

1. ÚVOD

Experimentální zařízení tokamak slouží k primárnímu výzkumu plazmatu (a jeho využití pro termojadernou syntézu) a souvisejících jevů a problematiky. ÚFP AV ČR, v.v.i. provozuje toto výzkumné pracoviště již řadu let. V roce 2008 zde byl instalován a úspěšně spuštěn tokamak COMPASS přivezený z Velké Británie (UKAEA, Culham Science Centre). Po jeho více než 10 ti-letém provozu se podařilo úspěšně získat v rámci Operačního programu EU „Výzkum, vývoj a vzdělávání“ grantovou podporu na upgrade této výzkumné infrastruktury. Vlastní upgrade bude spočívat v postavení nového (klíčového) experimentálního zařízení – tokamaku a v rozšíření a doplnění ostatní vybavenosti a souvisejících technologií. Podrobnější údaje vycházejí ze Studie proveditelnosti a dokumentace Stavebního povolení pro „Stavební úpravy stávající haly s experimentálním zařízením "Tokamak" za účelem 1. etapy upgradu vědeckého zařízení“.

V první etapě řešíme stavební úpravy vnitřních částí infrastruktury. V současné době již bylo získáno pravomocné stavební povolení. V druhé etapě potom řešíme přístavbu haly pro napájecí, diagnostické a další pomocné systémy, stavbu samostatné haly pro nové rázové generátory, stavbu nových krytých prostor pro přírodní transformátory, přípravu nových základových bloků pro umístění chladicích jednotek a zásobníku zkapalněného dusíku (LN2). Předmětem této zakázky jsou příprava podkladů pro získání územního rozhodnutí a stavebního povolení, inženýrská činnost spojená s vydáním územního rozhodnutí a stavebního povolení a zajištění pravomocného územního rozhodnutí a stavebního povolení a všech souvisejících povolení pro druhou etapu, příprava dokumentace pro zadání stavby v rozsahu první etapy a příprava dokumentace pro zadání stavby druhé etapy.

2. MÍSTO STAVBY

Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i. – pracoviště tokamak, Praha 8, ulice U Slovanky 1770/3, Praha 8 – Libeň.

3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE STAVBY A KAPACITY UPGRADU:

V souhrnu se jedná o stavební úpravy uvnitř stávající haly a experimentální kobky, přístavbu nové haly na pomocné technologie a laboratoře, nové haly pro rázové generátory, přemístění současné napájecí trafostanice 220,4kV 1MVA a instalace druhé trafostanice, příprava pro instalaci modulů chladicího systému a vybudování podstavy zásobníku na zkapalněný dusík (LN2), obslužné komunikace a další související úpravy infrastruktury.

Zadavatel pod pojmem “**přístavba nové haly**“ považuje nejen výstavbu haly samotné ale také i výstavbu dalších souvisejících staveb infrastruktury vše dohromady jako jeden celek pod výše jmenovaným pojmem (tj. včetně nové haly pro rázové generátory, přemístění současné napájecí trafostanice 220,4kV 1MVA a instalace druhé trafostanice, přípravy pro instalaci modulů chladicího systému, vybudování podstavy zásobníku na zkapalněný dusík (LN2), obslužné komunikace a další související úpravy).

Typ objektu	výzkumné zařízení
Odhad objemových údajů stavby:	
Etapa I (blíže viz dokumentace stavebního povolení a sekce 4)	
Úpravy ochranné obálky – nové konstrukce o objemu: (založení pod tokamakem, zesílení stěn, zastropení, injektáže)	~ 1000 m ³
Nové vodorovné ocelové konstrukce ve stávající hale: (ocelové konstrukce mimo experimentální halu)	250 m ²

Etapa II:

Přístavba haly – 3 patra o ploše cca ~ 18 x 32 m (~ 580 m²)

Samostatná hala generátorů se zesíleným založením pod nové rázové generátory (odhad objemu betonu 500 m³)

Kryté umístění přírodních transformátorů 22/0,4 kV 2ks 1000 kVA (délka x šířka x výška): ~ 3 x 2,5 x 2 m

Základové bloky pro chladicí jednotky 2ks 2,2 x 6,4 m, hmotnost jednotek cca 6 t (~ 30 m²)

Základová deska pod zásobník LN2 4,5 x 9 m (~ 40 m²)

Údaje (pro stavbu) o experimentálním zařízení po upgradu:

Tokamak COMPASS-U

předpokládaná hmotnost tokamaku po upgradu	250-300 t
předpokládaná hmotnost přidružených zařízení	40 t
průměr tokamaku (bez portů)	4600 mm
předpokládaná výška tokamaku	5850 mm

Předpokládané údaje (pro stavbu) o nových rázových generátorech:

2 generátory s motorem a setrvačником

celková hmotnost jednoho soustrojí 250 t

energie odebraná během 5 s výboje ~180 MJ

maximální výkon ~150 MW

předpokládané rozměry (délka x šířka x výška) 12-14 x 3,6 x 3,5 m

4. KONCEPCE STAVEBNÍHO A KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Pro lepší orientaci mezi jednotlivými popisovanými budovami je použito následující označení:

Hala A – současná montážní hala

Hala B – severní přístavba současné montážní haly

Hala C – hala současných generátorů

Hala D – hala nových generátorů

Hala E – experimentální kobka uvnitř haly A

Etapa 1:

Založení nového tokamaku

Vzhledem k zcela specifickému namáhání základového podloží pod novým tokamakem, bude potřeba řešit mimo běžné namáhání základové spáry včetně interakce základového podloží také dynamický účinek experimentů probíhajících v tokamaku. Přestože silové účinky dynamického namáhání jsou extrémní, vyvolaný posuv je minimální z důvodu velmi krátké doby působení. Z tohoto důvodu bude založení tokamaku řešeno silně proarmovanou deskou o tloušťce 1,0 m, která bude provázána se zesilovanými bočními stěnami haly E. Tato deska zajistí rozložení statického zatížení tokamakem (cca 300 t celkem) i vertikálního dynamického namáhání v obou směrech průměrně cca 350 t do 10 ms s krátkodobým extrémem až 1500 t po dobu několika ms. Přenos sil mezi podstavou tokamaku a základovou žb deskou bude zajištěno závitovými tyčemi, které budou vázány ve výztuži žb desky a na které bude přimontována ocelová podstava tokamaku. V omezeném prostoru pod tokamakem lze předpokládat použití armování, které nebude ovlivňovat magnetická pole tokamaku, např. izolace armovacích prvků pro omezení indukčních smyček, použití nemagnetické výztuže (např. nerezová ocel).

Předpokládané trvalé zatížení v základové spáře se bude pohybovat kolem hodnoty 0,2 MPa a bude situováno přibližně do horní úrovně navětralé vrstvy korycanských pískovců. Únosné základové podloží (skalní pískovcové podloží) se nachází cca o 1 m níže pod uvažovanou zákl. spárou.

Pro dosažení potřebných vlastností bude provedena sanace podloží hutnějším kamenivem, betonovou mazaninou, případně tryskovou injektáží.

Z důvodů provedení nového založení upgradu tokamaku se předpokládá kompletní odstranění všech podlah v hale E a zahloubení základové spáry haly E o cca 2 m.

Zesílení stěn haly E a jejího zastropení

Oproti stávajícímu tokamaku vyvolá jeho upgrade zvýšené požadavky na ochrannou obálku (halu E) umístěnou uvnitř haly A. Aby došlo k bezpečnému odstínění při experimentu vznikajícího záření (především neutronové záření a gama-záření) bude provedeno zesílení žb stěn jejich přibetonováním po obvodě na celkovou tloušťku 1500 mm. V průčelní (západní) stěně obálky bude zesílení v místě demontovatelné stěny provedeno přidáním dalších žb prefabrikovaných a demontovatelných prvků z vnitřní strany obálky.

Dále bude proveden nový záklop haly E. Záklop bude sestaven z jednotlivých prefabrikovaných samonosných prvků uložených na celou šířku haly E. Prvky o průřezu T a průřezu obráceného T budou do sebe zapadat tak, aby vytvořily neprostupnou žb vrstvu - hmotu o tloušťce 1000 mm. Mezi horním lícem záklopu a závěsem mostového jeřábu bude vzdálenost cca 2300 mm, umožňující ještě manipulaci s těmito prvky. Výměna stávajícího mostového jeřábu s nosností 25 t se neuvažuje.

Pro bezpečnou stabilitu zesílené ochranné obálky se předpokládá podepření základové desky z vnitřní strany ochranné obálky po celém jejím obvodě v místě zesílení stěn dodatečně vrtanými mikropilotami opřeny do skalního podloží. Mikropiloty budou zhotoveny jako první za pomoci spuštěné malé vrtné soupravy ještě před provedením zesílení stěn obálky a rovněž před zhotovením nové základové desky pro tokamak-upgrade.

Aby bylo dosaženo potřebných vlastností ochranné obálky, bude především na zesílení jejích stěn použit speciální beton s vyšším vodním součinitelem a dalšími přísadami pro zvýšení efektivity stínění neutronového a gamma záření. V současnosti předpokládáme zvýšení podílu chemicky vázaného vodíku a příměsí obsahující bór. Přesné složení betonu a technologický postup výroby a aplikace bude určen v průběhu realizace ve spolupráci Dodavatele, Zadavatele a expertního pracovníka najatého Zadavatelem. Od Dodavatele je požadována součinnost ve formě požadavků na stavebně-fyzikální vlastnosti betonu pro zesílení stěn a prefabrikované prvky zastropení haly E.

Pro zajištění lepší obslužnosti pomocných technologií tokamaku bude uvnitř haly E instalován samostatný portálový jeřáb s nosností cca 5 t. Kolejnice budou instalovány na vetknutých patkách v severní a jižní stěně. Celý jeřáb bude situován co nejvýše pod stropem, aby světlá výška nad tokamakem a kolem něj byla co nejméně omezena pro instalaci pomocných technologií.

Zrušení podlahy 2. NP v hale E

Vzhledem k požadavku na umístění nového tokamaku níže dochází ke kolizi požadavků na přístup v ekvatoriální ploše tokamaku s žb podlahou 2. NP. Z toho vyplývá potřeba demontáže celé podlahové desky mezi 1. NP a 2. NP (úroveň +3,2m) včetně nosných sloupů.

Předpokládá se vybudování plošiny u vstupu z 2. NP haly A v blízkosti dveří do současné administrační budovy oddělení. Tato plošina musí být montována z nemagnetických materiálů.

Přístup do haly E

Zesílené stínění vyžadují i vstupní vrata (1. NP) a obslužný vstup (2. NP) do haly E. Oba vstupní otvory budou výrazně zmenšeny. V 1. NP předpokládáme vstup o šířce 140 cm a výšce 230 cm, který bude umístěn cca 1m od budoucí jižní vnitřní stěny haly E, tj. mimo současný prostup v 1. NP. V 2. NP dojde k zúžení současného prostupu na šířku 80 cm a výšku 200 cm. Samotné stínění prostupů bude pravděpodobně provedeno posuvnými stínícími betonovými bloky, které se budou z vnější strany (v hale A) nasouvat před prostup v celé délce a výšce s dostatečným přesahem přes okraje prostupů. Tloušťka těchto bloků bude 150 cm. Posuv každého bloku bude veden v kolejnicích pro určení přesné vzdálenosti bloku od stěny. Nosnost podlahy haly A v prostoru před prostupy a u stěny, kam se bude blok odsouvat bude zajištěna sanací podloží např. tryskovou injektáží.

Řešení doplněných konstrukcí v hale A

Aby bylo k dispozici maximum úložného prostoru pro další budoucí zařízení nebo jejich skladování, budou v hale A doplněny po vnějším obvodu haly E (mimo její levé (tj. západní) průčelí, tj. z jižní, východní a severní

strany a v hale v části pravého (jižní galerie) průčelí lehké stropní konstrukce v úrovni 3. NP. Jejich konstrukce bude z ocelových válcovaných nosičů a pororoštů, horní líc podlahy bude na kótě cca +7,6 m a bude navazovat podlahu 3. NP haly B.

Předpokládaná nosnost doplněných konstrukcí bude max 300 kg/m². V místě komunikačních pruhů budou na pororošt umístěny pochozí pásy z odolné pryže nebo PVC. Ostatní plochy budou umožňovat proudění vzduchu a tím i zachování odvětrávacího a temperovacího systému v hale.

Etapu 2:

Detailní parametry budou upřesňovány s vítězem výběrového řízení pro Systém napájení tokamaku (energetika). V současnosti jsou požadavky definovány na základně tržních konzultací a Zadavatel požaduje součinnost Dodavatele s vítězem VŘ na energetiku pro finální řešení zejména u haly B, haly D, u prostupů mezi halami A a B a u spojovacích kanálů mezi halami B a D. V současnosti lze používat údaje ze Studie proveditelnosti ačkoliv mnohé detaily nejsou přesně řešeny a i rozměry budov jsou orientačního charakteru. Finalizace rozměrů všech staveb včetně jejich technického řešení bude upřesňována až v průběhu přípravy dokumentace. Stavebně-technické požadavky provozních souborů, které předpokládáme v daných budovách, budou dodávány dle možností a v rozsahu nutném pro daný stupeň projektové dokumentace.

Zadavatel také očekává návrh požadavků na úpravy pozemků budoucím Dodavatelem projektové dokumentace. Zadavatel nemá zájem na tvorbě Generelu areálu.

Hala B

Na severní straně haly A bude přistavěna hala o rozměrech cca 18 x 32 m (zalícovaná se současnou halou A) a výšce cca 12 m, ve které budou umístěny pomocné technologie upgradovaného tokamaku, diagnostické místnosti a další laboratoře či mechanické dílny. Hala B bude mít 3 podlaží o světlé výšce 3,5 m s betonovými podlahami. V 1. NP se předpokládá nosnost podlah cca 2000 kg/m², v 2. NP a 3. NP se předpokládá nosnost ~ 750 kg/m². Jednotlivá podlaží budou propojena schodištěm s výtahovou šachtou v severozápadním rohu haly B.

V 1. NP haly B je předpokládané umístění výkonových elektrických systémů pro cívky tokamaku vč. transformátorů (až 13 t, předpokládáme jejich umístění po obvodu s přístupem z venku skupinou širokých vrat v obvodovém plášti). Pro usnadnění propojení jednotlivých modulů a propojení s generátory v hale D předpokládáme v podlaze vytvoření sítě mělkých (do 0,5 m) kanálů krytých např. pororošty. Průchody do haly A budou podél východní stěny a také v prostoru nyníjších západních vrat pro transformátory v severní stěně haly A.

Situační řešení 2. NP a 3. NP si budou podobná. V severní části budou kromě spojovacího schodiště umístěny 3-4 laboratoře, toaleta a chodba, ze které bude vstup do dílny, spojovací chodby do haly A při východní stěně haly B a do centrálního technologického prostoru. Laboratoře a dílny nejsou určeny k trvalému obsazení osobami. V západní části haly B bude umístěna rozebíratelná roštová podlaha, nad kterou bude ve 3. NP umístěn menší otočný jeřáb o nosnosti cca 2-3 t. Tato demontovatelná šachta bude propojovat všechna podlaží a umožní zavážení technologických celků do jednotlivých podlaží.

Předpokládáme napojení této haly na inženýrské sítě s využitím sítí instalovaných jak v hale A, administrativní budově oddělení Tokamak nebo základní sítě situované před administrativním objektem v ulici U Slovanky.

Hala D

Severně od skladu hutního materiálu a východně od haly B bude umístěna hala pro dva nové rázové generátory o šířce cca 12 m, délce cca 18 m a výšce cca 6 - 7 m. Kromě samotných generátorů zde bude instalována ještě specifická technologie jako frekvenční měniče pro roztáčení motorů, transformátory a měniče budícího obvodu, tepelný výměník a čerpadla chlazení generátorů a olejové hospodářství pro mazání a chlazení ložisek těchto generátorů. Je obecnou zásadou, že olejové hospodářství je umístěno pod úrovní generátorů např. v lokálním podsklepení. V západní části haly D potom bude ústít kanál spojující halu D s halou B a chladicími jednotkami.

Důležitými parametry haly jsou zejména demontovatelnost střechy v prostoru rázových generátorů pro jejich instalaci i případnou demontáž (a odvoz) z důvodů mimořádné údržby v prostorách výrobce. Pro běžnou údržbu předpokládáme v hale menší jeřáb do 5 t. Jeden z požadavků na generátory určuje hlukový

limit 70 dB. Konstrukce haly D proto bude muset zajistit ztlumení na úroveň hygienických limitů hlukové zátěže minimálně pro denní provoz. Z tohoto důvodu i pro zajištění pevnosti objektu předpokládáme betonové stěny bez oken. Případně s dodatečnou zvukovou izolací. Další požadavky na budovu budou upřesňovány pro daný stupeň dokumentace dle dokumentace poskytnuté dodavatelem generátorů.

Rázové generátory musí být založeny tak, aby nemohlo dojít k jejich uvolnění během běžného provozu ani mimořádných událostí (např. porucha mazání ložiska). Významné je též omezení přenosu vibrací do podlaží v rozumné míře. Dodavatel navrhne vhodné a cenově přiměřené řešení na základě finálních podkladů Zadavatele během realizace zakázky.

Spojovací kanál mezi halami B a D

Rozvody elektrického napájení rázových generátorů a vedení pro jejich pulzní výkon mezi halami B a D musí být umístěny tak, aby neomezovaly přístup k chladicím jednotkám ani zavážení transformátorů do haly B z východní části a přitom musí být co nejkratší. Jako vhodná varianta se jeví zapuštěný kanál mezi budovami B a D, který lze zároveň využít pro rozvod chladiva z chladicích jednotek, které budou také umístěny mezi těmito budovami. Hloubka kanálu se předpokládá cca 0,5 m. Prozatím předpokládáme šíři cca 1 m, bude upřesněna dle návrhu energetiky. Kanál by měl navazovat na systém rozvodů v hale B i podzemní část haly D s olejovým hospodářstvím. Pro zajištění pojízdnosti na povrchu a omezení zatékání vody předpokládáme překrytí betonovými panely.

Základové desky pro chladicí jednotky

Vysoké pulzní výkony elektrických systémů a zejména kryogenerátory budou vyžadovat výrazný odvod odpadního tepla. Předpokládáme použití 2 chladicích jednotek o výkonu 350-450 kW s požadovanou základnou ~ 2,5 x 5 – 6,5 m. Předpokládáme jejich umístění mezi halami B a D, kde se budou nalézat hlavní systémy s potřebou chlazení. Rozvody elektrického napájení i rozvody chladiva předpokládáme pomocí kanálu spojujícím haly B a D, který by měl ideálně vézt mezi oběma chladicími jednotkami.

Základová deska pro nový zásobník LN2

Množství systémů dodatečného ohřevu i efektivita samotného provozu tokamaku-upgrade bude vyžadovat využití kapalného dusíku (LN2) k chlazení některých komponent. Proto předpokládáme zvýšení úložné kapacity LN2 v areálu. Z toho důvodu předpokládáme vybudování nové základny pro větší zásobníky LN2 o rozměru cca 4,5 x 9 m západně od haly B a severně od haly C. Tedy rozšíření kapacity zásobníků a jejich přemístění na nové místo. Nepředpokládáme zásobníky vyšší než připravovaná hala D. V případě nutnosti může být velikost zásobníků přizpůsobena požadavkům územního rozhodnutí. Samotný projekt a dodávka systémů využívajících LN2 bude řešena v jiné samostatné zakázce.

Úprava elektrického napájení oddělení tokamak

Vzhledem ke stavbě Haly B je nutno přemístit napájecí transformátorovou stanici 22/0,4 kV 1 MVA z pozice severně od haly A do míst východně od skladu hutního materiálu, tedy demolice současného a vybudování nového přístřešku pro transformátor. Vzhledem k předpokládané spotřebě budoucího tokamaku a jeho technologií bude vedle přemístěného transformátoru umístěn ještě druhý o podobných parametrech 22/0,4 kV ~ 1 MVA. Od těchto transformátorů zatím předpokládáme napájecí vedení do západní části haly B potenciálně s využitím spojovacího kanálu mezi halami B a D. Přívod elektrické energie do areálu je nyní zajištěn 2 vedeními 22kV, každé s kapacitou 1 MW. V současnosti se využívá pouze jedno vedení.

Nové komunikace v areálu

Přístup k jednotlivým novým budovám a lokacím bude zajištěna novými účelovými komunikacemi. Jejich využití se předpokládá zejména pro instalaci zařízení, později pro servis jednotlivých technologií.

Předpokládaný harmonogram stavebních prací

1. etapa:

trvání stavebních prací: cca 12 měsíců

zahájení: 4Q/2020 – 1Q/2021

2. etapa:

trvání stavebních prací: cca 8 měsíců

zahájení: co nejdříve po dodání DZS/2 Zadavateli (po veřejné soutěži na výběr zhotovitele)