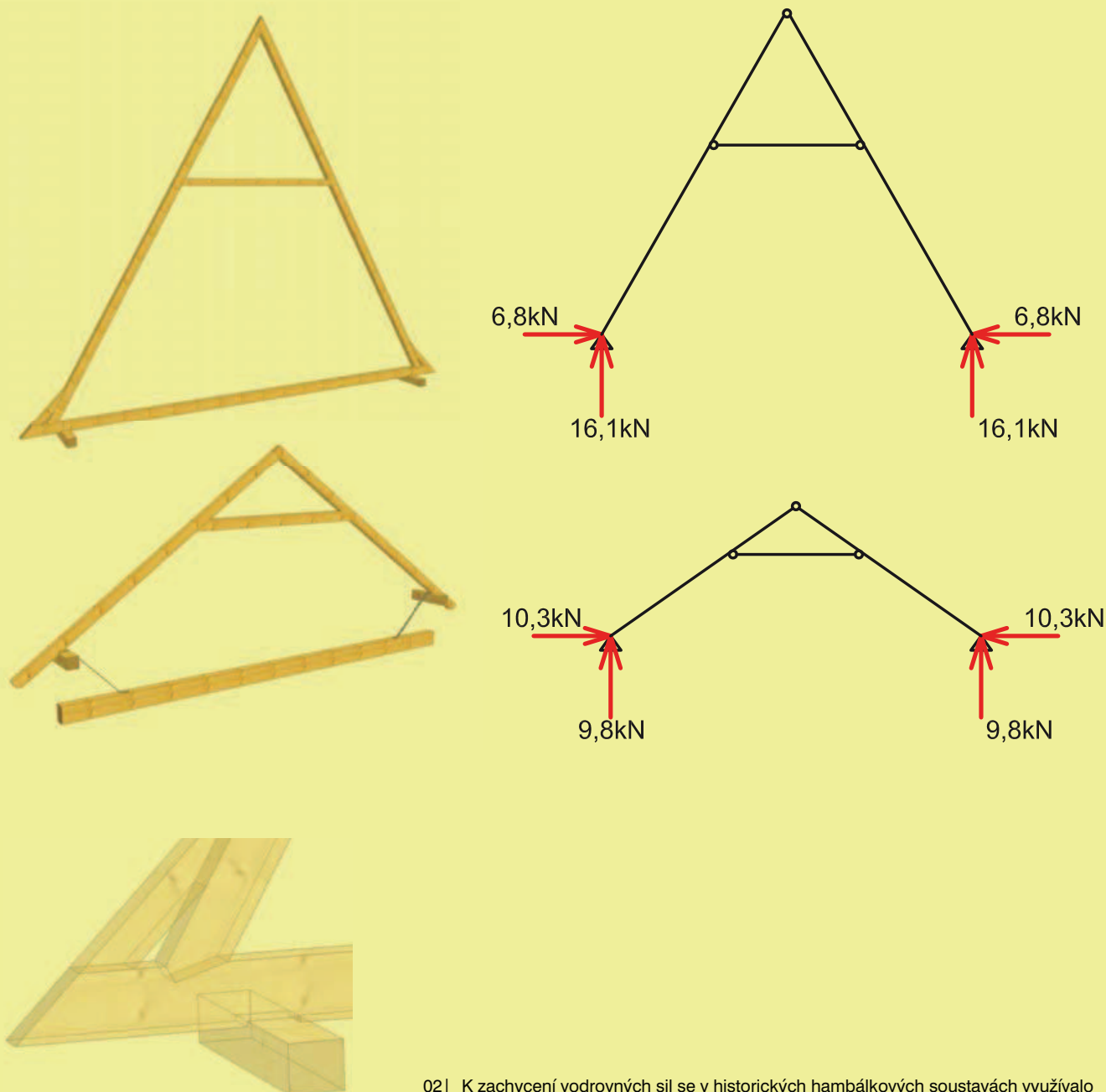


# PORUCHY KROVŮ



V RÁMCI ODBORNÉ ČINNOSTI ATELIERU DEK PŘI ZAJIŠŤOVÁNÍ  
STATICKÝCH NÁVRHŮ A POSUDKŮ KROVŮ SE SETKÁVÁME  
S PORUCHAMI KROVŮ ZPŮSOBENÝCH ŠPATNÝM NÁVRHEM  
KONSTRUKCE. MNOHÉ VADY JSOU ZPŮSOBENY ZÁKLADNÍM  
POCHYBENÍM PŘI VÝBĚRU KROVOVÉ SOUSTAVY NOSNÉ  
KONSTRUKCE STŘECHY.



02 | K zachycení vodorovných sil se v historických hambálkových soustavách využívalo začepování krokve do vazného trámu

## VOLBA KROVOVÉ SOUSTAVY A DIMENZOVÁNÍ

Historické krovby byly realizovány obvykle o velkých sklonech viz horní schéma v /obr. 01/. Často i přes 60°, především z důvodu snadného sjíždění sněhu ze střechy (jak bude uvedeno dále, hraniční sklon 60° se ve spojení se střechou a sněhem promítl i do dnešních norem). Obvykle to byly konstrukce krovů hambálkové, s vazným trámem, používané již od dob gotiky. Vazný trám byl především v hambálkové soustavě tažen a ohybový moment vznikl pouze od vlastní tíhy trámu. Krokve byly zatíženy především vzpěrem.

Když se začal, především z architektonických důvodů, sklon střech snižovat, rostl ohybový moment v krokvicích a tah ve vazném trámu. Od určitého sklonu začalo být nereálné takový krov zrealizovat, vodorovné reakce od krokví byly tak velké, že se nedařilo styk krokve s vazným trámem nadimenzovat a krokve se začaly značně deformovat. Někdy došlo k značnému průhybu krokví, docházelo ale také ke kolapsu celé konstrukce – u hambálkového krovu o nízkém sklonu je totiž vodorovná reakce krokví stejná jako reakce svislá, v některých případech může být i větší (viz spodní schéma v /obr. 01/).

Proto se krokve později začaly podepírat vaznicemi, které se přes sloupy opíraly o vazné trámy. Tím se ale do vazných trámů vneslo další zatížení, čímž několikanásobně stoupl ohybový moment ve vazném trámu – vazný trám přestal být táhlem, začal být nosíkem. To si vyžádalo změnu dimenze vazného trámu nebo použití sofistikovanější konstrukce typu věšadla a vzpínadla.

Historické krovby byly navíc zatíženy pouze krytinou a ne dalšími vrstvami obvyklými v dnešní skladbě střechy s obytným podkrovím. Kmitání, průhyby nebo deformace tolik nevadily.





Na současné krovy jsou však kladeny mnohem větší nároky, než tomu bylo dříve. Současná podstřeší jsou obvykle obytná. Krovy jsou zatíženy tepelnou izolací, vrstvou doplňkové hydroizolace, bedněním a podhledem - nejčastěji z SDK desek. SDK podhled je navíc na pohyb krovu náchylný. Na tuhost krovové soustavy je tedy dnes kladen výrazně vyšší požadavek. Z mnohých případech je ale krovová soustava stejná jako kdysi...

### **HAMBÁLKOVÉ SOUSTAVY V DNEŠNÍCH PROJEKTECH**

Hambálková soustava se využívá velice často i u současných konstrukcí krovů. Při malé délce krokví 4 až 5 m a vyšším sklonu střechy je to i možné. Potřebná táhla ale dnes pochopitelně v obývaném podkroví vadí. Na mnoha stavbách se proto jednoduše vynechají. Délky krokví jsou často také větší.

Na /obr. 03/ je vyfocen rodinný dům o šířce téměř 12 metrů s nosnou

konstrukcí střechy řešenou hambálkovým krovem. Pozednice nebyly staženy táhly ani ŽB věnec stavby nebyl nadimenzován na vodorovné účinky zatížení hambálkového krovu velkého rozponu. Krov vybouílil stěny pod pozednicí v řádu centimetrů /obr. 04/.

Poddimenzované hambálkové krovy jsou také často příčinou poklesu střechy ve vrcholu, odtržení oplechování komínu a následného zatékání. Hambálkové soustavy i při řádném návrhu vykazují značné deformace krovu a v případě opláštění SDK obkladem se tyto soustavy nedoporučují.

Na hambálkové soustavy má také výrazně větší vliv zatížení střechy větrem, které se v návrhu vedle zatížení sněhem nesmí opomenout. Pro doplnění lze dodat, že na vaznicové soustavy jsou účinky od větru naopak téměř zanedbatelné.

### **KONCEPT PODEPŘENÍ STŘECHY**

Při plánování stavby by se mělo již při návrhu dispozice uvažovat nad podepřením krovu. Dříve se veškeré stavby navrhovaly od shora a dispozice stavby byla podřízena nosné konstrukci střechy. Současný trend stavění vede spíše k volnému podkroví. Valbové střechy ale bez vnitřní podpory téměř nelze navrhnout. Proto se poté krov podepírá ocelovými rámy, které krov výrazně zdraží /obr. 05/. Čím jednodušší tvar střechy, tím lehčí konstrukce. Rozdíl v náročnosti provedení sedlové střechy oproti valbové je významný, obdobný rozdíl je pak i v ceně.

### **PRVKY KROVU V NEVYROBITELNÝCH ROZMĚRECH**

Tato chyba se odhalí ještě před realizací krovu. Prvek o rozměrech 400 mm x 600 mm není jednoduše schopen nikdo dodat. Chybu



03 | Jednoduchý hambálkový krov na RD šířky 12 m

04 | Detail stěny RD z obr. /03/. Obvodová stěna se působením vodorovných sil hambálkového krovu vyboulila. Tuhý pozední věnec se vytočil.

bohužel napравuje většinou realizační firma. Ne ale vždy po domluvě se statikem.

Obvyklé dimenze prvků by z důvodů výroby a dopravy na stavbu neměly šířkově přesáhnout 240 mm a délkově 13 m.

### NÁVRH KROVU DLE EMPIRIE

V dřívější době se navrhovalo dle empirických postupů. Často podle typu střešní krytiny. V dnešní době je tento způsob nevyhovující, již jen kvůli tomu, že byl vhodný pouze pro standardní a jednoduché konstrukce krovů.

Nezanedbatelná je skutečnost, že mechanická odolnost a stabilita stavby musí být prokázána podle závazných technických norem ČSN EN 1990 [1] resp. ČSN EN 1995-1-1 [2]. V /tab. 01/ jsou pro porovnání uvažovány dimenze prvků krovu podle empirie a ve dvou sněhových oblastech



05 | Valbový krov musí často, při potřebě využití podkroví, podepírat ocelový rám



| Prvek    | Dimenze dle empirických vzorců pro klasickou krytinu [mm] | Dimenze dle Eurokódu pro klasickou krytinu |                       | Dimenze dle Eurokódu pro klasickou krytinu |                       |
|----------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|-----------------------|
|          |                                                           | Neobytné podkroví [mm]                     |                       | Obytné podkroví [mm]                       |                       |
|          |                                                           | I. sněhový oblast*                         | IV. sněhová oblast ** | I. sněhový oblast *                        | IV. sněhová oblast ** |
| Krokev   | 140/180                                                   | 100/140                                    | 100/180               | 140/180                                    | 120/220               |
| Vaznice  | 200/260                                                   | 200/260                                    | 200/280               | 180/360                                    | 200/400               |
| Sloupky  | 180/180                                                   | 120/120                                    | 140/140               | 140/140                                    | 160/160               |
| Kleštiny | 2 × 100/200                                               | 2 × 60/140                                 | 2 × 60/160            | 2 × 60/160                                 | 2 × 80/180            |
| Pásky    | 120/120                                                   | 120/120                                    | 120/120               | –                                          | –                     |

\* I. sněhová oblast (např. Praha, Brno)  
 \*\* IV. sněhová oblast (cca 80 % území ČR)  
 – v obytném podkroví není vhodné

podle ČSN ve variantě neobytné a obytné podkroví.

### PODDIMENZOVANÉ NÁROŽNÍ A ÚŽLABNÍ KROKVE

Často se setkáváme s nedostatečně únosnými nárožními a úžlabními krokvi. Ty bývají nejdelším prvkem v konstrukci a nemůžou se délkově napojovat. Špatnou koordinací projektu a realizace se v případě opracování krovu na CNC obráběcím centru dimenze prvku zmenší o hloubku rybinového spoje /obr. 06/. Správné je s tímto typem spoje počítat již v návrhu.

### PODDIMENZOVANÉ VAZNICE

Vaznice jsou často posuzovány pouze na mezní stav únosnosti, ale zcela je zapomenut návrh na mezní stav použitelnosti. U krokvi se průhyb projeví maximálně deformací podhledu, ale když se v krovu s vrcholovou vaznicí ona vaznice prohne, vzroste vodorovná síla působící na pozednici

několikanásobně a hrozí posunutí pozednice a následný kolaps celé konstrukce. Rozdíl ve statickém působení popsané situace je zobrazen na /obr. 07/.

### NÁVRH KROVU S POUŽITÍM TVAROVÉHO SOUČinitele U ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Norma ČSN EN 1991-1-3 [3] umožňuje pro střechy se sklonem nad 60° nepočítat se zatížením sněhem. Teoreticky se uvažuje se skluzem všeho sněhu ze střechy.

Každý prodejce a následně realizační firma ale ráda na stavbu dodá a umístí sněhové zachytávače, které, byť jen dočasně, skluzu sněhu ze střechy brání. Někdy to samé zajistí střešní okna. Takže krov, který není na účinky zatížení sněhem dimenzován, je nakonec stejně sněhem zatížen /obr. 08/. Jak elegantní jsou proti tomu na horách osvědčené hladké drážkové krytiny a jednoduché tvary střech umožňující skluz sněhu /obr. 09/.

### NEDOMYŠLENÉ DETAILS KROVU

V projektové dokumentaci krovu se často setkáváme s detaily, které projektant nedomyslel. Většinu z nich odhalí realizační firma. Na stavbě z /obr. 10/ se tak bohužel nestalo. Poslední námětek valby byl ukotven pouze do nárožní krokve a místo toho, aby podpíral bednění, byl bedněním vynášen. Průhyb bednění u okapu byl pak v řádu centimetrů.

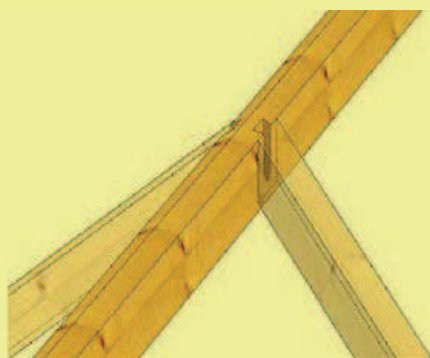
### ZMĚNA VYUŽITÍ PODKROVÍ

Staré krovy jsou často tvořeny složitými soustavami stolic, věšáků ale i klestín. Při zabydlování podkroví ale tyto prvky často překáží plánované dispozici. Typicky „obtížné“ mohou být pásky sloupků, které ale podepírají vaznice a snižují rozpětí uložení vaznic. Navíc mají v krovu funkci ztužující a zavětrovací. Odstranění těchto prvků ovlivní tuhost a stabilitu celé konstrukce.

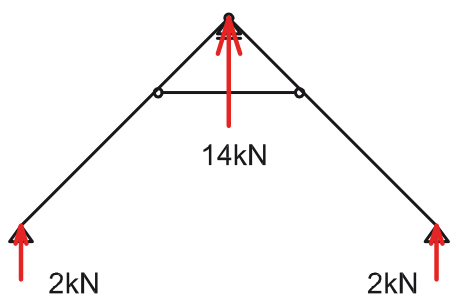
06 | Styk krokve na nárožní krokev a) klasické lípnutí



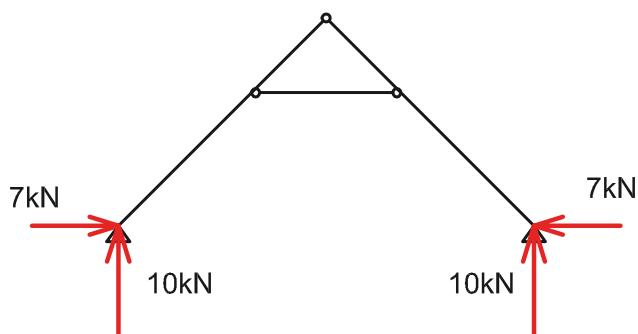
b) rybinový styk



07| Vykreslení reakcí u krovu s vrcholovou vaznicí  
a) předpokládané statické schéma



b) stejný krov s deformací vrcholové vaznice



08| Strmá střecha pro níž se v návrhu dle normy nemusí uvažovat se zatížením sněhem. Zachytače dodané realizační firmou sníh ale na střeše zadrží.

09| V horských oblastech se často uvažuje se skluzem sněhu ze střechy, skluzu nic nebrání, v prostoru pod okapem se s tím počítá. Žlaby jsou během zimy ochráněny sejmutím.

10| Poslední námětek visí doslova na vlásku...



Každá změna statické soustavy krovu vyžaduje odborné posouzení a návrh zesílení konstrukce statikem. Pro ilustraci na /obr. 11/ je vaznice délky 4 m s pásky a bez nich. Vaznice podepřená pásky má rozměry 140 mm x 200 mm. Vaznice bez pásků by pak ve stejných podmínkách musela být při stejné šířce 140 mm vysoká nejméně 280 mm.

### PODDIMENZOVANÉ SPOJE

Máme zkušenost, že při návrhu krovů se všeobecně klade malý význam na řešení konstrukčních spojů. Spoje jsou přitom významným nosným elementem krovů. A i když se často při návrhu krovu počítá, že dřevo drží i třením, tak po nějaké době dřevo seschne, vytvoří se mezery mezi prvky a poté veškeré zatížení spoje přenáší pouze spojovací prvek /obr. 12/.

Dalším důvodem neúnosného spoje je způsob vyřezávání krovu. Ne každý dokáže motorovou pilou udělat přesný řez. Spojované prvky pak k sobě těsně nedoléhají.

### ŠPATNÉ KOTVENÍ POZEDNIC K POZEDNÍMU VĚNCI

Velmi častá chyba při provádění krovů. Krov často vyvozuje do podepření vodorovné síly, jak již bylo zmíněno v úvodu článku. Když důsledkem nesprávné realizace dojde k posunu pozednice, vzniknou v konstrukci výrazně vyšší síly namáhající krokve viz /obr. 13/. Důsledkem je průhyb krokví.

Co se dělo na stavbě z /obr. 14/ se můžeme jen dohadovat. Při naší návštěvě stavby byla pozednice vyklínkováná, pootočená a nedoléhala na pozední věnec. Ocelové úhelníky kotvící pozednici se přizpůsobily nové poloze pozednice.

### ZMĚNA DIMENZE PRVKŮ

Z důvodu ceny, nebo snadnější manipulace jsou na stavbě občas projektem navržené prvky vyměněny za prvky menší, v horším případě za víc prvků. Na /obr. 15/ byl jeden profil 160 mm x 280 mm vyměněn za 6 profilů 140 mm x 60 mm poskládaných nad sebou. Průhyb je zřejmý z fotografie.



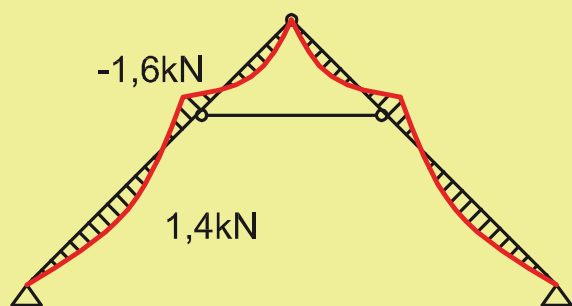
11 | Rozdíl v dimenzích vaznic s podepřením pásky a bez pásků. Dimenze vaznice s pásky 140 x 200 mm, dimenze vaznice bez pásků v pravo 140 x 280 mm

12 | Seschnutí dřeva způsobilo vytrhnutí kovové spojovací desky s prolisovanými trny

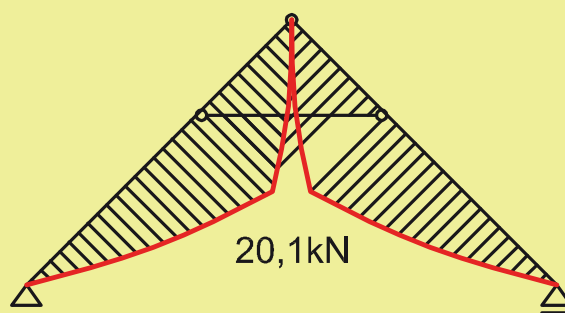




13| Rozkreslení ohybových momentů u hambálkového krovu  
a) předpokládané statické schéma



b) vnitřní síly po uvolnění podpor



14| Příklad absolutně nevhodného uložení pozednice



14

15| Profil 160/280mm byl vyměněn za 6 profilů 140/60mm poskládaných nad sebou



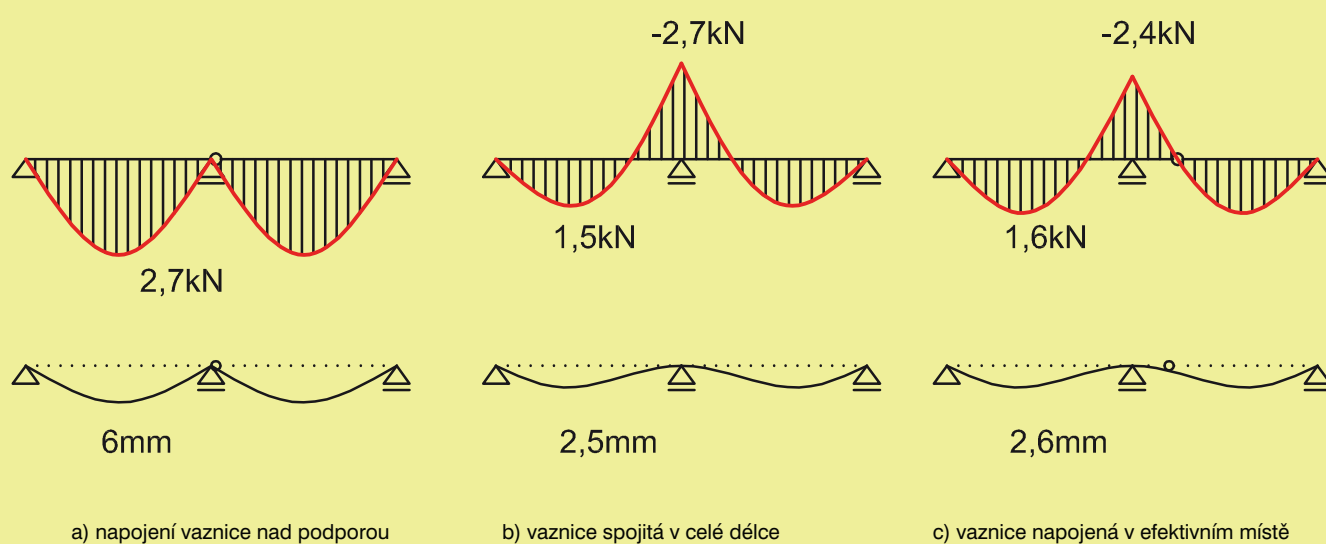
15





16| Vystavěný krov v objektu, kde nebyly vyžděny vnitřní stěny (patno z vrcholové vaznice boční střechy)

17| Vykreslení ohybových momentů a deformací vaznice





18| Výsušná trhlina ovlivňující únosnost vaznice



19| Osazení solárních systémů na staré krovy je vhodné z důvodů zadržování sněhu realizovat co nejvýše hřebeni. V tomto případě tomu tam nebylo.

## POSTAVENÍ KROVU BEZ PODEPŘENÍ

Při snaze zrealizovat střechu co nejdříve, často před zimou, dochází k podobným případům jako na /obr. 16/. V tomto případě byl krov realizován bez předepsaných podpor. O to hůře, že během zimy hrozí další přetížení krovu sněhem.

## NEVHODNÉ NAPOJOVÁNÍ VAZNIC NAD PODPOROU

Při návrhu krovu mnoho statiků uvažuje se spojitou vaznicí v celé délce stavby. Vaznice je pak na stavbě ve skutečnosti délkově napojována a to zrovna v nevhodném místě, nad podporou. Vaznici je však vhodné napojovat v 1/5 až 1/6 rozpětí. Přesné umístění napojení vaznice by měl upřesnit statik, a toto místo by mělo být v každém výkresu krovu znázorněno. Porovnání ohybových momentů a deformací různého provedení vaznice je patrné z /obr. 17/.

## MOKRÉ DŘEVO

Krov, stejně jako všechny dřevěné konstrukce, by se měl stavět z vysušeného dřeva, které nepřesahuje hmotnostní vlhkost 18%. Předěje se tak objemovým ale i tvarovým změnám prvků. Na /obr. 18/ je patrna výsušná trhlina, která nepříznivě ovlivnila únosnost vaznice.

## NADMĚRNÉ PŘÍTÍŽENÍ KROVU

Již zmíněným trendem je zabydlování nevyužitých podkroví. Vazné trámy, dříve pouze podpírající krov, jsou nyní i trámy stropními. Podobně se mění i zatížení krokví. Krokve dříve zatíženy jen krytinou, jsou nyní zatíženy celou skladbou zateplené střechy. Tento stav má vliv také na odtávání sněhu. Po zateplení krovu již nedochází k takovému odtávání sněhu a sníh se na střeše hromadí.

Krovy se ale nepřetěžují pouze v interiérech. Rozvoj využívání sluneční energie v posledních

letech má vliv na přetěžování kroků v exteriéru. Solární panely naplněné vodou krovy přetěžují svojí tíhou, ale také sněhem, který se nad panely zadržuje. Na /obr. 19/ je příklad realizace solárního systému na starý krov, bohužel v jeho spodní partii. Solární panely je ale vhodné umísťovat z důvodu přetížení krovu sněhem zadržovaným na střeše co nejvýše hřebeni, i za cenu horší dosažitelnosti.

<Jakub Lukavec>

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem