



Centrum Energetických a Environmentálních Technologí – Explorer (CEETe)

Projektová dokumentace pro vydání stavebního povolení

D.2 DOKUMENTACE TECHNICKÝCH A TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ

PS 02.13 Laboratoř vodíkových technologií

Technická zpráva

Provozní soubory výzkumných zařízení

Archívní číslo:	20-026-4 / PS 02.13-01
Číslo revize	R00
Zhotovitel:	CHVÁLEK ATELIÉR s.r.o. Kafkova 1064/12, 702 00 Ostrava - Moravská Ostrava
Hlavní projektant:	Ing. Martin Ciešlar
Projektant:	Ing. Štefan Kovacs
Vypracoval:	Ing. Martin Levý; Ing. Petr Moldřík, Ph.D.; Ing. Daniel Minařík, Ph.D. a kol.
Stavebník:	Vysoká škola báňská -Technická univerzita Ostrava 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava - Poruba
Datum:	09 / 2020

OBSAH:

D.2.1 ÚČEL OBJEKTU, funkční náplň, kapacitní údaje	3
D.2.1.1 Úvod	3
D.2.1.2 Účel objektu	3
D.2.1.3 Požadavky investora	3
D.2.1.4 Funkční náplň.....	3
D.2.1.4.1 Zpracovávané plyny	4
D.2.1.4.2 Základní technické parametry zařízení	4
D.2.1.5 Bezpečnostní koncept.....	5
D.2.1.5.1 Systém detekce a odvětrání	5
D.2.1.5.2 Řídící systém – bezpečnostní funkce.....	5
D.2.1.5.3 Maximální pracovní přetlak	5
D.2.2 TECHNICKÝ POPIS LABORATOŘE.....	6
D.2.2.1 Dispoziční řešení.....	6
D.2.3 STROJE A ZAŘÍZENÍ LABORATOŘE	6
D.2.3.1 Kategorizace zařízení	8
D.2.3.2 Technické požadavky.....	8
D.2.3.3 Popis zařízení	8
D.2.3.3.1 Rozvodné panely.....	8
D.2.3.3.2 Palivové články typu PEM	9
D.2.3.3.3 Elektrolyzéry typu AEM	9
D.2.3.3.4 Elektrolyzér typu PEM	10
D.2.3.3.5 Příprava a zásoba demi-vody.....	11
D.2.3.3.6 Sušička H ₂	11
D.2.3.3.7 Zvlhčování reakčního vzduchu	12
D.2.3.3.8 Zařízení pro rekuperaci vodíku z „profuku“ palivového článku.....	12
D.2.3.3.9 Vazební členy, výkonové měniče	13
D.2.3.3.10 Zařízení pro dodávku reakčního vzduchu	13
D.2.3.3.11 Elektronické zátěže	14
D.2.3.3.12 Glove-box	14
D.2.3.4 Potrubní propoje.....	14
D.2.3.1 Výpočty důležitých konstrukčních částí	15
D.2.3.2 Zkoušky zařízení, uvedení do provozu	15
D.2.3.3 Bezpečnost práce a povinnosti provozovatele	16
D.2.3.4 Obsluha technologického souboru.....	16
D.2.3.5 Podmínky pro uvedení do provozu	17
D.2.3.6 Seznam použitých norem.....	17
D.2.4 ELEKTROINSTALACE, OSVĚTLENÍ A SŘTP.....	17
D.2.4.1 Úvod	17
D.2.4.2 Technické údaje	18
D.2.4.2.1 Rozvodná soustava	18
D.2.4.2.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem	18
D.2.4.2.3 Podmínky pro ochranu před nebezpečným dotykem částí neživých samočinným odpojením od zdroje.....	18
D.2.4.2.4 Zkratová odolnost	18
D.2.4.2.5 Stanovení vnějších vlivů	18
D.2.4.3 Technické řešení.....	18
D.2.4.3.1 Elektrické napájení a MaR	18
D.2.4.3.2 Kabelové trasy.....	18
D.2.4.3.3 Uzemnění a pospojování.....	19
D.2.4.3.4 Nouzové osvětlení	19
D.2.4.3.5 Závěr.....	19
D.2.4.4 Seznam použitých norem.....	19

D.2.1 ÚČEL OBJEKTU, funkční náplň, kapacitní údaje

D.2.1.1 Úvod

Stavba v rámci areálu je členěna na stavební objekty a provozní soubory:

PS 02 – Provozní soubory výzkumných zařízení

PS 02.13.1 Laboratoř vodíkových technologií

Laboratoř vodíkových technologií (dále LVT) je umístěna v místnosti č. 208 s navazující dozornou v místnosti č.209. Tato část projektu řeší následující prvky:

- Ventilové panely pro technické plyny
- Potrubní rozvody plynů v laboratoři 208
- Glove Box
- Zvlhčování reakčního vzduchu
- Příprava a zásoba demi-vody
- Palivové články typu PEM
- Elektrolyzery typu AEM
- Elektrolyzer typu PEM
- Sušička vodíku
- Systém rekuperace vodíku
- Kabelové propoje od čidel/akčních prvků po rozvaděč CU102
- Systém detekce plynů
- Laboratorní nábytek

Další prvky (MaR, napájení, chlazení apod.) laboratoře LVT jsou řešeny samostatnými částmi projektu.

D.2.1.2 Účel objektu

Centrum energetických a environmentálních technologií je projektem aplikovaného výzkumu technologií v energetice, jehož výstupem je vytvoření unikátního polygonu pro testování metod a technologií v oblasti moderní energetiky plně v souladu s principy cirkulární ekonomiky. Mezi mnoho dalších laboratoří, centralizovaných v tomto zařízení, se řadí i laboratoř vodíkových technologií (LVT).

LVT je vybavena technologickým zařízením pro elektrolytickou výrobu vodíku, zařízením pro jeho zpětnou konverzi na elektrickou energii a dále měřicími a analyzačními přístroji. Elektrolyzéry, palivové články, dmychadla i zvlhčovací jednotka budou instalovány v budově SO 01.1 „Budova CEETe“ v areálu VŠB-TUO.

Předmětem této části dokumentace je popis technického řešení objektu PS 02.13 „Laboratoř vodíkových technologií“ v areálu VŠB-TUO. Jedná se o Laboratoř jednoduchého obdélníkového půdorysného tvaru vel. 7,5 m x 8,5 m v rohové části 2. nadzemního podlaží.

D.2.1.3 Požadavky investora

Dle zaměření střediska CEET, jakožto centra zaměřeného na optimalizaci transformačních přeměn energií, vyplývá snaha o co nejefektivnější chod instalovaných technologií.

Požadavkem zadavatele byla modifikace systému LVT tak, aby technologie byla automatizována, implementována do nového prostoru podle současných legislativních požadavků a doplněna o objekt PS 02.01 „venkovní vodíková stanice“. To vše za minimalizace finančních a energetických nároků.

D.2.1.4 Funkční náplň

Veškeré požadavky zadavatele byly zpracovány do předloženého návrhu funkčního celku LVT. Automatizace systému byla zpracována do P&ID 20-026-04_PS 02.13-02. Kritické, armatury budou v pneumaticky ovládaném provedení s koncovými snímači polohy a bezpečnostní funkcí „normally closed“ NC, tak aby byla zajištěna bezpečnost provozu (v rámci dalších fází projektu možno nahradit elektromagnetickými ventily, budou-li splňovat potřebné funkční a bezpečnostní požadavky).

V rámci technologického souboru je provozní zásoba vodíku v místnosti č. 128 sdílena mezi objekty Venkovní vodíková stanice (VVS) a LVT. Přímé propojení LVT s VVS je unikátní i v tom, že umožní monitorovat vliv jednotlivých částí VVS na kvalitu vodíku z pohledu palivových článků.

Velkokapacitní vodíkové svazky budou plněny vodíkem z elektrolyzérů LVT o tlaku cca 30 bar a pomocí kompresorové jednotky VVS lze v nich zvýšit tlak až na 200 bar. Provozní zásoba vodíku bude tvořena i „referenčním“ vodíkem ve standardních svazcích, které budou dováženy od vybraného dodavatele vodíku s atestem. Referenční vodík bude sloužit jak k doplňování zásoby vodíku pro VVS, tak i pro laboratorní účely srovnávacích metod.

Jako zdroj tlaku se bude využívat pouze jednotka hydraulického multiplikátoru v místnosti č. 126 a na výstupní větvi z multiplikátoru bude vytvořena odbočka pro bezpečné zvyšování tlaku provozní zásoby vodíku na 200 bar. Stejná kompresorová jednotka bude dále zajišťovat komprimaci vodíku do vysokotlakých zásobníků v rámci venkovní vodíkové stanice.

Potrubními propoji, vedenými na potrubním mostě v délce 8 bm, bude LVT připojena, ať již jako zdroj vodíku pro VVS, nebo jako kontrolní místo pro monitorování kvality vodíku pro palivové články a odběratel vodíku pro práci palivových článků LVT. Přímé propojení VVS s LVT je přínosné v možnosti přímé kvantifikace vlivů elektrolytické výroby vodíku na potřebu doplňování silničních vozidel vodíkem. Za zvlášť důležité je to považováno u výkonově malých a středních PVS, které mají reálnou naději na napájení z obnovitelných zdrojů energie.

Návrh je v souladu se zadáním ve smyslu dálkově řízené armatury LVT na základě pokynů řídicího systému. Stupeň autonomie či sjednocení jednotlivých částí LVT a VVS je pak jedním z výstupů vědecko-technických aktivit CEET.

D.2.1.4.1 Zpracovávané plyny

vodík plyný			
zdroj			potrubní rozvod pro LVT z PS 02.01 (2 svazky 2200l, 2 svazky 600l)
čistota			4.8 nebo dle požadavku výzkumu
max. přetlak			25 bar
max. spotřeba			72,0 Nm ³ /h
dusík			
zdroj			2 svazky 600l / 200 bar (provozní + záložní)
čistota			4.8
max. přetlak	svazky		200 bar
max. spotřeba			24,0 Nm ³ /h
kyslík			
zdroj			1+1 tlaková lahev 50 l / 200 bar (provozní + záložní)
max. přetlak	lahve		200 bar
max. spotřeba			cca 12,0 Nm ³ /h
kysličník uhličitý			
zdroj			1+1 tlaková lahev 50 l (provozní + záložní)
max. přetlak	lahve		57 bar (20°C)
max. spotřeba			cca 12,0 Nm ³ /h

Důležité chemické a fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v příložených bezpečnostních listech jednotlivých plynů.

D.2.1.4.2 Základní technické parametry zařízení

Maximální pracovní přetlak

Potrubní rozvod vodíku v místě napojení		25 bar (pojistný ventil)
Redukční panel dusíku P301	vstup	200 bar
	výstup	25 bar (pojistný ventil)
Redukční panel CO ₂ P501	vstup	57 bar (20°C)
	výstup	25 bar (pojistný ventil)
Redukční panel O ₂ P401	vstup	200 bar
	výstup	25 bar (pojistný ventil)

D.2.1.5 Bezpečnostní koncept

D.2.1.5.1 Systém detekce a odvětrání

Prostor laboratoře je samostatným požárně-technickým úsekem, který je vybaven systémem detekce hořlavých plynů a systémem odvětrávání.

Navržené uspořádání systémů detekce hořlavých plynů a vzduchotechniky umožňuje stanovit v prostoru laboratoře prostředí normální bez nebezpečí výbuchu hořlavých plynů a par – viz protokol o určení vnějších vlivů.

Požadavky na detekci plynů a odvětrávání

Požadavky na systém detekce plynů

- tři čidla koncentrace vodíku v ovzduší, umístěná pod stropem laboratoře nad stoly s technologickými zařízeními (palivové články, elektrolyzéry, přístroje), čidla jsou napojena na vyhodnocovací ústřednu, která následně dává signály do řídicího systému. Bezpečnostní funkce, odvozené od signálů čidel koncentrace musí být nezávislé na běhu programového vybavení řídicího systému.
- jedno čidlo koncentrace kyslíku v ovzduší s vyhodnocovací ústřednou, detekované meze jsou 19%, resp. 23 % kyslíku v ovzduší. Ústředna předává signály do řídicího systému. Pro práci s daty platí stejné požadavky jako v případě čidel koncentrace vodíku.

Požadavky na systém větrání a odsávání: je řešeno v samostatné projektové dokumentaci: „Vzduchotechnická část“. V prostoru laboratoře bude zajištěno:

- nepřetržité nucené větrání s trojnásobnou výměnou vzduchu, které bude v provozu vždy, když jsou v provozu zdroje plynů,
- nucené větrání bude uvedené do provozu ručně obsluhou vždy před zahájením zkušebního procesu,
- havarijní větrání v případě úniku vodíku s desetinásobnou výměnou vzduchu za hodinu,
- v závislosti na čidlech systému detekce plynů - v případě dosažení 10% dolní meze výbušnosti (dále jen DMV) je spuštěna signalizace stavu (optická a akustická) a systém havarijního odvětrávání (systém provozního nuceného větrání je odpojen), v případě dosažení 20% DMV vodíku v ovzduší jsou automaticky uzavřeny přívody plynu, je odpojen přívod elektrické energie do laboratoře s výjimkou nouzového osvětlení a je spuštěna optická a akustická signalizace. Systém ventilace musí být opatřen zálohovaným napájením, stejně jako systém detekce plynů. Systém havarijní ventilace musí být v provedení EEx.

D.2.1.5.2 Řídicí systém – bezpečnostní funkce

Požadavky na elektronické ochrany:

- EMERGENCY STOP tlačítka, umístěná v prostoru laboratoře a zdrojové stanice pro možnost vypnutí zdroje tlaku (uzavření pneumaticky ovládaných armatur ve zdrojové stanici) obsluhou v případě vážné poruchy některé části systému.
- kompletní řídicí systém a systém havarijní vzduchotechniky jsou napájeny tak, aby byly provozuschopné i v případě výpadku standardní dodávky elektrické energie (systém záložního zdroje napájení řešen v samostatné části projektu).

D.2.1.5.3 Maximální pracovní přetlak

Nepřekročení max. pracovního přetlaku jednotlivých částí technologického zařízení je zajištěno provozní regulací a osazením mechanických pojistných ventilů. Provedení pojistných ventilů musí odpovídat ČSN EN ISO 4126-1. Návrh průtočného množství pojistných ventilů musí být proveden v

souladu s ČSN EN ISO 4126-7. Pro zabránění zbytečného otevření pojistných ventilů, zajistí řídicí systém odstavení zdrojů tlaku v případě překročení pracovního přetlaku blížícího se nastavení pojistných ventilů. Tato funkce nebude realizována jako bezpečnostní.

D.2.2 TECHNICKÝ POPIS LABORATOŘE

D.2.2.1 Dispoziční řešení

Pro laboratoř byla určena místnost č. 208 v nové čtyřpodlažní budově CEETe v rohové části druhého nadzemního podlaží. Samotná místnost je jednoduchého obdélníkového půdorysného tvaru vel. 7,5 m x 8,5 m. Pro prostupy potrubních propojů z potrubního mostu do laboratoře LVT byla místnost vybavena nikou sousedící s oknem do dozorny. Do boční stěny laboratoře jsou osazeny jedny dveře a pozorovací okno, sousedící s místností č. 209 - dozorna. Místnost není vybavena okny. Pro udržení požadované teploty $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ je navržena klimatizační jednotka. Pro osvětlení budou instalovány stropní zářivky (podrobně popsáno v jiné části dokumentace). Do stěn budou kotveny ventilové panely, potrubní rozvody, kabelové žlaby a vzduchotechnická potrubí.

Laboratoř 208 není místností s trvalou obsluhou.

D.2.3 STROJE A ZAŘÍZENÍ LABORATOŘE

Zdroj vodíku pro laboratoř tvoří technologická zásoba plynu v místnosti č. 128, technologického souboru venkovní vodíkové stanice, a je podrobněji popsána v příslušné části dokumentace (PS 02.01).

Systém zásobování laboratoře technickými plyny je navržen s ohledem na požadavky uživatele na možnost dálkového měření a dalšího zpracování parametrů technických plynů (přetlaky, průtoky), přičemž vlastní řídicí, monitorovací a archivační systém není předmětem této části projektu.

Palivové články budou sloužit k výrobě stejnosměrné elektrické energie a tepla na principu přímé přeměny plynného paliva a okysličovadla na elektrickou energii při katalytickém procesu podporujícího nevybušnou a nehořlavou slučovací reakci. Jakožto palivo bude využíván čistý plynný vodík s definovanou čistotou a parametry a jako okysličovadlo bude využíván vzduch. Moduly palivových článků resp. „stacky“ palivových článků budou využívat takových chemických a fyzikálních procesů, které odpovídají technologii založené na bázi polymerních protonových membrán a pro tuto technologii budou jednotlivé „stacky“ palivových článků konstrukčně uzpůsobeny.

V laboratoři tedy budou instalovány moduly nízkoteplotních palivových článků, které lze dle ustáleného mezinárodního názvosloví zařadit do skupiny palivových článků označovaných jako Palivové články s protonovou membránou, z anglického originálu „Proton Exchange Membrane Fuel Cells“, běžně označovaných jako palivové články typu „PEM“ nebo „PEMFC“.

Jednotlivé moduly palivových článků budou tvořit výrobní soubory, které se budou sestávat z příslušného počtu modulů palivových článků. Jednotlivé stacky palivových článků musí být schopny jednak společného provozu s ostatními „stacky“ palivových článků při jejich provozování v rámci výrobního souboru v elektrickém sériovém zapojení, a jednak musí být schopny samostatného nezávislého provozu, tj. bez závislosti na dalších modulech výrobního souboru a případných společných podpůrných provozních technologiích daného výrobního souboru. Součástí modulů palivových článků a/nebo součástí výstroje rozvodů technických plynů laboratoře bude i tlaková regulace na provozní tlak paliva (vodíku), bezpečnostní provozní prvky zajišťující nepřekročení maximálního dovoleného tlaku při selhání tlakové regulace a rovněž ventily na výstupu palivového okruhu zabezpečující řízení otevírání palivového okruhu prostřednictvím řídicího systému laboratoře.

Všechny moduly palivových článků musí být vybaveny elektronickým měřicím resp. monitorovacím systémem, který bude zajišťovat měření napětí na jednotlivých celách „stacku“ modulu palivového článku a rovněž bude umožňovat předávání těchto průběžně měřených hodnot vhodnou formou tj. prostřednictvím standardizovaných datových rozhraní jako jsou RS232, RS485, ProfiNET, ProfiBus, Ethernet nebo CAN k vyhodnocení a archivaci do nadřazeného řídicího systému (nadřazený řídicí systém není součástí této dodávky). Moduly palivových článků by měly dále rovněž umožňovat obsluhu přímé kontaktní měření napětí na jednotlivých celách „stacku“ modulu palivového článku. V případě, že konstrukční řešení modulu palivového článku nebude umožňovat fyzický přístup k jednotlivým bipolárním deskám, nebo nejsou alespoň vyvedeny kontakty (měřicí

svorky, měřicí body) pro elektrody jednotlivých cel ve „stacku“ modulu palivového článku, je výše zmíněný monitorovací systém nezbytnou součástí dodávky modulů palivových článků.

Elektrolyzéry budou sloužit k produkci plynného vodíku o definovaných parametrech a kvalitě dle níže uvedené specifikace. Elektrolyzéry budou principiálně založeny na principu elektrolýzy vody nebo vhodného vodného elektrolytického roztoku prostřednictvím technologie pevných iontových polymerických membrán.

Patřičný počet jednotlivých výrobních jednotek elektrolyzérů nebo „stacků“ elektrolyzérů bude tvořit specifikované výrobní soubory. Jednotlivé jednotky elektrolyzérů musí být schopny pracovat jednak v rámci výrobního souboru v sériovém elektrickém zapojení a jednak musí být schopny pracovat nezávisle na ostatních „stackech“ jednotek elektrolyzérů a rovněž nezávisle na případných pomocných provozních technologiích společných pro uvažovaný výrobní soubor. Vybrané výrobní soubory budou realizovány prostřednictvím ucelených výrobních zařízení, které budou zahrnovat i pomocné a provozní technologie.

„Stacky“ elektrolyzérů musí umožňovat kontaktní měření napětí na jednotlivých celách elektrolyzéru. V případě, že není možno z konstrukčních důvodů elektrolyzérů zajistit fyzický přístup k jednotlivým bipolárním deskám, nebo alespoň nejsou vyvedeny kontakty pro umožnění měření napětí na elektrodách jednotlivých cel ve „stacku“ elektrolyzéru, musí být „stacky“ elektrolyzérů vybaveny elektronickým měřicím a monitorovacím systémem, který výše zmíněné měření bude zajišťovat a průběžně měřené hodnoty budou vhodnou formou tj. prostřednictvím standardizovaných datových rozhraní (RS232, RS485, ProfiNET, ProfiBus, Ethernet, CAN), předávány k vyhodnocení a archivaci do nadřazeného řídicího systému (nadřazený řídicí systém není součástí této dodávky). Samotné „stacky“ elektrolyzérů musí být napájeny stejnosměrným proudem o hodnotách uvedených ve specifikaci a rovněž nesmí mít větší spotřebu elektrické energie pro výrobu stanoveného množství produkovaného vodíku než by odpovídalo stanovenému příkonu. Vybrané výrobní soubory elektrolyzéru budou pak připojeny na elektrické rozvody laboratoře na standardní napěťové hladině 3x230/400V.

Jednotlivé „stacky“ elektrolyzérů musí být konstruovány tak, aby bylo možno realizovat odběr produkovaného vodíku přímým připojením výstupního potrubí ke „stacku“ prostřednictvím vhodného standardizovaného typu šroubení, či prostřednictvím plynové rychlospojky.

Technologický soubor laboratoře vodíkových technologií zahrnuje celou řadu systémů a zařízení jako je:

- Soubor rozvodných panelů pro technické plyny
- Rozvaděč vzdálených vstupů a výstupů MaR CU102 - viz samostatná část projektu
- Zdrojová stanice plynů
- Palivové články typu PEM
- Elektrolyzéry typu AEM
- Elektrolyzér typu PEM
- Příprava a zásoba demi-vody
- Sušička H₂
- Zvlhčování reakčního vzduchu
- Zařízení pro dodávku reakčního vzduchu
- Zařízení pro rekuperaci vodíku z „profuku“ palivového článku
- Glove-box
- Chladicí okruhy - viz samostatná část projektu
- Vazební členy, výkonové měniče - viz samostatná část projektu
- Elektronické zátěže - viz samostatná část projektu

D.2.3.1 Kategorizace zařízení

Kategorizace zařízení dle vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 21/1979 Sb. v platném znění.

Kompletní technologický soubor tlakové stanice a potrubních rozvodů je zařazen dle vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 21/1979 Sb. v platném znění, kterou se určují vyhrazená plynová zařízení a stanoví některé podmínky k zajištění jejich bezpečnosti, takto:

- zařízení pro plnění nádob plyny včetně tlakových stanic dle § 2, písm. (c) výše uvedené vyhlášky

S ohledem na výše uvedenou kategorizaci zařízení je řídicí technickou normou ČSN 07 8304 pro technologickou výbavu tlakové stanice.

D.2.3.2 Technické požadavky

Provedení a instalace technologických zařízení musí odpovídat požadavkům zákona 309/2006 Sb. Zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy, v platném znění, nařízení vlády 361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, v platném znění a nařízení vlády 101/2005 Sb. Nařízení vlády o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí, v platném znění.

Bezpečnostní značky, značení a signály musí být provedeny a umístěny v souladu s nařízením vlády 375/2017 Sb. Nařízením vlády o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů, platném znění.

D.2.3.3 Popis zařízení

D.2.3.3.1 Rozvodné panely

V prostoru laboratoře (místnosti č. 208) je umístěno několik rozvodných a odběrových panelů, které obsahují pro každý jednotlivý plyn redukční, regulační, rozvodnou a měrnou funkci pro instalovaná zařízení v daném technologickém souboru. Připojovací šroubení pro napojení spotřebiče bude definováno v rámci prováděcího projektu.

Navržené technologické panely:

Název	Typ	Úprava dle automatizace	Rok výroby	Pracovní medium	Max. prac. přetlak (bar)	DN	min/max. pracovní teplota
panel vodíku 1	JJ1366A	Modifikace	2012	vodík	20/3	15	-30/+40
panel vodíku 2	JJ1366B	Modifikace	2012	vodík	20	15	-30/+40
panel vodíku 3	JJ1366C	Modifikace	2012	vodík	2,5	8	-30/+40
panel měření	JJ1366D	Modifikace	2012	H ₂ , N ₂ , O ₂ , CO ₂	2,5	10	-30/+40
panel vodíku 5	JJ1366E	Modifikace	2012	vodík	20/2,5	15	-30/+40
panel vodíku 6	JJ1366F	Modifikace	2012	vodík	4	10	-30/+40
panel dusíku	JJ1366G	Modifikace	2012	dusík	20/2,5	10	-30/+40
panel 8	JJ1366H	Modifikace	2012	N ₂ , O ₂ , CO ₂	2,5	10	-30/+40
panel 9	JJ1366J	Modifikace	2012	H ₂ , N ₂ , O ₂ , CO ₂	2,5	8	-30/+40
panel kyslíku P401	MaxiFlow 1/2	Modifikace	2012	O ₂	30/1,4	15	-30/+40
panel CO ₂ P501	MaxiFlow 1/2	Modifikace	2012	CO ₂	30/1,4	15	-30/+40
Panel regulační I/P (11)	-	Nový	-	vodík	6/1	10	Dle dodavatele

D.2.3.3.2 Palivové články typu PEM

V laboratoři LVT jsou navrhovány systémy distribuce a měření technických plynů pro umožnění připojení palivových článků o instalovaném výkonu cca. 100kW_e.

Předpokládaná instalace, sloužící pro výzkumné účely CEETe, v počtu 5 modulů („stacků“) v primárně sériovém elektrickém zapojení, o celkovém instalovaném výstupním výkonu 50kW, sloužící pro výrobu elektřiny (a tepla) z dodávaného plynného vodíku o stanovených parametrech. Elektrický výkon bude prostřednictvím vazebního výkonového měniče, umístěného v dozorně LVT, vyveden na sběrnici střídavého proudu na napěťové hladině 3x230/400 určené i pro další technologické celky CEETe. Produkované teplo (až 80 kW_t) bude odváděno především skrze vodní chladicí okruh s demineralizovanou vodou, o teplotním spádu 65/60 °C, jež bude rozdělen tepelným výměníkem na dvě části, přičemž sekundární část bude již součástí systému využití odpadního tepla pro účely budovy. Vstupními médii pro palivové články budou:

- zvlhčený reakční vzduch (až 5 x 500 NI/min), dodávaný ze systému dodávky reakčního vzduchu dmychadly (kompresory),
- plynný vodík (až 5 x 200 NI/min), uskladněný v prostoru venkovní plnicí vodíkové stanice.

Inertizace palivových článků se bude provádět plynným dusíkem.

Souhrn parametrů pro PEM palivové články:

- $P_{\text{instal}} = 50 \text{ kW}$ ($Q = 80 \text{ kWt}$), $I_{\text{DC}} = 0\text{--}250 \text{ A}$, $U_{\text{DC}} = 325\text{--}150 \text{ V}$ pro 5 modulů v sériovém zapojení
- Teplotní spád chladicí vody: 65/60 °C
- Spotřeba vodíku: až 510 NI/min (5 x 102 NI/min)
- Požadovaná čistota vodíku: min. 2.5 s max. množstvím: CO 0,2 ppm, CO₂ 0,5 obj.%, S 4 ppb, formaldehyd 0,01 ppm, CH₂O₂ 0,2 ppm, NH₃ 0,1 ppm, halogenové sloučeniny 0,05 ppm (dle ISO 14687-2: 2008)
- Úroveň přetlaku vodíku: 0,15–0,3 barg
- Tlaková ztráta vodíku v palivovém článku: do 0,05 bar při max. výkonu
- Relativní vlhkost vodíku: 50% při 65 °C na vstupu
- Spotřeba reakčního vzduchu: min. 500 NI/min (5 x 100 NI/min), max. 2500 NI/min (5 x 500 NI/min)
- Požadovaná kvalita reakčního vzduchu: max. množství CO 25 ppm, S 0,01 ppm, NO₂ 0,3 ppm, NH₃ 1 ppm, částice: 1 µg/NI
- Úroveň přetlaku vzduchu na výstupu palivového článku: okolní, bez protitlaku pouze tlaková ztráta v palivovém článku
- Tlaková ztráta vzduchu: do 0,12 bar při max. výkonu
- Relativní vlhkost vzduchu: 80% při 65 °C
- Emise vody: 5 l/h pro jeden modul (celkově 25 l/h)
- Emise vodíku z „profuku“ pro rekuperaci: max. 40 l/min pro jeden modul (celkově 200 l/min)

D.2.3.3.3 Elektrolyzéry typu AEM

V laboratoři LVT jsou navrhovány systémy distribuce a měření technických plynů pro umožnění připojení dvou typů elektrolyzérů o instalovaném příkonu cca. 85kW_e.

Elektrolyzéry typu AEM budou instalovány v uspořádání dvou koncepčně mírně odlišných výrobních bloků s ekvivalentem produkce vodíku 2x4Nm³. První výrobní blok sloužící pro výrobu vodíku elektrolýzou vody je koncipován jako laboratorní a výukové zařízení umístěné na laboratorních stolech příkonem min. 20 kW a druhý výrobní blok je koncipován jako standardizované výrobní zařízení vodíku instalované v několika volně stojících v modulárních rozvaděčových skříních typu „rack“ s potřebným příkonem rovněž 20 kW s potřebou standardizovaného datového připojení na DCS.

Oba výrobní bloky elektrolýzy AEM budou napájeny ze sběrnice stejnosměrného proudu 3x230/400 v budově CEETe. První výrobní blok umístěný na laboratorních stolech je napájen prostřednictvím AC/DC výkonových vazebních členů umístěných v rozvaděči v dozorně LVT a druhý výrobní blok bude napájen přímo přes zásuvkovou skříň v LVT. V provozu bude moci být dle DCS

(ŘS energetické soustavy), každá samostatně nebo i souběžně v definovaných stupních sepnutí jednotlivých modulů výrobních bloků (blok A: 1+1+2; blok B: 2+2 v Nm³ H₂).

Z jednotlivých výrobních bloků bude vyrobený plyný vodík odváděn prostřednictvím separátních tlakových hadic potřebného počtu odpovídajícím ekvivalentu produkce vodíku, tedy 4Nm³/blok.

Provozní produkce vodíku těmito elektrolyzéry je předpokládána ve výši min. 1 Nm³/h, (max. 8 Nm³/h) při přetlaku 30 bar, přičemž do potrubní trasy odvodu produkovaného vodíku bude vřazen systém úpravy fyzikálních parametrů vodíku – odloučení zbytkové vlhkosti. Médium (elektrolytem) pro výrobu vodíku bude roztok demineralizované vody s 1% obsahem K₂CO₃+KHCO₃. Okruh elektrolytu, který plní účel chlazení i zásobování reakční vodou bude při provozu elektrolyzérů AEM automaticky doplňován v množství 4 l/h pro každý výrobní blok, tedy celkově až 8 l/h. Okruh elektrolytu bude zajišťovat odvod tepla z jednotek elektrolyzérů s hodnotou 12 kWt při dodržení teplotní spádu 45/40 °C. V přívodní větvi tohoto okruhu, situovaného z větší části o patro výše (místnost strojovny VZT), bude tepelný výměník napojený na centrální zdroj chladicí vody CEETe. Vratná větev (z výstupu elektrolyzérů), obsahující kromě elektrolytu i elektrolyzou produkovaný plyný kyslík v množství min. 2 Nm³/h (max. 4 Nm³/h), bude zaústěna do beztlaké expanzní nádoby, z níž bude nahromaděný kyslík spolu s v nádrži vznikající vodní mlhou ventilátorem aktivně odvětráván mimo budovu (nad střechu). V nádobě bude dále zabudován elektrický ohřev pro fázi spouštění elektrolyzérů. Jejich inertizace se bude provádět plyným dusíkem.

Souhrn parametrů pro AEM elektrolyzéry:

- P_{instal (A)} = 20 kW (Q = 6 kWt) pro 4 jednotky v sério-paralelním zapojení (s parametry 1 jednotky: P_{max} = 4500 W, I_{DC max} = 35 A a U_{DC max} = 150 V)
- P_{instal (B)} = 20 kW (Q = 6 kWt) pro 4 jednotky v racku se zabudovaným AC/DC měničem a řídicím systémem.
- Celková produkce vodíku: max. 8 Nm³/h při přetlaku až 30 bar
- Kvalita produkovaného vodíku: 3.5 (99.95 %) s reziduálním obsahem vody z okruhu elektrolytu
- Celková spotřeba demi-vody: max. 8 l/h
- Provozní teplota elektrolytu: max. 45 °C
- Celková produkce kyslíku (do vratné větve chladicího okruhu s elektrolytem): max. 4 Nm³/h

D.2.3.3.4 Elektrolyzér typu PEM

V laboratoři LVT jsou navrhovány systémy distribuce a měření technických plynů pro umožnění připojení dvou typů elektrolyzérů o instalovaném příkonu cca. 85kW_e.

Elektrolýza typu PEM bude realizována formou jedné výrobní jednotky sloužící pro výrobu vodíku elektrolyzou vody s příkonem max. 45 kW s dimenzovaným přívodem se zdánlivým příkonem 55 kVA. Jednotka elektrolyzérů bude připojena na AC sběrnici 3x230/400 v budově CEETe a bude napojena přímo přes zásuvkovou, resp. svorkovnicovou skříň v LVT napájenou z rozvaděče v dozorně LVT. Bude se jednat o plně automatizované zařízení s vlastním (zabudovaným) AC/DC měničem a řídicím systémem (PLC) s potřebou standardizovaného datového připojení na systém DCS.

Produkce vodíku tímto elektrolyzérem je předpokládána s hodnotou 6 Nm³/h s přetlakem 30 bar. Výrobní jednotka má integrováno zařízení pro snížení obsahu zbytkové vlhkosti (sušička) s výstupní kvalitou produkovaného vodíku 4.5 (99,995 %, s obsahem H₂O do 5 ppm, N₂ do 2 ppm a O₂ do 1 ppm). Médium pro výrobu vodíku bude ultračistá demivoda přiváděná speciálním vstupem na zařízení elektrolyzeru přiváděná ultračistá demineralizovaná voda (max. 0,1 μS/cm), přičemž ji bude potřeba při provozu doplňovat v objemu 12 l/h. Produkované teplo, generované při provozu s hodnotou až 24 kWt, bude odváděno prostřednictvím samostatného vodního chladicího okruhu s tepelným výměníkem napojeným na centrální zdroj chladicí vody CEETe, přičemž na vstupu elektrolyzérů bude nutno zajistit teplotu vody v rozsahu 5 až 35 °C při průtoku 15 až 86 l/min. Produkovaný kyslík z procesu elektrolyzy bude odváděn separátním potrubím o patro výše do strojovny VZT, kde bude zaústěno do expanzní nádoby chladicího okruhu AEM elektrolyzérů, ze které bude odváděn mimo objekt, viz popis technologie AEM elektrolyzérů). Inertizace elektrolyzérů se bude provádět plyným dusíkem.

Souhrn parametrů pro PEM elektrolyzátor:

- $P_{\max} = 55$ kVA (normovaná spotřeba: 42 kWh/h, $Q = 24$ kWt)
- Skříňové provedení (ŠxHxV: 1800x810x1910 mm) se zabudovaným AC/DC měničem a řídicím systémem
- Celková produkce vodíku: max. 6 Nm³/h při přetlaku až 30 bar
- Kvalita produkovaného vodíku: 4.5 (99.995 %)
- Celková spotřeba demi-vody (procesní): max. 6 l/h
- Celková produkce kyslíku: max. 3 Nm³/h

D.2.3.3.5 Příprava a zásoba demi-vody

Demineralizační nástěnná jednotka pracuje na principu reverzní osmózy a obsahuje mechanický, uhlíkový a dočišťovací filtr s iontoměničem. Z vody, primárně ze systému akumulace dešťové vody a zahrnující její hrubé předčištění, bude nepřetržitě vyrábět tzv. demi-vodu o měrné vodivosti do 1 μ S/cm v množství 500 l/den, jež bude využita pro zabezpečení dodávky oběma typům elektrolyzy. Zároveň bude spotřebovávána jako plnivo chladicího systému PEM palivových článků a PEM elektrolyzy.

Na výstup demineralizační jednotky bude připojena plastová nádrž (mezi-zásobník) o objemu 200 l, z níž bude možné demi-vodu jednak odebírat přímo pro laboratorní účely a dále skrze jedno čerpadlo doplňovat v případě potřeby nebo úniku (občas) do okruhu chlazení PEM palivových článků i PEM elektrolyzátorů a skrze druhé čerpadlo přečerpávat o patro výše do Strojovny VZT do provozního zásobníku o objemu 1000 l, který bude sloužit pro doplňování vodních okruhů elektrolyzátorů AEM i PEM.

Kolona demineralizační jednotky je navržena pro vlastní procesní MaR a senzor konduktometrie, a je napájena ze sítě. Samotný proces a průtok vody jednotkou je dán samotným tlakem vstupní vody udržovaným na optimální hodnotě 0,5–0,7 MPa. Poměr vyrobené demi-vody k vodě „odpadní“, protéká jednotkou, jež bude v budově CEETe využívána pro další účely, je 1:3, tzn., že na vstupu jednotky by měl být zajištěn přísun vody v množství min. 1000 l/den (max. 2000 l/den), a to o tlaku v rozmezí 0,3–0,7 MPa, teplotě max. 35 °C a s obsahem rozpuštěných látek max. 1200 mg/l.

D.2.3.3.6 Sušička H₂

V rámci laboratoře LVT bude umístěna a připojena na rozvody technických plynů adsorpční regenerační sušička s tepelnou regenerací pro vysoušení zbytkové vlhkosti produkovaného plynného vodíku vyráběného AEM elektrolyzéry (s výkonem až 8 Nm³/h) a PEM elektrolyzéry (s výkonem až 6 Nm³/h).

Sušička bude umístěna v prostorách laboratoře jako volně stojící zařízení s připojením na přívod a odvod vodíku, přívod dusíku, odtlak dusíku při procesu regenerace, přívod elektrické energie a odvod kondenzované vody, který může být vzhledem k návrhu laboratoře odváděn na podlahu laboratoře, případně může být odveden hadicí do nejbližšího místa podlahového žlábků.

Principiálně je sušička tvořena dvěma tlakovými nádobami se sušící látkou, které jsou zároveň osazeny el. ohřevem pro regeneraci sušící látky. Provedení sušičky může být variantně realizováno prostřednictvím jediného zařízení výše uvedeného principu nebo může být i řešeno modulárně, kdy preferované řešení je instalováno v modulárních skříních typu „rack“. Součástí sušičky bude autonomní řídicí systém zabezpečující autodiagnostiku a automatizaci zapínání a odstavování.

Vstup plynného vodíku bude realizován prostřednictvím tlakové hadice z vypouštěcího panelu elektrolyzy a výstup vysušeného vodíku bude odváděn prostřednictvím tlakové hadice na panel měření dimenzovaného na celkovou maximální hodnotu 14 Nm³. Kvalita přiváděného vodíku na vstupu bude specifikované čistoty:

- H₂O (při tlaku 30 bar): 600 ppm
- H₂O (při tlaku 15 bar): 4800 ppm
- O₂ (při tlaku 15 bar): 9 ppm
- N₂ (při tlaku 15 bar): 5 ppm
- CO₂, CO, Argon (při tlaku 15 bar): do 0,5 ppm

D.2.3.3.7 Zvlhčování reakčního vzduchu

Zvlhčování reakčního vzduchu je součástí zařízení dodávky reakčního vzduchu pro palivové články.

Zařízení pro dodávku vzduchu jako takového se sestává z předčištění vzduchu z laboratoře, komprese vzduchu, zvlhčení vzduchu a měření jeho parametrů prostřednictvím samostatné výstroje MaR.

Zvlhčování reakčního vzduchu bude zajištěno na základě dvou fyzikálních principů a to: vysokotlaké vstřikování vodní mlhy přímo do potrubí reakčního vzduchu před jeho zaústěním do palivového článku a také prostřednictvím membránových zvlhčovačů typu plyn/plyn, které jsou připojeny na potrubí přívodu a odvodu reakčního vzduchu z palivového článku, případně přívodu nebo dolévání demineralizované vody pro iniciaci membrány.

Zvlhčování reakčního vzduchu je realizováno jako separátní pro každou přívodní větev k jednotlivým modulům palivových článků.

Souhrn parametrů zvlhčeného vzduchu:

- Požadovaná relativní vlhkosti na vstupu do palivového článku: 75% (při provozní teplotě 62°C)

Předčištění reakčního vzduchu na kvalitu:

- pevné částice max. 1mikrog
- oxid uhelnatý max. 25ppm
- síra max. 0,01ppm

Průtok reakčního vzduchu: do 600NI pro jednu větev

Tlaková ztráta membránového zvlhčovače: +/- 0,3 bar

Požadovaný přetlak dodávaného vzduchu: 1 bar

D.2.3.3.8 Zařízení pro rekuperaci vodíku z „profuku“ palivového článku

Zařízení slouží pro jímání směsi vodíku a vodní páry na výstupu palivového (vodíkového) okruhu palivového článku, odloučení kondenzátu, kompresi a následný „vstřik“ na vstup vodíkového okruhu palivového článku.

Množství vodíku uvolňované z palivového článku je odpouštěno v intervalech závislých na vytváření a kondenzaci vodních par na straně anody palivového článku, které jsou tímto odpouštěním řízeného ventilem odváděny proudem vodíku mimo modul palivového článku. Toto množství vodíku není zdaleka zanedbatelné a může řádově v neodladěných procesech dosahovat až 20% jmenovité spotřeby palivového článku.

Zařízení pro rekuperaci vodíku bude připojeno sběrným potrubím na 5 výstupů palivových okruhů jednotlivých modulů palivových článků přes výstupní elektromagnetický ventil ovládaný signály DCS, a dále přes zpětnou tlakovou klapku, která zamezí vzájemnému ovlivňování tlakových poměrů na výstupu jednotlivých modulů palivových článků. Jednotlivá sběrná potrubí budou svedena do společného odlučovače kondenzátu (separátor plyn/voda) a dále vedena jedním potrubím do nízkotlakého zásobníku rekuperovaného vodíku. Z nízkotlakého zásobníku vodíku bude dále potrubím napojen nízkotlaký kompresní prvek, který bude zvyšovat tlak vodíku na úroveň odpovídající tlaku posledního regulačního stupně tlaku na vstupu palivového okruhu až dvou určených modulů palivového článku, kde bude rekuperovaný vodík spotřebováván. Zařízení bude vybaveno řízeným elektromagnetickým ventilem pro odtlak tlakového zásobníku. Zařízení bude na svém výstupu vybaveno měřením množství vodíku s elektronickým přenosem hodnot do DCS (hmotnostní průtokoměr). Kondenzační nádoba zařízení bude chlazena prostřednictvím vlastního nezávislého chladicího okruhu zařízení.

Souhrn parametrů a komponent zařízení:

- Počet vodíkových vstupů: 5
- Počet vodíkových výstupů: 2
- Kompresní prvek: 1
- Tlakový zásobník: 1
- Špičkový průtok plynu na vstupu zařízení: 40 NI/min/vstup
- Provozní průtok plynu na vstupu zařízení: 20 NI/min/vstup
- Celkový špičkový průtok na výstupu z kompresního prvku: 200 NI/min

- Špičkový průtok plynu na výstupu zařízení: 100 NI/min/výstup
- Tlak na vstupu: 0,1-0,5 barg
- Typický provozní tlak vstupu: 0,3 barg
- Tlak výstupu: dle vstupního tlaku posledního regulačního prvku okruhu zásobováním palivem
- Kondenzace vodních par v odlučovači: 5-10°C

D.2.3.3.9 Vazební členy, výkonové měniče

Aby bylo možné vodíkové technologie využívat pro výzkumné účely v rámci energetického systému laboratoře a centra, musí být zajištěno jejich napájení nebo odvedení elektrického příkonu/výkonu. Připojení vodíkových technologií bude zabezpečeno vazebními členy, zařízeními výkonové elektroniky s periferiemi a nezbytnou elektrickou výstrojí a výzbrojí umožňující jejich bezpečné a kontinuální využívání včetně nutných funkcionalit pro zajištění jejich komunikace s řídicím systémem laboratoře.

Připojení vodíkových technologií bude realizováno prostřednictvím dvou vazebních členů. Vazební člen 1 bude sloužit pro napájení připojené technologie elektrolýzy ze systémové sběrný s parametry standardní sítě NN (3x230V/400V 50Hz). U tohoto vazebního členu bude zajištěna možnost plynulého nastavování hodnot maximálního výstupního napětí (napěťové omezení), hodnoty výstupního proudu a maximální hodnoty proudu (proudového omezení) prostřednictvím řídicího systému laboratoře v rozsahu dle potřeb technologie elektrolýzy s tím, že po dosažení nastavených provozních parametrů bude vazební člen pracovat v režimu zdroje konstantního proudu. Vyvedení výkonu z vazebního členu bude zabezpečeno minimálně třemi nezávisle říditelnými a spínanými vývody s rozložením.

- Výstupní výkon DC: min. 20 kW
- Pracovní rozsah výstupního proudu: 0-100 A
- Maximální výstupní proud: min. 100 A
- Pracovní rozsah výstupního napětí DC: 60–250 V
- Maximální zvlnění výstupního napětí: max. 5%
- Chlazení: vodou nebo vzduchem
- Krytí: min. IP 40 při instalaci v rozvaděčové skříni

Vazební člen 2 bude sloužit k odvedení elektrické energie vyrobené uvažovanou vodíkovou technologií na systémovou sběrnou s parametry standardní sítě NN (3x230V/400V 50Hz). U tohoto vazebního členu musí být zajištěna možnost nastavení hodnoty výkonového omezení, tj. hodnoty maximálního vstupního výkonu a rovněž musí být možnost plynulého nastavení výstupního výkonu, který bude měničem udržován a samočinně regulován v rozsahu nastavených mezí pracovního bodu výrobního souboru palivových článků a/nebo pracovního rozsahu vazebního členu. Zadávání hodnot vstupního výkonu a dalších potřebných parametrů nebo omezení připojené vodíkové technologie bude zabezpečeno přes řídicí systém laboratoře, který bude s vazebním členem propojen prostřednictvím standardizovaného komunikačního rozhraní.

- Vstupní výkon DC: min. 50 kW
- Pracovní rozsah vstupního napětí DC: 150–350 V
- Maximální vstupní napětí naprázdno DC: min. 370 V
- Pracovní rozsah vstupního proudu: 0-250 A
- Maximální vstupní krátkodobý špičkový proud: min. 300 A
- Chlazení: vodou nebo vzduchem
- Krytí: IP 40 při instalaci v rozvaděčové skříni

D.2.3.3.10 Zařízení pro dodávku reakčního vzduchu

Zařízení pro dodávku a úpravu fyzikálních parametrů reakčního vzduchu (dále zařízení) bude sloužit k zajištění provozu experimentální soustavy palivových článků a k zabezpečení testování vodíkových technologií v Laboratoři vodíkových technologií (dále LVT). Zařízení bude dodáno dle objednatelem odsouhlasené výrobní dokumentace jako jedno ucelené zařízení s mechanickou konstrukcí umožňující statickou instalaci na podlaze nebo laboratorním stole a její napojení na vstupy medií modulů palivových článků. Zařízení je možno koncipovat i jako modulární, složené

z jednotlivých klíčových komponent, avšak provedení musí splňovat nároky na jednotnost provedení a jednotnost veškerých případných (interních i externích) komunikačních protokolů. Zařízení bude umožňovat dodávku reakčního vzduchu prostřednictvím minimálně pěti oddělených. Zařízení bude v požadovaném regulačním rozsahu a v rámci technických možností daného řešení umožňovat nastavení množství dodávaného vzduchu na výstupech prostřednictvím vhodně zvoleného standardizovaného komunikačního datového rozhraní nebo prostřednictvím ovládacího prvku na zařízení a/nebo prostřednictvím s objednatelem dohodnutého jiného signálu nebo napěťové úrovně. Zařízení bude vybaveno vhodnou filtrací nečistot na straně nasávání vzduchu a rovněž tak na všech výstupech vzduchu, dále komponenty zvlhčovacího systému, tak aby dodávaný vzduch odpovídal níže specifikované požadované kvalitě a fyzikálním parametrům. Na jednotlivých výstupech budou osazeny přímá měření tlaku, teploty vzduchu a potřebných fyzikálních veličin dodávaného vzduchu, ze kterých lze určit jeho relativní vlhkost. Dále bude zařízení vybaveno vhodným měřením množství dodávaného vzduchu, které bude poskytovat dostatečně kvalitní informaci o aktuálním průtoku dodávaného vzduchu. Informace o všech měřených hodnotách bude prostřednictvím specifikovaných datových rozhraní předávána stávajícímu nadřazenému řídicímu systému laboratoře. Zařízení bude dodáno včetně hadicových přívodů, kterými bude zařízení připojeno k palivovým článkům. Zařízení bude svým vlastním hardwarovým vybavením nebo vhodně zvolenými periferními prvky umožňovat připojení k nadřazenému řídicímu systému laboratoře prostřednictvím standardizovaných rozhraní.

D.2.3.3.11 Elektronické zátěže

Soustava elektronických zátěží (dále soustava) bude sloužit k testování vodíkových technologií v Laboratoři vodíkových technologií. Soustava elektronických zátěží bude realizována jako jedno ucelené zařízení s konstrukcí umožňující její bezpečné přemístění (manipulaci) po laboratoři. Soustavu je možno koncipovat i jako zařízení modulární, složené z jednotlivých zatěžovacích výkonových modulů, avšak provedení musí splňovat nároky na jednotnost provedení jak jednotlivých výkonových modulů, tak ovládacích rozhraní a veškerých (interních i externích) komunikačních protokolů. Pakliže bude soustava sestavena s více výkonových modulů, bude vestavena do mechanické konstrukce s pojezdem, umožňující bezpečný pohyb soustavy po laboratoři např.: standardizovaném „racku“. Konstrukce musí dále zajišťovat obsluhu volný přístup k výkonovým svorkám a dalším důležitým prvkům soustavy a musí umožňovat řádné chlazení celé soustavy. Soustava bude umožňovat zatěžování připojeného zařízení (zdroje elektrického výkonu) v režimech nastavitelného konstantního výkonu, konstantního proudu, konstantního napětí a konstantního elektrického odporu. Minimální přesnost nastavované hodnoty pro jednotlivé režimy provozu je uvedena níže. Soustava bude svým vlastním hardwarovým vybavením nebo vhodně zvolenými periferními síťovými prvky umožňovat připojení k nadřazenému řídicímu systému laboratoře prostřednictvím standardizovaného rozhraní např. Ethernet. Soustava bude dodána včetně softwarového vybavení, případně univerzálního instrukčního souboru pro programování prostřednictvím prostředí LabView.

D.2.3.3.12 Glove-box

Jedná se o laboratorní rukavicový vakuový box pro zabezpečení bezpečné manipulace s laboratorními vzorky a materiály (např. metalhydridy) v inertní atmosféře bez přístupu kyslíku. Rukavicový box bude vybaven inertizovanou a vakuovanou přechodovou komorou pro vkládání a odebírání materiálu, měřících zařízení a nástrojů. Box bude ve své vnitřní části vybaven osvětlením, standardní elektrickou zásuvkou 230 V pro připojení měřících přístrojů, laboratorního zařízení nebo nástrojů. Rukavicový box bude připojen na laboratorní rozvody dusíku a elektrické energie.

Parametry rukavicového boxu:

- Rozměry přechodové komory: cca d1200xš800xh600mm
- Průměr evakuovatelné komory: 400mm
- Manipulační rukavice: jeden pár
- Upřesnění provedení konstrukce: samonosná podstava v pracovní výšce manipulačních rukavic, pojezdová kolečka

D.2.3.4 Potrubní propoje

Celkové uspořádání potrubních rozvodů bude detailně navrženo v dalších fázích projektové dokumentace, zapojení potrubí je zřetelné z technologického schéma. Nový potrubní rozvod vodíku

je veden od technologického souboru PS 02.01 – venkovní vodíkové stanice po potrubním mostě společně s potrubím N2. Uvnitř laboratoře jsou potrubní propoje plynů vedeny po její stěně přímo do soustavy rozvodných panelů.

Potrubní propoje jsou v celosvařovaném provedení bez potenciálních možností úniku plynu. Případně nutné rozebíratelné spoje jsou provedeny sofistikovanými konstrukčními principy s kvalitními těsnícími materiály garantujícími, že za běžných provozních stavů nedochází k úniku plynů. Rozebíratelné spoje smí být pouze v nezbytně nutném množství pro připojení armatur, spoje musí být v místech, kde je možno provádět jejich pravidelnou kontrolu a musí být v provedení s řezným prstencem.

Potrubní trasy, které prostupují stavebními konstrukcemi v místě dělení požárních úseků, musí být po montáži utěsněny protipožární průchodkou.

Veškeré nově instalované potrubní propoje jsou provedeny z trubky z materiálu AISI 316 (ekvivalent 1.4571) nebo obdobného z pohledu materiálové kompatibility a korozní odolnosti. Veškeré spoje jsou svařované v ochranné atmosféře argonu. Svářečské práce na potrubních trasách smí provádět pouze svářeči s příslušnou kvalifikací. Svarové spoje je nutno provádět dle schválených WPS, případně pWPS.

Potrubní propoje jsou vedeny po stěnách, případně pod stropem, a jsou kotveny na konzolách s povrchovou úpravou (žárově zinkováno pro venkovní prostory a prostor haly, galvanicky zinkované v prostoru laboratoře) pomocí potrubních spon „Stauff“. Prostupy potrubních tras mezi mezi samostatnými požárními úseky musí být v příslušném provedení (certifikovaný požární prostup). Vodík vyveden po potrubním mostě zpět do komína VVS, ostatní plyny vyvedeny v prostoru potrubního mostu do atmosféry.

D.2.3.1 Výpočty důležitých konstrukčních částí

Veškeré použité konstrukční prvky technologického souboru musí být v provedení odpovídajícím maximálním provozním parametrům a fyzikálním a chemickým vlastnostem dopravovaného média a tyto parametry musí být potvrzeny dokumentací výrobce. Tlaková odolnost navržených potrubí musí být v rámci realizačního projektu ověřena v souladu s ČSN EN 13 480.

D.2.3.2 Zkoušky zařízení, uvedení do provozu

Před uvedením zařízení do provozu musí být zejména provedeno:

- kontrola dokumentace jednotlivých částí technologického souboru s důrazem na vhodnost jejich použití a tlakovou odolnost,
- kontroly a zkoušky dle ČSN EN 07 8304,
- zkoušky dle požadavků směrnice EU PED 2014/68/EU,
- výchozí revize vyhrazených technických zařízení, (plynová, elektrická, tlaková)
- zaškolení osob odpovědných za provoz zařízení.
- Úřední zkoušky za účasti TIČR na zařízení elektro v prostorech s nebezpečím výbuchu
- Úřední zkoušky za účasti TIČR plynová zařízení skup. C

Postup provedení zkoušek dle směrnice PED 2014/68/EU je podrobně popsán v této směrnici, včetně kritérií pro jejich vyhodnocení. Provedení a dokumentaci zkoušek zajistí výrobce/dodavatel technologického souboru za účasti orgánu státního odborného dozoru, pro část elektrickou a plynovou. Z důvodu zachování vnitřní čistoty zařízení se zkoušky provádějí inertním plynem.

Zkouška celistvosti (pevnosti) potrubního systému bude provedena minimálně 1,43 násobkem max. pracovního přetlaku daného úseku potrubí (hodnota nastavení příslušného pojistného ventilu), zkouška těsnosti bude provedena max. pracovním přetlakem v daném úseku potrubí. Zkoušku celistvosti prefabrikovaných částí systému je možno nahradit protokolem o zkoušce celistvosti (pevnosti) po výrobě. Zkouška po výrobě musí být provedena minimálně v rozsahu předepsaném pro zkoušku celistvosti (pevnosti) dle ČSN 07 8304. Funkčním zkouškám musí být systém podroben jako celek.

D.2.3.3 Bezpečnost práce a povinnosti provozovatele

Bezpečnost práce

Při navrhování, konstrukci a výrobě zařízení musí být dbáno příslušných předpisů a ČSN. Požadavky na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v nich obsažené budou v požadovaném rozsahu uplatněny.

Při provozu a údržbě zařízení musí být dodrženy všechny bezpečnostní předpisy v souladu s platnými ustanoveními zákona č. 262/2006 Sb.-zákoník práce ve znění pozdějších předpisů a zejména příslušná ustanovení platných ČSN. Součástí dodávky zařízení musí být prohlášení o shodě dle zákona 22/1997 Sb v platném znění.

Za vydání interních předpisů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci odpovídá provozovatel.

Přes veškerou péči při návrhu a výrobě zařízení existují zbytková rizika, která mohou způsobit úraz.

Zdrojem úrazu mohou být zejména:

- vysoký tlak plynu,
- jeho chemické a fyzikální vlastnosti
- fyziologické účinky plynu na lidský organismus.

Při provozu technologického souboru je nutno dbát pozornost zejména:

- dojde-li k rozsáhlému úniku plynu, je nutno neprodleně zařízení odstavit,
- manipulace na rozvodech během provozu je zakázána.

Povinnosti provozovatele

Provozovatel je povinen zajistit:

- aby kontroly a provozní revize byly vykonávány podle platných předpisů a ČSN, popřípadě podle návodů a pokynů dodavatelů jednotlivých zařízení a v řádných časových intervalech,
- aby veškeré opravy prováděla pouze oprávněná organizace a obsluhu prováděli pouze odborně způsobilí pracovníci,
- vést předepsanou technickou dokumentaci, evidenci zařízení a uchovávat doklady, stanovené právními předpisy nebo technickými normami.

Povinnosti uživatele

Uživatel je povinen zejména:

- určit pracovníky obsluhy a zajistit těmto pracovníkům zaškolení a periodické ověřování znalosti pracovníků jednou za 3 roky v souladu s platnou legislativou revizním technikem, který má platné osvědčení odborné způsobilosti příslušného druhu a rozsahu,
- vypracovat do jednoho měsíce od uvedení technologického souboru do provozu místní provozní řád podle podkladů v projektové, dodavatelské, případně výrobní dokumentaci jednotlivých zařízení a na základě zkušenosti z provozu a místních podmínek v souladu s ČSN 38 6405
- zajistit řádné vedení provozního deníku zařízení,
- uchovávat svěřenou technickou dokumentaci zařízení.

D.2.3.4 Obsluha technologického souboru

Celý technologický soubor plnící stanice vodíku je určen pro plně automatický provoz. Obsluha musí zajišťovat pravidelné kontroly funkce zařízení a vést předepsanou dokumentaci.

Obsluha technologického souboru bude zajištěna zaškolenými pracovníky provozovatele.

Podrobný návod k obsluze technologického souboru zpracuje provozovatel v rámci místního provozního řádu s přihlédnutím k místním pravidlům a zvyklostem a technickým podkladům

předaným dodavatelem technologie. Technické podklady předané dodavatelem technologie musí obsahovat informace nezbytné pro vypracování místního provozního řádu včetně podrobného návodu k obsluze jednotlivých zařízení.

Kvalifikace obsluhy

Obsluha technologického souboru musí splňovat následující kritéria:

- musí se jednat o osobu starší 18 let, zdravotně způsobilou, prakticky zacvičenou, zaškolenou, přezkoušenou
- pracovníci, pověřeni obsluhou a údržbou musí být uživatelskou organizací prokazatelně seznámeni s předpisy pro obsluhu a se souvisejícími bezpečnostními předpisy, s požárním řádem, poplachovými směrnici a musí být zaškoleni v obsluze daných zařízení, před pověřením samostatnou obsluhou zařízení musí být provozovatelem přezkoušeni
- obsluha technologického souboru musí mít platné osvědčení o odborné způsobilosti obsluhy podle §5 vyhl. ČÚBP a ČBÚ č. 21/79 ve smyslu vyhl. č.554/1990 Sb.

D.2.3.5 Podmínky pro uvedení do provozu

Před uvedením zařízení do provozu musí být provedeny následující úkony:

- výchozí revize vyhrazeného plynového zařízení,
- výchozí revize TNS,
- výchozí revize elektrického zařízení,
- funkční zkouška zařízení,
- vyhodnocení zkoušek TIČR
- zaškolení obsluhy plynového zařízení,
- zaškolení obsluhy tlakového zařízení,
- zaškolení obsluhy elektrického zařízení
- umístěny prostředky pro zajištění požární bezpečnosti

D.2.3.6 Seznam použitých norem

Obecně platí, že budou dodrženy veškeré závazné normy, platné normy a předpisy (vyhlášky, zákony apod.).

- směrnice rady PED 2014/68/EU
- ČSN EN 13480
- ČSN EN 1012-1
- ČSN EN 12464-1
- ČSN EN 12464-2
- ČSN 07 8304
- ČSN 38 6405
- vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 21/1979 Sb. v platném znění
- vyhláška ČÚBP č. 48/1982 Sb., v platném znění

D.2.4 ELEKTROINSTALACE, OSVĚTLENÍ A SŘTP

D.2.4.1 Úvod

Tato část dokumentace představuje část vnitřní elektroinstalace, uzemnění a pospojování PS 02.13 Laboratoře vodíkových technologií. Podrobný popis elektro zapojení bude součástí samostatné části dokumentace.

D.2.4.2 Technické údaje

D.2.4.2.1 Rozvodná soustava

1+N+PE, 230V, AC 50Hz, TN-S

D.2.4.2.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí: krytím nebo izolací.

Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí je provedena dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 3: samočinným odpojením od zdroje, doplňujícím proudovým chráničem. Neživé části přístrojů, zařízení a kovové hmoty v jejich okolí budou spojeny ochranným vodičem a uzemněny. Elektrická zařízení budou mít propojen ochranný vodič s uzemňovací soustavou.

D.2.4.2.3 Podmínky pro ochranu před nebezpečným dotykem částí neživých samočinným odpojením od zdroje

- a) ochranné vodiče, uzemňovací přívody a vodiče pro pospojování a uvedení na stejný potenciál mají požadovaný průřez
- b) ochranné vodiče, uzemňovací přívody a vodiče pro pospojování a uvedení na stejný potenciál jsou správně uloženy, místa přívodu a spojení jsou zajištěna proti samovolnému uvolnění a ochráněna proti korozi
- c) nesmí být zaměněny ochranné a pracovní vodiče
- d) nesmí být zaměněny ochranné a střední vodiče
- e) u ochranných a středních vodičů musí být dodrženy předpisy označení o místech připojení a oddělení
- f) všechny neživé části instalace budou spojeny s uzemňovacím bodem sítě prostřednictvím ochranných vodičů
- g) v ochranných vodičích PEN a PE nesmí být žádná zařízení na ochranu proti nadproudu

D.2.4.2.4 Zkratová odolnost

Nové rozvaděče a zásuvkové skříně jsou navrženy pro zkratový proud $I_{cu} < 10$ kA.

D.2.4.2.5 Stanovení vnějších vlivů

Technické řešení je provedeno dle protokolu na určení vnějších vlivů, který je součástí projektové dokumentace pro stavební povolení.

D.2.4.3 Technické řešení

D.2.4.3.1 Elektrické napájení a MaR

V LVT v místnosti č. 208 bude instalován nový rozvaděč CU102. Do tohoto rozvaděče budou napojeny všechny okruhy MaR v laboratoři. Při naměření zvýšené koncentrace vodíku bude rozvaděč automaticky odpojen od napájení. Nový rozvaděč je navržen v oceloplechovém provedení, s krytím IP 54/IP 20, přívod a vývody horem.

V LVT v místnosti č. 209 bude instalován rozvaděč měření koncentrace. Tento rozvaděč bude napájen ze zálohovaného napájení požárně bezpečnostních zařízení. Do tohoto rozvaděče budou zapojeny všechny snímače měření koncentrace, které budou umístěny v místnosti č. 208. U vstupních dveří do místnosti č. 208 bude nainstalována opticko akustická signalizace úniku plynu (1. stupeň koncentrace – žlutá, 2. stupeň koncentrace – červená, porucha – červená blikající, houkačka). Zároveň zde bude instalováno tlačítko pro umlčení sirény. Z rozvaděče půjdou signály pro odstavení provozní ventilace, uzavření ventilu přírodního potrubí vodíku a ke spuštění havarijní ventilace.

D.2.4.3.2 Kabelové trasy

El. rozvody v místnosti laboratoře budou provedeny celoplastovými kabely s Cu jádry, uloženými na drátěných kabelových lávkách a v ochranných trubkách. Sdělovací (signálové) kabely budou opatřeny stíněním a budou ukládány odděleně od silových a ovládacích kabelů. Přívody k přístrojům do výše 1.5 m nad podlahou jsou chráněny před mechanickým poškozením. Kabelové lávky a ochranné trubky jsou dodány v provedení, odolávajícího danému prostředí (ocel FeZn).

V technologických prostorech, kde se kabely ukládají mimo vlastní uzavřené kabelové cesty, se musí kabelové trasy situovat do bezpečných vzdáleností od požárně nebezpečných zařízení (horké potrubí, horké aparáty apod.), případně provést mechanickou a protipožární ochranu kabelů.

Datové kabely budou vedeny v samostatném uložení, aby se předešlo nežádoucímu ovlivňování.

Kabelové trasy, které prostupují stavebními konstrukcemi v místě dělení požárních úseků, musí být po montáži utěsněny požární přepážkou.

Uložení kabelů musí odpovídat ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 a normám souvisejícím. Provedení elektroinstalace musí odpovídat ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 a ČSN 34 1610. Kabely jsou navrženy v provedení s měděnými jádry. Napájecí kabely jsou nestíněné.

Provedení kabeláže musí být takové, aby bylo dostatečně odolné proti elektromagnetickému a elektrostatickému rušení v souladu s platnými normami.

D.2.4.3.3 Uzemnění a pospojování

V místnosti laboratoře budou kovové konstrukce strojů a zařízení připojena k pásku FeZn 30x 4 mm, který bude nainstalován okolo místnosti a v minimálně dvou bodech bude připojen na zemní soustavu objektu. Pro doplňující pospojování bude na konstrukci kabelového žlabu uložen vodič H07V-K10 zž. Vodič se propojí z konstrukcí kabelového žlabu a minimálně ve dvou bodech s nainstalovaným páskem FeZn. Pro pospojování jednotlivých přístrojů bude společně s napájecím kabelem veden vodič H07V-K zž (průřez vodiče dle napájecího kabelu daného zařízení).

D.2.4.3.4 Nouzové osvětlení

Ve vnitřních prostorech místnosti č. 208 bude instalováno nouzové osvětlení. Pro napájení svítidel při výpadku elektrické energie budou svítidla vybavena vestavěnou baterií. Svítidlo umístěné v místnosti č. 208 bude v provedení EEX.

D.2.4.3.5 Závěr

Navržené slaboproudé rozvody elektrické instalace odpovídají platným předpisům a normám ČSN, EN. Tyto rozvody el. instalace podléhají výchozí revizi el. zařízení dle ČSN 33 2000-6 ed. 2 a ČSN EN 60079-17 ed. 4, která musí být provedena před zahájením provozu a předáním stavby.

D.2.4.4 Seznam použitých norem

Projekt je zpracován dle platných právních předpisů a norem. Jedná se zejména o:

ČSN 33 0010 ed.2	Elektrická zařízení, rozdělení a pojmy
ČSN 33 1500	Revize el. zařízení
ČSN 34 1610	Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách.
ČSN 33 2000-1 ed.2	Rozsah platnosti, účel a základní hlediska
ČSN 33 2000-4-41 ed.2	Ochrana před úrazem el. proudem
ČSN 33 2000-4-42 ed.2	Ochrana před účinky tepla
ČSN 33 2000-4-43 ed.2	Ochrana proti nadproudům
ČSN 33 2000-4-45	Ochrana před podpětím
ČSN 33 2000-4-46 ed.3	Odpojování a spínání
ČSN 33 2000-4-473	Opatření k ochraně proti nadproudům
ČSN 33 2000-5-51 ed.3	Všeobecné předpisy
ČSN 33 2000-5-52 ed.2	Výběr soustav a stavba vedení.
ČSN 33 2000-5-53 ed.2	Spínací a řídicí přístroje
ČSN 33 2000-5-537 ed. 2	Přístroje pro odpojování a spínání
ČSN 33 2000-5-54 ed.3	Uzemnění a ochranné vodiče
ČSN 33 2000-5-56 ed.2	Napájení zařízení sloužících v případě nouze
ČSN 33 2000-6 ed.2	Revize elektrické instalace
ČSN 33 2130 ed.3	Vnitřní el. rozvody
ČSN 33 2180	Připojování el. spotřebičů
ČSN EN 50110-1 ed.3	Obsluha a práce na elektrických zařízeních
ČSN EN 60073 ed.2	Zásady kódování sdělovačů a ovladačů
ČSN EN 60445 ed.4	Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů
ČSN EN 60529	Stupně ochrany krytem (IP kód)

ČSN EN 60909-0 ed.2	Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách
ČSN EN 61140 ed.3	Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení
ČSN EN 61439-2 ed.2	Rozvaděče NN-Část 2: Výkonové rozvaděče
ČSN EN 62305 ed. 2	Ochrana před bleskem
ČSN EN 60079-0 ed. 4	Výbušné atmosféry – část 0: zařízení – obecné požadavky
ČSN EN 60079-10-1 ed. 2	výbušné atmosféry – část 10-1: Určování nebezpečných Prostorů – Výbušné plynné atmosféry
ČSN EN 60079-14 ed. 4	Výbušné atmosféry - Část 14: Návrh, výběr a zřizování elektrických instalací
ČSN EN 60079-17 ed. 4	Výbušné atmosféry - Část 17: Revize a preventivní údržba elektrických instalací