

Krize varu

nastává, když dochází ke **skokovému** snížení intenzity přestupu tepla z důvodu změny režimu varu.

Základní princip

Plošná hustota tepelného toku q a součinitel přestupu tepla α závisí na rozdílu teplot mezi **povrchem stěny** a **teplotou syté kapaliny** ($t_p - t_s$).

Sledujme dále var vody při volné konvekci na ohřivané stěně ve velkém objemu za atmosférického tlaku.

Průběh

I. Oblast – Přirozená konvekce

- přenos tepla **jednofázovou kapalinou**
- zatím nedochází k varu, vznikají pouze malé bublinky
- q a α rostou s rostoucím rozdílem teplot

II. Oblast – Bublinkový var

- aktivní **vznik a stoupání bublinek**
- nejvhodnější oblast pro teplosměnná zařízení
- α může dosáhnout až **48 000 W/m²K**
- při dosažení kritického rozdílu teplot vzniká
 - 1. kritická hustota tepelného toku q_{kr1}

III. Oblast – Přejícná oblast

- přechod **z bublinkového na blánový var**
- povrch se začíná pokrývat parní blánou → zvýšený tepelný odpor, q i α klesají

IV. Oblast – Blánový var

- výhřevná plocha je pokryta **souvislou parní vrstvou**
- blána tvoří vysoký tepelný odpor, trhá se a znovu vzniká
- q i α jsou výrazně nižší

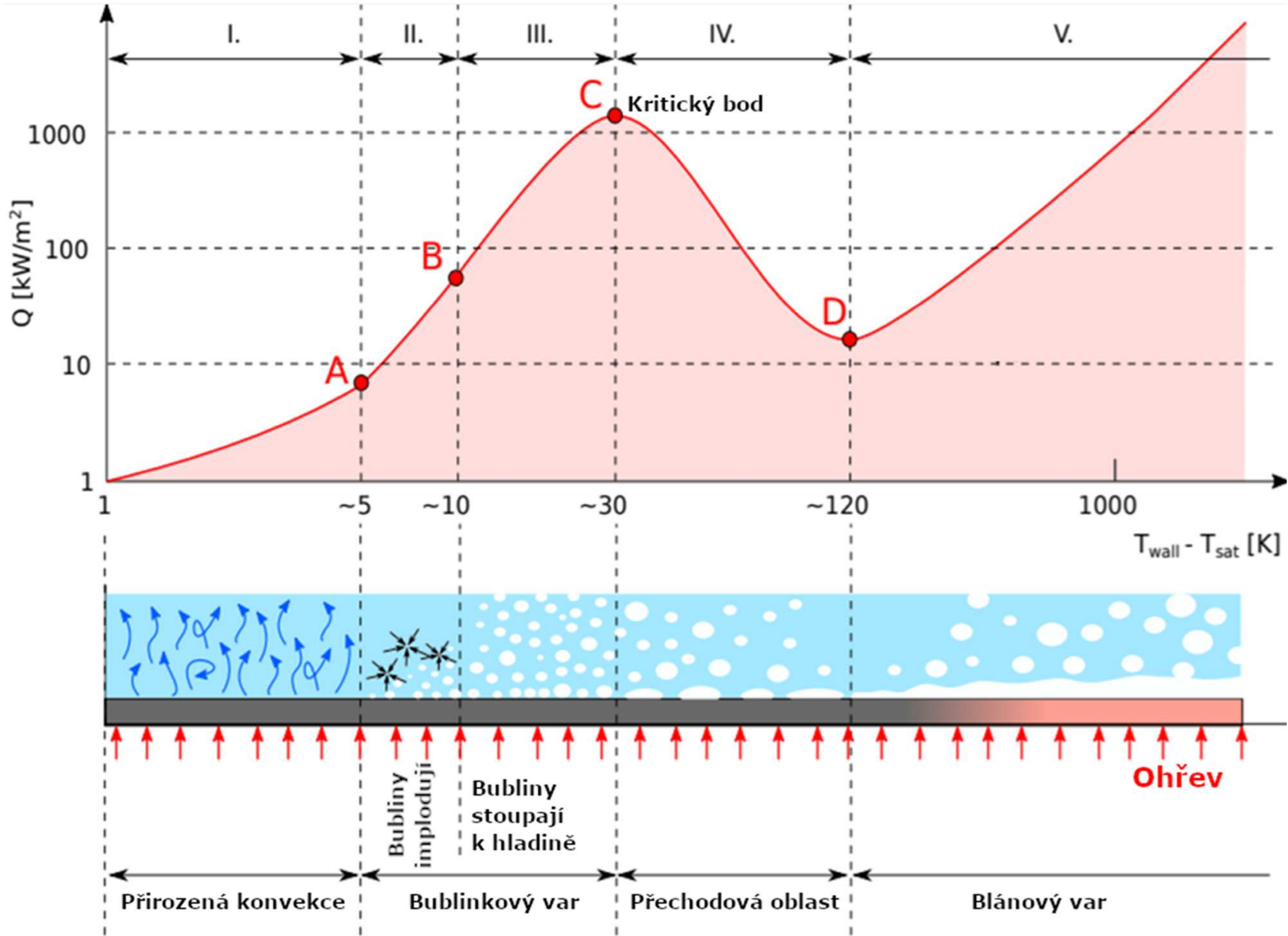
V. Oblast – Leidenfrostův jev

- tekutina je od stěny oddělena **stabilní parní vrstvou**
- dochází ke 2. kritické hustotě tepelného toku q_{kr2}

Srovnání krizí varu 1. a 2. druhu

Kategorie	Krize varu 1. druhu	Krize varu 2. druhu
Okolnosti	Bublinkový var přechází na blánový	Vysoká suchost páry
Důsledek	Prudké přehřátí, často okamžité poškození stěny	Únavové poškození, porušení až po delší době
Výskyt	Tlakovodní reaktory	Varné reaktory

Krize varu



Postupný přechod z bublinkového varu do filmového varu a následné ochlazení – vizuální demonstrace přehřátí topného tělesa



Krize varu 1. druhu

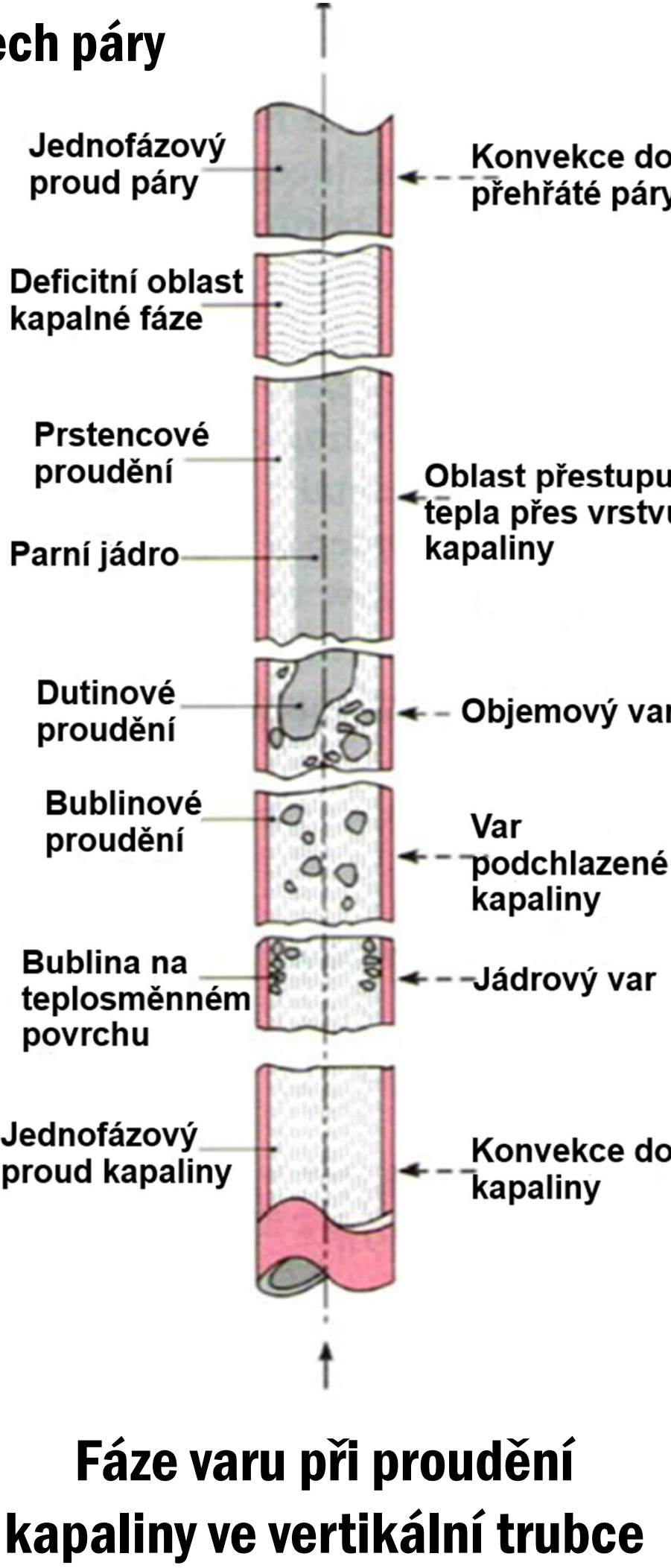
- při postupném zvyšování q roste $\Delta t = T_{wall} - T_{sat}$ (v obrázku body A-B-C)
- jakmile q dosáhne q_{kr1} (bod C), při dalším růstu:
 - dochází ke skokovému nárůstu Δt
 - přechod z bublinkového do blánového varu → izolace
 - součinitel přestupu tepla α prudce klesá
- výsledek: rychlé přehřátí ochlazované plochy → možnost poškození

DNB (Departure from Nucleate Boiling)

- **kritický bod**, kdy se var z bublinkového mění na blánový a dojde k náhlému a vysokému poklesu přestupu tepla
- **limitující podmínka** pro provoz jaderného reaktoru
- operátoři v jaderné elektrárně musí udržovat předem definovanou rezervu pro dosažení DNB v chladivu → **maximální povolená hodnota DNB**
- parametry, které se hlídají:
 - tlak chladiva v reaktoru
 - průtok chladiva reaktorem
 - výkon reaktoru
 - vstupní teplota chladiva do AZ

Krize varu 2. druhu

- spojena s varem proudící kapaliny ve svislém ohřivaném kanálu
- vzniká při vyšších suchostech páry
- suchost páry je definovaná jako podíl množství suché páry k celkové hmotnosti směsi (množství kapaliny + množství suché páry)
- Vzniká postupným vypařováním kapalné blány u stěny a jejím obnažením
- výsledek: prudké zhoršení přestupu tepla a náhlé zvýšení teploty stěny, únavové namáhání a možné pozdější porušení stěny



Fáze varu při proudění kapaliny ve vertikální trubce