

## Kvalifikace a znalosti montéra, odpovědného technika a technického vedoucího podle EN 1591-4:2014 a znalosti výpočtáře/Technika těsnění

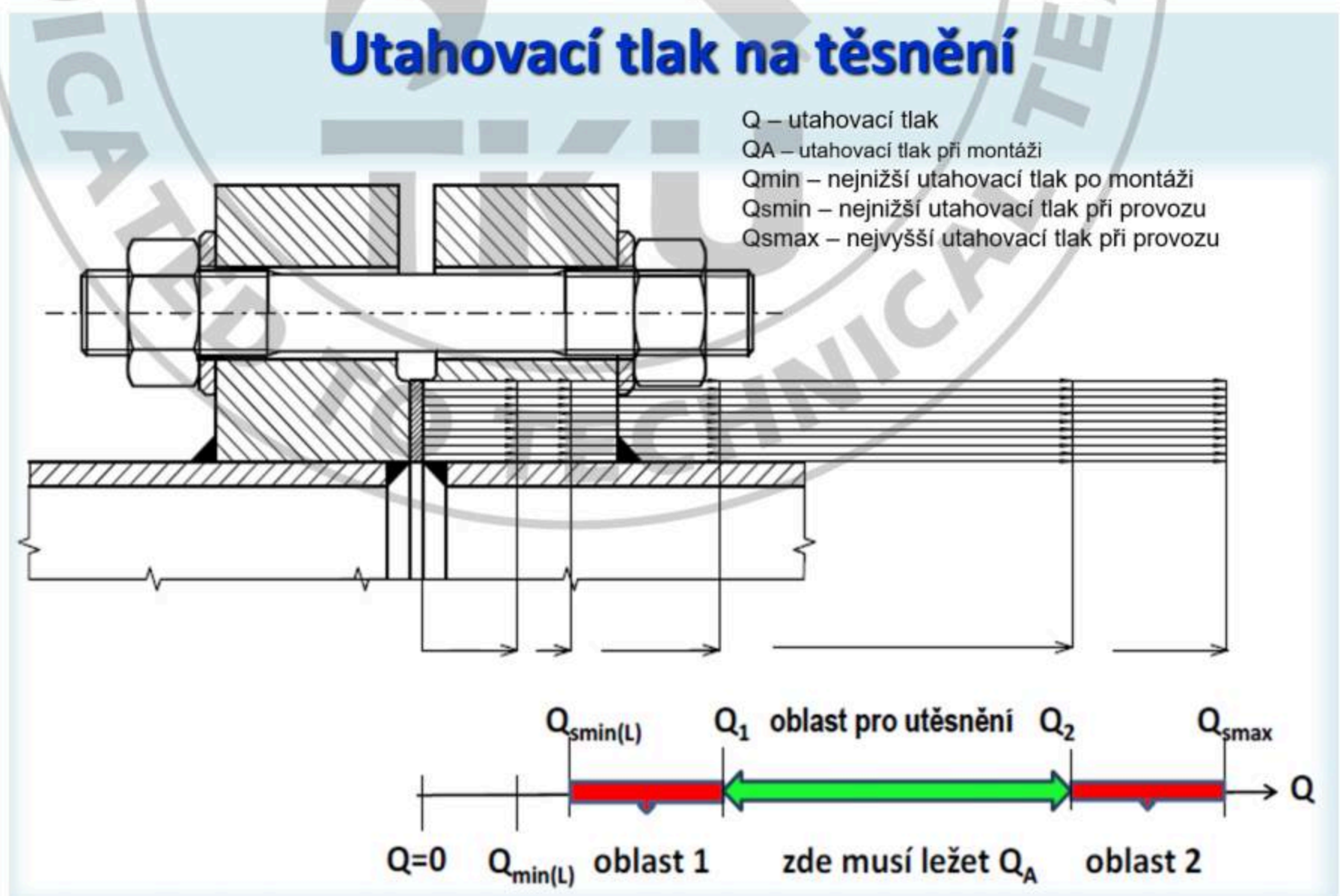
**Anotace:** Kvalifikace odborného personálu podle normy EN 1591-4 je platná v Evropě od roku 2013 a v Česku byla harmonizována od roku 2014 jako ČSN EN 1591-4. Struktura normy je systematicky členěna podle jednotlivých stupňů odpovědností pracovníků zajišťující „spolehlivé přírubové spoje“ v kritických aplikacích, definované následovně: jakékoliv tlakové zařízení, kde by selhání spoje vyvolalo ohrožení pracovníků, zařízení nebo životního prostředí. Článek se nezabývá utahovacími metodami, ty jsou stanoveny provozovatelem a jeho místními podmínkami montáží a oprav tlakových zařízení.

**Klíčová slova:** Montáž, Spolehlivost, Těsnost, Montér, Odpovědný technik, Technický vedoucí, Výpočtář, Kvalifikace, Odborný personál, ČSN EN 1591-4:2014, ČSN EN 13555:2021, zákon č. 250/2021 Sb., NV č. 192/2022 Sb., ASME PCC-1, WRC 538, API 660

„Montér s kvalifikací podle ČSN EN 1591-4, **tabulka 1**“ zná pojmy:

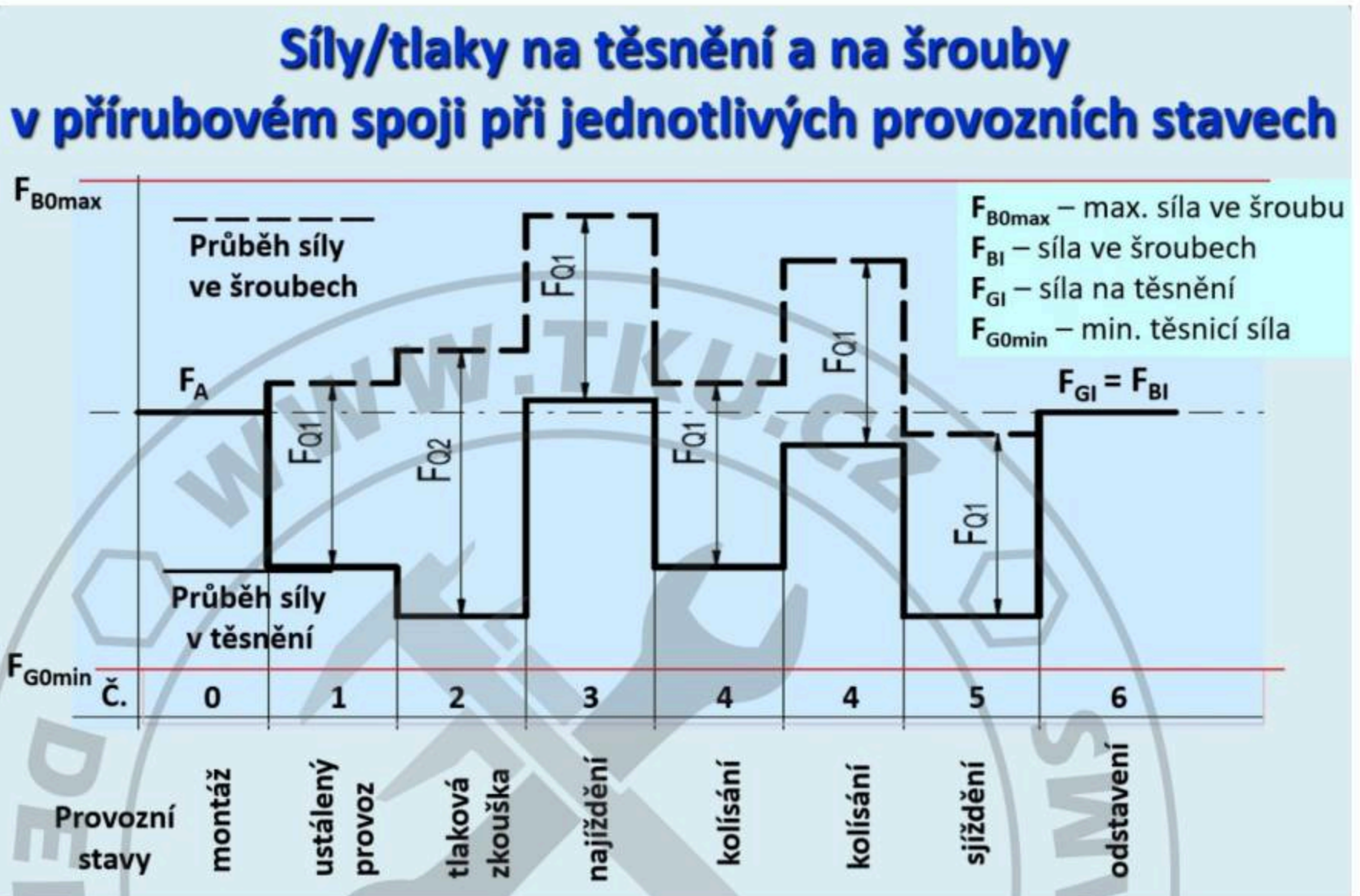
„Spolehlivého šroubového přírubového spoje“ je definován standardem ČSN EN 1591-4:2014 a každý kvalifikovaný montér\* zná základy jeho mechanického chování a související vlivy na výslednou těsnost/integritu definovanou standardem ČSN EN 13555:2021 a termíny:

- **Nejvyšší utahovací tlak**, který může bezpečně působit na těsnění  $Q_{smax}$  **při provozu**, aniž by došlo k poškození/destrukci/rozdrčení těsnění.
- **Nejnižší utahovací tlak při provozu**  $Q_{smin(L)}$ , který závisí na montážním předpětí těsnění  $Q_A$  a který je vyžadován pro splnění třídy netěsnosti L.
- **Utahovací tlak/předpětí  $Q_A$  při montáži**, který působí na těsnění **ZA VŠECH PROVOZNÍCH STAVŮ!**



Obr. 1: Funkce spolehlivého přírubového spoje je určen zelenou/bezpečnou oblastí

\* pracovník způsobilý k montáži kritických šroubových spojů, který úspěšně absolvoval teoretickou a praktickou zkoušku pod dozorem akreditované organizace.

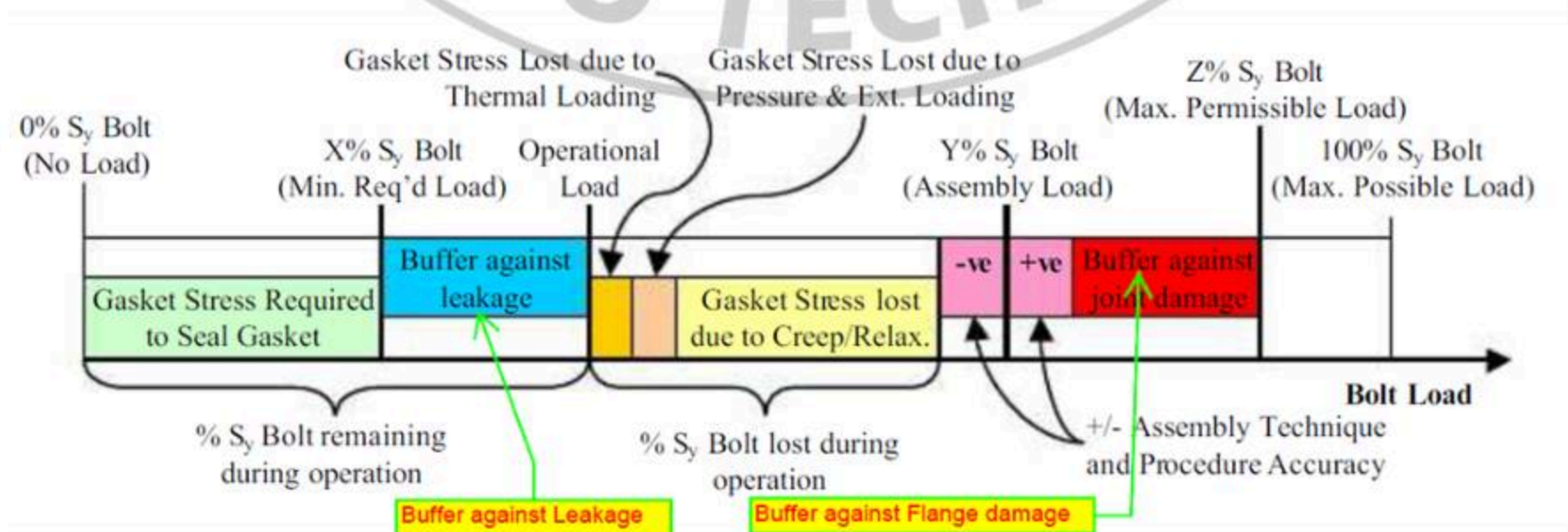


Obr. 2: Průběh dovoleného namáhání spolehlivého přírubového spoje leží mezi  $F_{G0min}$  a  $F_{B0max}$

“Odpovědný technik s kvalifikací podle ČSN EN 1591-4, **tabulka 11**” a také „Technický vedoucí podle odstavce 8.4“ normy ČSN EN 1591-4

Kvalifikovaný odpovědný technik\* a Technický vedoucí je schopen:

- Z požadovaných sil definovaných ve výpočtu stanovit utahovací momenty nebo je zkorigovat a předepsat zadání montérům **podle okolností a podmínek kritického přírubového spoje**

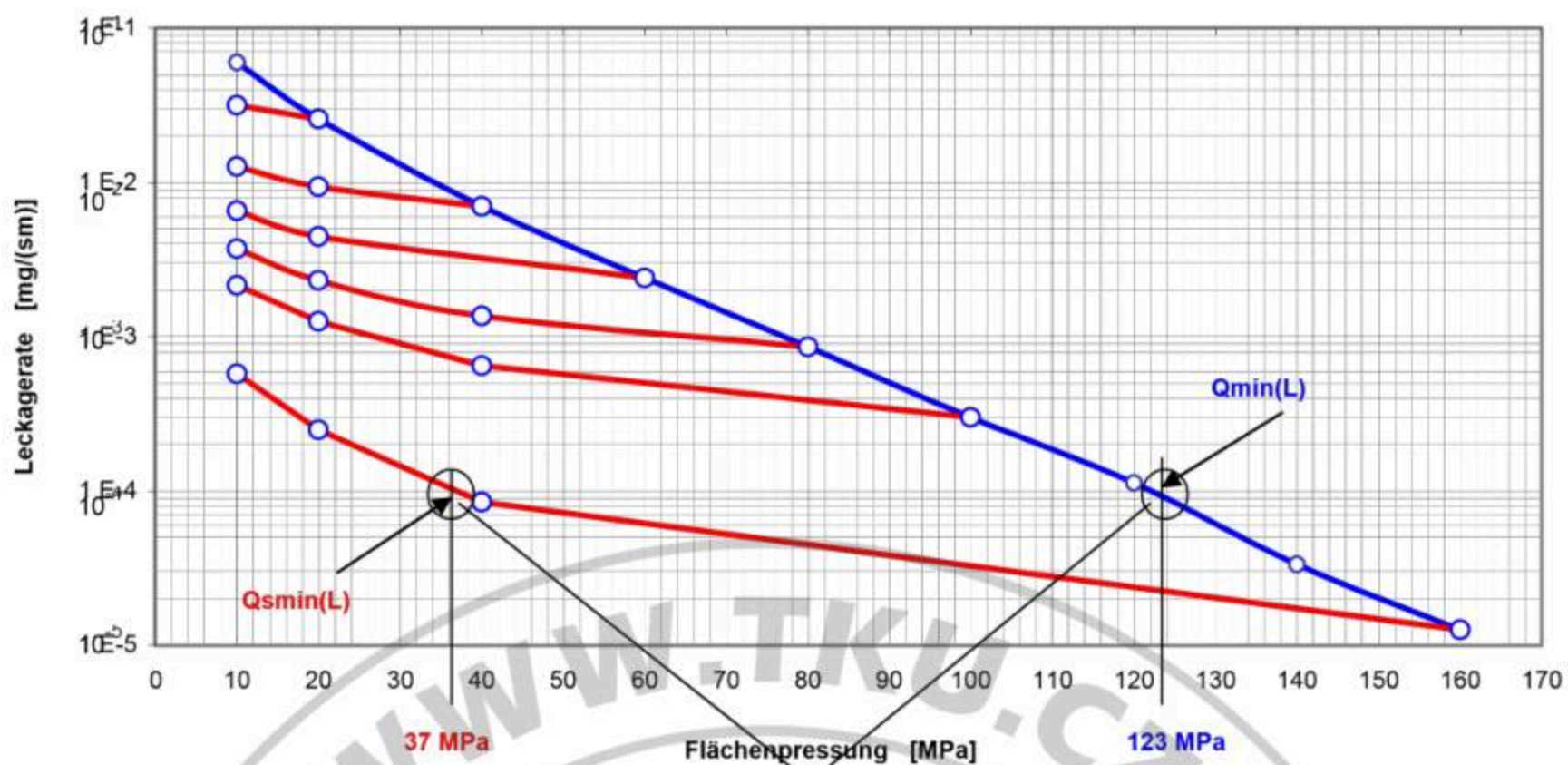


a orientuje se v parametrech těsnění definované normou ČSN EN 13555:2021 terminologií:

- **Modul pružnosti  $E_G$  těsnění při provozní teplotě** popisuje regenerační schopnost těsnění. (norma EN 13555 = modul pružnosti odlehčeného těsnění, který se určí z obnovy tloušťky těsnění mezi počátečním definovaným stlačením a odlehčením na třetinu tohoto počátečního stlačení těsnění.)
- **Faktor relaxace tečení  $P_{QR}$  a  $\Delta e_{Gc}$**  změna tloušťky těsnění v důsledku efektu relaxace tečení. (norma EN 13555 = faktor zohledňující poměr utahovacích tlaků a zatížení způsobující relaxaci těsnění od utažení po dlouhodobé působení provozní teploty.)
- **Faktor tření  $\mu_G$**  mezi materiálem těsnění a těsnícími plochami příruby, který je nezbytný pro zpracování smykových sil a torzních momentů (norma EN 13555 = součinitel statického tření mezi těsněním a čelními plochami přírub při provozních podmínkách a vnějším zatížení.)

Má povědomí o těsnostních křivkách, které vychází z měření a jejich záznamů hodnot  $Q_{min(L)}$  a  $Q_{Smin(L)}$  podle ČSN EN 13555. Graf slouží jako příklad výsledků měření zkoušky těsnosti při vnitřním tlaku 40 bar (heliem). Naměřená netěsnost je funkcí efektivního utahovacího tlaku:

- Modrá křivka je netěsnost, která vzniká při „**zatížení**“ těsnění. Zkušební specifikace s body výdrže utahovacího/povrchového tlaku jsou zde znázorněny kroužky.
- Červené křivky odpovídají netěsnosti, ke které dochází, když je těsnění „**nezatížené**“. Také zde jsou specifikace - body výdrže utahovacího tlaku znázorněny jako kroužky.
- $Q_{MIN(L)}$  jsou naměřené hodnoty, kde se třídy těsnosti ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  ... atd.) protínají s příslušnými utahovacími tlaky
- $Q_{SMIN(L)}$  jsou naměřené hodnoty, které protínají třídy těsnosti při vyložení (snížení utahovacího tlaku). Rozhodujícím faktorem je velikost použitého utahovacího tlaku  $Q_A$



		erforderliche Mindest-Flächenpressung $Q_{min}$ (bei Montage) $Q_{Smin}$ (nach Entlastung) für $p = 40$ bar							
L [mg/(s·m)]	$Q_{MIN/L}$ [MPa]	$Q_{SMIN/L}$ [MPa]							
		$Q_A = 20$ [MPa]	$Q_A = 40$ [MPa]	$Q_A = 60$ [MPa]	$Q_A = 80$ [MPa]	$Q_A = 100$ [MPa]	$Q_A = 120$ [MPa]	$Q_A = 140$ [MPa]	$Q_A = 160$ [MPa]
$10^0$									
$10^{-1}$	< 10		< 10						
$10^{-2}$	34		17	< 10	< 10	< 10			
$10^{-3}$	78				65	27			< 10
$10^{-4}$	123								37
$10^{-5}$									
$10^{-6}$									
$10^{-7}$									
$10^{-8}$									

Qmin(L)-Erklärung\_deu.doc

\* pracovník způsobilý k zadávání, řízení a kontrole montáží kritických šroubových spojů, který úspěšně absolvoval teoretickou a praktickou zkoušku pod dozorem akreditované organizace.

### Konstruktor a výpočtář tlakových zařízení podle standardů ČSN EN 13445, ČSN EN 13480 a ČSN EN 1591-1 (rozdíl oproti přístupu ASME oddíl 8, divize I a II a WRC 538)

Konstruktor a výpočtář zná a navrhuje správné utěsnění přírubového spoje podle požadavků na jeho zatížení, médium, požadovanou třídu těsnosti, charakteristiky popisují mechanické chování a další vlivy na těsnost materiálů a konstrukci těsnění.

- Definuje veškerá zatížení přírubového spoje
- Navrhne konstrukci spoje (rozměry, tuhosti, rozměry, tvary jednotlivých částí, druhy těsnících ploch apod.)
- Provede návrhový a kontrolní výpočet s ohledem na požadovanou třídu těsnosti
- Stanoví hodnoty pro montáž – požadované utahovací síly, příp. utahovací momenty, pozor ovšem, jde o ideální případ (za korekce sil pro reálnou montáž odpovídá Odpovědný technik, který zná konkrétní/místní podmínky na pozici, montážní postupy a použité nářadí)

Dobře zná normu ČSN EN 13555:2021 a její klíčové parametry:

- **Modul pružnosti  $E_G$  těsnění při provozní teplotě** popisuje regenerační schopnost těsnění. (norma EN 13555 = modul pružnosti odlehčeného těsnění, který se určí z obnovy tloušťky těsnění mezi počátečním definovaným stlačením a odlehčením na třetinu tohoto počátečního stlačení těsnění.)
- **Faktor relaxace tečení  $P_{QR}$  a  $\Delta e_{Gc}$**  změna tloušťky těsnění v důsledku efektu relaxace tečení. (norma EN 13555 = faktor zohledňující poměr utahovacích tlaků a zatížení způsobující relaxaci těsnění od utažení po dlouhodobé působení provozní teploty.)
- **Součinitel teplotní roztažnosti  $\alpha_G$**  za provozní teploty a utahovacího/povrchového tlaku v axiálním směru
- **Faktor tření  $\mu_G$**  mezi materiálem těsnění a těsníci plochami příruby, který je nezbytný pro zpracování smykových sil a torzních momentů (norma EN 13555 = součinitel statického tření mezi těsněním a čelními plochami přírub při provozních podmínkách a vnějším zatížení.)

Má povědomí o souvislostech ohledně zkoušení těsnících materiálů podle evropských standardů.

**Tabulka 1:** Charakteristiky těsnění a související testy

Parametr těsnění podle EN 13555	Parametr těsnění podle DIN 28 090	Popis	Typ testu/zkouška	Zkušební zařízení firmy AMTEC
$Q_{min(L)}$	$\sigma_{VU/L}$	Minimální montážní utahovací tlak	Těsnostní test	TEMES <sub>fl.ai1</sub>
$Q_{Smin(L)}$	$\sigma_{BU/L}$	Minimální provozní utahovací tlak	Těsnostní test	
$Q_{Smax(RT)}$	$\sigma_{VO}$	Maximální montážní utahovací tlak	Kompresní zkouška / compression test	
$Q_{Smax}$	$\sigma_{BO}$	Maximální provozní utahovací tlak	Kompresní zkouška / compression test	
$E_0, K_I$	$E_D$	Elastické odpružení/regenerace, intercepce, sklon/gradient	Kompresní zkouška / compression test	
$g_c$	$\Delta h_D$	Creep faktor	Creep / Relaxační test	TEMES <sub>fl.relax</sub>

## Shrnutí:

Utahování „spolehlivých přírubových spojů“ je sice montážně triviální práce, ale široká problematika s mnoha souvislostmi a detaily založenými na zkušenostech montážního personálu s případnou pomocí konstruktérů a výpočtářů. Velkou roli hraje poddajnost šroubových spojů a stlačitelnosti těsnění k dosažení „spolehlivě těsných spojů“ po celou dobu jejich provozu mezi odstávkami. Renomovaní konstruktéři a výrobci mají své vlastní tabulky hodnot utahovacích momentů šroubových spojů založených na svých letitých zkušenostech. Utahování šroubových spojů souvisí na mnoha vlivech k správnému výsledku, takže po provedení výpočtů, u nových spojů, stačí sledovat deformaci šroubových spojů a stlačení těsnění. Pokud není montáží dosaženo utěsněného spoje, je nutný další postup. Právě u již provozovaných nenormalizovaných přírub, nikoli u nových je nutná kontrola rovinnosti těsnících ploch a stavu těsnění a použití nového spojovacího materiálu a těsnění.