje úchytů provést se zajištěním proti krádeži.

- **Materiál upínacího spoje**

Osvědčily se šrouby a matice z ušlechtilé oceli. Z důvodu nebezpečí studeného svaru, by neměly být kombinovány stejné druhy ušlechtilé oceli. U konstrukčních prvků (např. zasunovací konstrukční díly z hliníku atd.) se musí brát na vědomí dostatečná pevnost v točivém momentu! Když jsou použity hliníkové závit, musí být nutně stanovena montáž momentovým klíčem.

- **Možnost kontroly upínacího spoje**

Při použití trapézové matice nebo ji podobné se musí kontrolovat správné usazení šroubení. Proto se musí v nosném profilu upřednostňovat nuceně vedené a tím chybově tolerantní konstrukční díly.

- **Zemnicí úchyty**

Minimálně při použití měniče bez transformátoru, by měly být opcionálně k dispozici středové úchyty s připojením k uzemnění.

- **Zajištění proti skluzu**

Při použití vhodného upnutí modulů je montáž bez dalšího zajištění proti skluzu teoreticky několikrát ověřena a také v praxi v průběhu let osvědčena. Opcionálně jsou možné doplňkové zajištění proti skluzu pomocí háků v nejspodnější řadě nebo pomocí šroubů v řadách modulů.

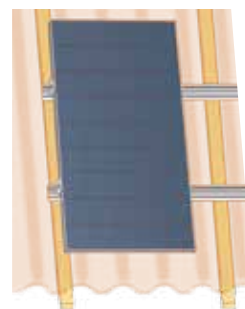
Při upnutí bezrámových modulů jsou bezpodmínečně nutná zajištění proti skluzu, jelikož použitím chránících pryžových vložek, nemůže být přenesena dostatečná upínací síla.

3 Srovnání běžných typů montáží: Jednovrstvé systémy nebo systémy zkřížených lišt

Při montáži orámovaných standardních modulů na nejrůznější druhy střech a také na volných plochách, jsou nejčastěji používány jednovrstvé systémy. V některých případech můžou být výhodné systémy zkřížených lišt. Při konfiguraci systémů zkřížených lišt se ale často vyskytují chybná dimenzování. Následující srovnání se vztahuje jen na normální šikmé střechy, jelikož při zvláštních požadavcích musí být použity speciální konstrukce, na které se tato pozorování nevztahují.

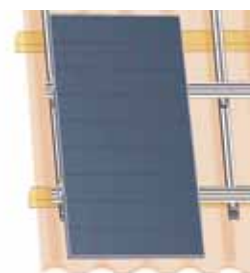
3.1 Jednovrstvé systémy - výhody

- Nízké pořizovací náklady
- Nižší energetické náklady
(Použitím hliníkových materiálů se musí usilovat o minimální spotřebu materiálu)
- Dobré rozmístění upevňovacích bodů na střeše



3.2 Systémy zkřížených lišt - výhody

- Lepší vyrovnaní ploch u nerovných střešních konstrukcí
- Optimalizace upevnění modulů
- Univerzální použitelnost také u vaznicových střech



3.3 Systémy zkřížených lišt – časté chyby v dimenzování

Zásadně je spojení se střechou u šikmých střech (střešní háky, kombivruty atd.) všeobecně potenciální slabina konstrukcí. Je bezpodmínečně nutné dbát na to, aby upevňovací prvky v ploše byly co možná nejtěsněji namontovány. Zvýšením spotřeby lišt u konstrukce zkřížených lišt se nedosáhne žádného přímého zvýšení stability. Většinou je dokonce kvůli vysoké spotřebě lišt, volen příliš velký upevňovací rastr, popř. vzdálenosti lišt a tak vytvořeno podstatně méně upevňovacích bodů než je nutné. Jednovrstvé montážní systémy obsahují naproti tomu při srovnatelně menších pořizovacích nákladech, většinou více upevňovacích bodů a tímto jsou vhodné pro vyšší plošná namáhání.

Při montáži je situace často špatně vyhodnocena: Montér namontuje např. systém zkřížených lišt a zkouší stabilitu konstrukce bodovým namáháním (většinou namáháním vlastním tělem). V důsledku lepšího rozložení zatížení se jeví systém zkřížených lišt při takovýchto bodových zátěžových testech stabilnější než jednovrstvý systém. V praxi se avšak vyskytují plošná zatížení (zatížení sněhem, větrem). U těchto plošných zatížení je ale koneckonců vždy rozhodující dostatečná plošná hustota upevňovacích bodů.

U téměř všech dimenzování jednovrstvých systémů je počet upevňovacích bodů vyšší než u srovnatelných dimenzování systémů zkřížených lišt.

4 Srovnání běžných typů montáže: Speciální typ montáže systémů integrovaných do střešní krytiny

Montáž modulů integrovaných do střešní krytiny je některými zákazníky preferována z důvodů optických výhod. Při tomto druhu montáže se ale musí nutně brát v úvahu statické zvláštnosti (bod 1.3).

4.1 Montáž systémů integrovaných do střešní krytiny - výhody

- Opticky zajímavé v důsledku uzavřené plochy
- Rychlá montáž modulů

4.2 Montáž systémů integrovaných do střešní krytiny - nevýhody

- Náročné vyrovnání nosné (spodní) konstrukce
- Pro různé výšky modulů jsou nutné různé systémy
- Snadnější znečištění z důvodu přídavné odtokové bariéry
- Větší spotřeba lišt
- Často horší statické napojení ke střeše

4.3 Montáž systémů integrovaných do střešní krytiny - statické namáhání modulů

Výhody a nevýhody v průběhu montáže systémů integrovaných do střešní krytiny se musí brát více méně subjektivně. Optický vzhled může podle okolností ospravedlňovat vyšší materiálovou náročnost. **V žádném případě, ale nesmí zůstat nezohledněno statické namáhání rámu modulů:**



Schéma:
Vzdálenosti podepření rámu modulů
u montáže systémů integrovaných do
střešní krytiny



Schéma:
Vzdálenosti podepření rámu modulů
při uložení na horizontální nosník

Jak už bylo vysvětleno v bodech 1.2 a 1.3, je mechanická zátěžová zkouška podle IEC do praxe nadále jen velmi těžko aplikovatelná.

Při normální montáži na horizontální nosníky jsou ale zatížení v praxi a zatížení při zkouškách přibližně identická. Jen při větších odchylkách pozice horizontálního nosníku od ideální vzdálenosti podepření, je zatížení rámu modulu v praxi vyšší než při zkoušce.

Při montáži systémů integrovaných do střešní krytiny se pozice podepření ale značně odchyluje od IEC zkušebních podmínek. Rám modulů je při plošném zatížení (zatížení větrem a sněhem) v praxi až o 500% silněji zatížen než u IEC zkušebních podmínek.

Použití systému integrovaného do střešní krytiny je tedy obzvláště u velkých plošných zatížení (zatížení sněhem a větrem) přísně vzato jen tehdy povoleno, když je modul také pro tento druh montáže certifikován. Jsou-li namontovány moduly běžně certifikované podle IEC 61215 tímto typem montáže, může tak výrobce modulů, na základě značně vyššího zatížení modulů, odmítnout veškeré nároky na záruku. **Zásadně se tedy při použití tohoto typu montáže doporučuje vyžádat si souhlas výrobce modulů.**

5 Pokyny pro dimenzování při velkých zatíženích

V určitých regionech musí být zohledněny zvláštní parametry zatížení. Tak rozlišuje např. nová DIN 1055 speciální zóny různých zatížení a také (jako už v dosavadních verzích) oblasti s různými sněhovými zatíženími. Právě u sněhových zatížení jsou rozdíly např. mezi regiony s normálními zatíženími (např. 0,55 až 0,75 kN/m²) a zvýšenými zatíženími (až přes 5 kN/m² u výše položených stanovišť) velmi velké. Hospodárná a bezpečná řešení vzniknou jen tehdy, když jsou montážní systémy a budovy jako nosné konstrukce optimálně na sebe přizpůsobeny.

Celkovou stabilitu omezuje vždy nejslabší prvek v řetězci.
K tomu několik příkladů:

- **Rozmístění střešních háků u šikmých střech**

Šikmá střecha byla staticky dimenzována jako organická jednotka. Při montáži FV elektrárny musí únosnost střechy zůstat zachována, jelikož střecha musí nést v budoucnu dodatečně k sněhovému zatížení ještě zatížení FV elektrárny. Zejména při vysokých zatíženích musí být střešní háky montovány na každou krokvi, jelikož také i po montáži elektrárny se musí každá krokve podílet na přenášení zatížení. Šetření nákladů montáží obzvláště stabilního háku jen na každou druhou krokvi, není tedy u velkých plošných zatížení vhodné.

- **Upevnění střešních háků u šikmých střech**

Každý střešní hák je jen tak stabilní jako je jeho upevnění na střeše. I zde platí: Nemá smysl šetřit na počtu střešních háků, jelikož každý hák může být upevněn na krokvicích jen omezeným počtem šroubů.

- **Upínací konstrukční díly u plechových střech**

Každý ještě tak stabilnější úchyt (svorka na falcovaný plech, Kalzip svorky, trapézová příchytka atd.) může zavést jen tolik síly, kolik může být absorbováno na příslušném místě střechy. Proto se musí právě u naklonění modulů jako první otázka vyřešit stabilita střešního upevnění.

- **Jednovrstvý systém nebo systém zkřížených lišt na šikmé střeše**

Právě při vysokém zatížení jsou často preferovány systémy zkřížených lišt. Při tom není často zohledněno, že lze při jednovrstvém systému střešní háky bez problému namontovat na každou krokvi. Krokve je také možné rovnoměrně zatížit prostřednictvím odsazené montáže.

U systému zkřížených lišt může být rovnoměrné zatížení střechy jen tehdy zaručeno, pokud je na každé krokvi umístěna svislá lišta. To ovšem není často z cenových důvodů realizováno.

- **Velké FV elektrárny na plochých střechách hal**

Montáž velkých elektráren na budovách všeobecně vyžadují přezkoušení statiky budovy. Většinou si, ale nejsme vědomi hranice tohoto způsobu pohledu: Kde končí ověřování statiky?

Výsledné zatížení upevňovacích bodů ve střeše se musí v každém případě přezkoušet, dále také únosnost střešní nosné konstrukce ve spojení s celkovou konstrukcí budovy. Přísně vzato zde není, ale poslední styčná plocha: U velkých FV elektráren na plochých střechách se v důsledku naklonění řad modulů na před tím ploché střeše, výrazně zvýší možnost náporu větru popř. „drsnost budovy“. Při silném větru tak vzniká přes celkovou konstrukci velký horizontální smyk, který musí být také absorbován speciálně diagonálními vzpěrami budovy a působí až do základu. Ve většině případech nejsou zohledněny tyto rozsáhlé následky zásahu do statiky budovy.

- **Řešení se zátěží na plochých střechách**

Tento bod může být pro nezúčastněné osoby spojen s potenciálním „nebezpečím pro tělo a život“.

FV elektrárny na ploché střechy jsou bez dalšího plánování nabízeny jako řešení se zátěží a podle okolností také tak instalovány. Zde se pro montéra skrývá ze všeho největší potenciál nebezpečí, podle okolností, existenci ohrožující požadavky na odškodnění až trestní stíhání.

- a) Montér jako odborná firma musí tak nadimenzovat zátěž podle parametrů (výška střechy, zóna větru, kategorie terénu, velikost modulů atd.), aby se mohlo absolutně vyloučit nadzvižení, skluz a převrnutí. Selže-li tato zátěž při bouři, mohou části elektrárny poškodit třetí osoby.

b) Dimenzování zátěže podle bodu a) je jen tehdy možné, pokud plochá střecha může definovaně nést tuto zátěž přidavně k místnímu sněhovému zatížení a k hmotnosti elektrárny. Musí se zohlednit, že podle údajů nové DIN 1055 jsou často nutné velmi vysoké zátěže, aby se mohla elektrárna náležitě zatížit. Při tom se musí brát v úvahu přípustné bodové zatížení, aby byla střešní krytina chráněna před poškozením. Ještě důležitější je ale dodržení maximálních plošných zatížení, jelikož při přetížení hrozí selhání konstrukce budovy.

Montér musí tedy na základě existující statiky budovy přesně přezkoušet, zda-li může být přidavná hmotnost FV elektrárny a obzvláště zátěže také skutečně pojmuta střešní konstrukcí.

Právě po vážných událostech v zimě 2005/2006 je jistě každému jasný význam těchto předpisů pro dimenzování.

c) Další důležitý bod je po změně DIN 1055 záruka platnosti původní normy pro budovy. Lokalita v jižním Bavorsku může vykazovat např. místo dosud 1,2kN/m² sněhového zatížení (odpovídá cca 120kg/m²) podle nové normy 1,6kN. Pro halu postavenou před změnou normy se zatížitelností např. 1,4kN platí nadále záruka platnosti původní normy; postaví-li ale zde odborná firma FV elektrárnu, tak platí pro statickou zkoušku nové předpisy pro zatížení, záruka platnosti původní normy zaniká s montáží přidavného zařízení.

➔ Montáž na ploché střechy - všeobecné pokyny

Tyto příklady mají ukázat, že žádný "všelék upevňovací techniky" nemůže nahradit fundované dimenzování výrobce montážního systému.

Rostoucí profesionalizace trhu tímto vyžaduje také specializaci výrobce a dobré poradenství montérů pro dlouhodobé zabezpečení kvality montáže elektrárny.

6 Návrhové zatížení

Speciální návrhová zatížení pro montáž solární elektrárny na budovu dodnes neexistují. Používaná "návrhová zatížení pro stavby" podle DIN 1055 byla v roce 2005 kompletně přepracována, jsou ale ve vztahu ke konstrukcím solárních elektráren jednotlivými statiky stále ještě příliš různě interpretovány. Právě např. zatížení zátěží pro elektrárny na plochých střechách bez průniku střechou, jsou jen velmi těžko stanovitelná.

Nadále neexistují pro všechny evropské země srovnatelná návrhová zatížení pro zatížení větrem a sněhem; to ztěžuje volný obchod s upevňovacími systémy.

7 Druh montáže u laminátových modulů

➔ Laminátové moduly - všeobecné pokyny

8 Závěr

Naš přehled jistě ukazuje některé mezery v dosavadní montážní praxi FV elektráren nebo také termických solárních zařízení. Ale měl by být také současně základem pro diskuzi, aby se tyto mezery mohly dlouhodobě uzavřít. Ve spolupráci výrobce montážních systémů s dodavateli certifikací (např. TÜV, RAL, VDE apod.), jakož i v odpovídajících pracovních grémiích (např. RAL sdružení, DGS, BSW apod.) musí být nalezena použitelná návrhová zatížení a definice styčných ploch mezi moduly a montážními systémy.

Cílem všech společných snah musí být dále dlouhodobě zvyšovat kvalitu montáže, pokud možno redukovat riziko záruky pro montéry FV elektráren a zejména nadále udržet eminentní akceptanci solárních elektráren ze strany veřejnosti.