

Infrastructura Lumină Extremă – Fizică Nucleară (Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics, ELI-NP)

NICOLAE-VICTOR ZAMFIR

*Director General Institutul Național de Fizică și Inginerie Nucleară “Horia Hulubei” (IFIN-HH)
Coordonator Proiect ELI-NP*

According to the ESFRI list, the European forefront research and development efforts in the field of high power (tens and hundreds of Petawatt) lasers will be focused for constructing the "Extreme Light Infrastructure" (ELI). The infrastructure will consist of 3 (later 4) pillars: in Czech Republic, Hungary and Romania. It will be the first "multi-sited" European large-scale infrastructure and also the first to be located in the new EU members in Central and Eastern Europe. Romania will host the pillar ELI-Nuclear Physics (ELI-NP). A Consortium of the 3 host countries was formed and other interested countries are expected to join. This Consortium will evolve in an European Research Infrastructure Consortium (ERIC), a framework recently adopted by EC. At ELI-Nuclear Physics is foreseen Scientific Research at a new frontier in physics - the laser-nuclear physics frontier (www.eli-np.ro). The ELI-Nuclear Physics Scientific Center will have, as major instruments, two 10 PW lasers and a very brilliant γ beam system. The goal is to employ nuclear techniques, for better understanding the laser-target interaction, and design new experiments, for exploratory studies in fundamental physics and in applied science, by using the high intensity laser field and/or a γ beam with unprecedented performances of peak brightness and bandwidth. The ELI-NP project will be implemented at the Research Campus Bucharest-Măgurele by the National Institute for Nuclear Physics and Engineering (IFIN) in collaboration with National Institute of Laser, Plasma and Radiation Physics (INFLPR) and other national physics institutes, University "Politehnica" Bucharest and University of Bucharest. The 293 MEuro project will be partially funded through the EC structural funds in the interval 2012-2016.

1. Proiectul ELI

În anul 2006, pe lista de proiecte europene de infrastructuri majore de cercetare științifică (lista ESFRI - European Strategy Forum for Research Infrastructures ce conține 47 de proiecte) a fost trecut Proiectul Extreme Light Infrastructure (ELI). Prin acest proiect, cercetătorii din domeniul fizicii laserilor, conduși de Profesorul francez Gerard Mourou, au propus construirea unui laser cu o putere de zeci sau sute de PW ($1PW = 1 \text{ Petawatt} = 10^{15}W$), cu 2-3 ordine de mărime mai mare decât orice laser existent în lume în acel moment (sute de TW) ($1TW=1\text{Terawatt} = 10^{12}W$). Profesorul Mourou introdusese în 1985, în Statele Unite, metoda Chirped Pulse Amplification, metodă care a permis construcția laserilor de mare putere.

În februarie 2008, la Ambasada României de la Paris, a fost lansată faza pregătitoare a implementării Proiectului, ELI-Preparatory Phase (ELI-PP), finanțată în cadrul FP7. În cadrul acesteia, în perioada 2008-2010, un consorțiu format din 13 țări europene interesate de proiect (Bulgaria, Franța, Germania, Grecia, Italia, Lituania, Marea Britanie, Polonia, Portugalia, Republica Cehă, România, Spania, Ungaria) a hotărât principalele caracteristici ale

viitoareii infrastructuri și a discutat candidaturile de găzduire a acestei noi infrastructuri.

România și-a prezentat, în noiembrie 2008, candidatura pentru construirea acestei facilități la București-Măgurele. La 1 octombrie 2009, Comitetului Director al Proiectului ELI-PP a hotărât construirea ELI în trei centre („piloni”) complementare din punct de vedere tehnic și științific: Praga-Dolni Brezane (Cehia), Szeged (Ungaria) și București-Măgurele (Romania). Această decizie, validată în luna decembrie 2009 de către Consiliul Competitivității al Uniunii Europene, permite astfel construirea primei mari infrastructuri de cercetare științifică în Europa Centrală și de Est. Finanțarea și construcția celor trei piloni ELI ar urma să se facă la nivel național din fonduri structurale.

La data de 10 decembrie 2010, la Paris, a avut loc ceremonia de închidere a fazei pregătitoare ELI-PP și de preluare în totalitate a coordonării proiectului ELI de către ELI-DC (Delivery Consortium). Acest Consorțiu, format din cele 3 țări gazdă (Cehia, Ungaria și România), va coordona comunitatea științifică internațională în faza de implementare a acestui proiect și înființarea în perspectivă a ELI-ERIC (European Research Infrastructure Consortium), o structură de administrare unitară, care va putea beneficia de cadrul european

legal ERIC (Regulamentului Consiliului nr. 723/2009). Din ELI-ERIC vor face parte cele trei țări care găzduiesc infrastructura, dar și celelalte state interesate de operarea și utilizarea ELI. Franța, Italia, Germania și alte țări europene și-au exprimat, deja, interesul în a participa la acest consorțiu.

Proiectul paneuropean ELI va fi, în perspectiva anului 2016, cea mai avansată infrastructură pe plan mondial destinată studiilor legate de radiația fonică cu caracteristici extreme ("Extreme Light"). Toate cele trei centre vor avea, între componentele de bază, laseri care emit pulsuri ultra-scurte (femtosecunde, 10^{-15} s și attosecunde, 10^{-18} s) de foarte mare putere (3-10PW). Centrul de la București-Măgurele va avea în plus un instrument care va furniza radiație fonică γ cu caracteristici unice referitoare la energie, strălucire și lărgime de bandă. Caracteristicile instrumentelor din cei trei piloni ai proiectului ELI vor fi diferite, ariile de cercetare fiind diverse și complementare. În urma experienței acumulate în realizarea celor trei centre, urmează să se decidă locația unui al patrulea pilon, care va avea ca scop creșterea cu încă un ordin de mărime în puterea maximă a laserilor (la 100PW), atingând astfel noi direcții de cercetare, noi domenii de aplicabilitate.

În Cehia, lângă Praga, *ELI-Beamlines* va avea ca tematică principală studiul și utilizarea pulsurilor ultra-scurte de particule și radiație rezultate în urma interacțiilor relativiste și ultrarelativiste ale fasciculelor laser cu diverse ținte. La *ELI-Beamlines* se vor produce raze X cu caracteristici unice și fascicule de ioni, acestea fiind apoi utilizate pentru studii de tomografie în biologie și știința materialelor sau aducerea materiei în stări speciale de plasmă. În aprilie 2011, *ELI-Beamlines* (Cehia) a primit aprobarea finanțării de la UE prin intermediul fondurilor structurale și, în prezent, are loc implementarea proiectului.

Utilizând laseri de mare putere, la Szeged, în Ungaria, se vor realiza cele mai scurte pulsuri laser din lume, de sute de attosecunde (10^{-18} s), de către *ELI-ALPS* ("Attosecond Light Pulse Source"). Aceste pulsuri vor genera radiație X de înaltă frecvență și foarte mare intensitate, care, datorită duratei extrem de scurte, va putea capta "instantanee" ale structurilor atomice, moleculare sau solide complexe. În toamna anului 2012, se preconizează depunerea proiectului la UE pentru finanțare din fonduri structurale.

2. Centrul de Cercetări Științifice ELI – Nuclear Physics (ELI-NP)

Domeniile și tematicile științifice, pe care pilonul românesc, *ELI-NP*, le va putea aborda și caracteristicile principale ale echipamentelor necesare pentru realizarea acestora, au fost definite în cadrul unei largi colaborări internaționale, în care au fost implicați peste o sută de oameni de știință din 30 de

universități și institute de cercetare din întreaga lume, și avizate de un Comitet Științific Consultativ Internațional, format din personalități științifice de cea mai înaltă reputație din cele două domenii – laseri și fizică nucleară. Pe pagina Internet, dedicată Proiectului, <http://www.eli-np.ro>, sunt disponibile cazul științific ("White Book"), componența grupurilor de lucru, prezentările la întâlnirile avute, precum și rezultatele acestor activități.

Instrumentele principale vor fi doi laseri de mare putere (10PW) și un fascicul foarte intens de radiație γ , cu energie variabilă până la 20 MeV, obținut prin retroîmprăștierea fotonilor din radiația laser pe electroni accelerați de un accelerator liniar. Acest fascicul γ va produce pulsuri caracterizate prin cea mai mare strălucire și cea mai bună rezoluție energetică din lume. Datorită combinației unice pe plan mondial a acestor instrumente, aici se vor putea efectua atât cercetări de frontieră în fizica fundamentală, fizica nucleară și astrofizică, cât și cercetări aplicative în domeniile materialelor nucleare, științei materialelor și științelor vieții.

Intensitatea enormă a fasciculelor de radiații laser și γ va permite studiul unor fenomene doar anticipate de teorie, cum ar fi birefringența vidului și crearea de perechi electron-pozitron în câmpuri electrice intense. Aceste cercetări pot aduce confirmarea sau infirmarea unor ipoteze fundamentale. Pentru securitatea nucleară, se vor investiga metode noi de identificare și caracterizare de la distanță a materialelor nucleare (prin fluorescență nucleară). Aceste metode își găsesc numeroase aplicații, de la inspecția neintruzivă a containerelor cu mărfuri (putându-se determina cu precizie compoziția conținutului și eventuale materiale interzise) până la managementul deșeurilor radioactive. Vor fi cercetate și implementate scheme pentru producerea de radioizotopi necesari în medicină: noi radioizotopi sau izotopi folosiți, deja, însă produși în mod mai economic cu metodele dezvoltate la ELI-NP față de tehnicile actuale. Sursa intensă de neutroni, care va fi realizată la ELI-NP prin reacții (γ, n), va avea aplicații în studiul bioproteinelor, nano-compuşilor, fulerenelor și nanomaterialelor magnetice. Utilizând concomitent sursa γ și radiația laser de mare intensitate, se vor face studii asupra comportamentului materialelor în condiții extreme de iradiere. O direcție de cercetare foarte activă în acest moment este accelerarea particulelor cu ajutorul radiației laser de mare putere. Spre deosebire de tehnicile folosite până acum, care utilizează acceleratori clasici de particule, accelerarea laser are multiple avantaje. Unul dintre ele, relevant pentru medicină, dar și pentru știința materialelor, este densitatea mult mai mare (10^{15} ori) a materiei accelerate decât a celei obținute în acceleratori. Studiul obținerii cu ajutorul laserilor a fasciculelor monoenergetice de protoni și ioni ar conduce la creșterea versatilității hadronoterapiei cancerului. Un alt exemplu de domeniu în care ELI-NP ar putea aduce contribuții importante este cel al

imagisticii de țesuturi biologice, controlul calității în industria farmaceutică și a semiconductorilor, tomografie în medicină. În prezent, aceste radiații sunt produse în sincrotrone și acceleratoare liniare, care sunt echipamente mari și foarte scumpe. În viitor, există posibilitatea ca astfel de fascicule foarte intense să poată fi obținute și cu ajutorul laserilor, cercetările în acest scop făcând parte din tematica abordată în centrele ELI.

Dintre cele trei centre ELI, ELI-NP are cel mai mare potențial în acoperirea unor domenii variate și interdisciplinare, ca rezultat al capacității de a utiliza concomitent multiple surse de radiații cu proprietăți care le vor face unice la momentul când vor deveni operaționale. Grupul de posibili utilizatori va fi, prin urmare, larg și de o mare diversitate. Accesul la infrastructură se va face pe principiul “open access” pentru instituțiile non-profit, în care cercetătorii vor putea depune propuneri de experimente, evaluate și selectate apoi de o comisie internațională – Program Advisory Committee (PAC). O parte din timpul de funcționare (~5%) va fi alocat companiilor private pentru a-și face propriile cercetări sau pentru a folosi fasciculele de radiații și de particule furnizate de ELI-NP și care vor plăti costurile de operare pentru perioada alocată.

ELI-NP vine să completeze esențial infrastructura de cercetare din România, plasând țara noastră pe Harta Europeană a infrastructurilor de cercetare majore. Având în componență cei mai puternici laseri și cel mai performant fascicul γ din lume, ELI-NP va permite, pentru prima oară în știința mondială, investigarea sistematică a frontierei materie nucleară-radiație laser, deschizând orizonturi de cercetare și posibilități de aplicații inaccesibile la scara puterii și intensităților disponibile în prezent în ambele domenii. În același timp, realizarea ELI-NP reprezintă un salt calitativ semnificativ față de situația actuală, fiind cea mai complexă infrastructură de cercetare construită vreodată în România și prima care se situează la nivelul celor mai mari infra-structuri de cercetare europene și mondiale. Totodată, realizarea proiectului va avea un impact major asupra atractivității și vizibilității științei românești și, nu în ultimul rând, a imaginii României. Atragerea în țară și menținerea potențialului intelectual este, de asemenea, un element al impactului pozitiv deosebit al ELI-NP, ce merită menționat.

ELI-Nuclear Physics (ELI-NP) va fi construit în România, pe Platforma de Fizică Măgurele (lângă București), beneficiind astfel de cea mai mare concentrare de specialiști în domeniu din Europa răsăriteană. Platforma Măgurele este un pol al fizicii și al științei în general. Istoria sa începe odată cu crearea Institutului de Fizică Atomică, primul institut de cercetări din țară și cu instalarea și darea în funcțiune (1956) a primelor mari instalații de fizică, Reactorul Nuclear și Ciclotronul, urmate, la scurt timp, de construirea primului calculator electronic românesc (1957) și de primul laser (1962), totodată

al treilea laser funcțional din lume (după Statele Unite și Uniunea Sovietică). Platforma Măgurele oferă astăzi cea mai importantă concentrare de cercetători din întreaga Europă Centrală și de Est în practic toate direcțiile fizicii. Proiectul va fi implementat de către Institutul Național pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei” (IFIN-HH), în colaborare cu Institutul Național pentru Fizica Laserilor, Plasmei și Radiației (INFLPR) și cu celelalte institute naționale de fizică. Universitatea Politehnica București și Universitatea Tehnică de Construcții București au contribuit la activitățile premergătoare începerii construcției și împreună cu Universitatea București se pregătesc să contribuie la implementarea proiectului.

ELI-NP are potențialul de a aduce România, pentru mulți ani, în prima linie a științei pe plan mondial, în mai multe domenii, de la fizică la biologie sau inginerie și va plasa Europa pe primul loc în lume în domeniul interacției fotonice cu materia. Prin cei peste 200 de cercetători ce își vor desfășura activitatea la acest nou centru se va da un impuls major cercetării științifice și educației în România. ELI-NP va contribui semnificativ atât în faza de operare, dar și în cea de implementare la dezvoltarea sistemului educațional din România în domenii de vârf din știință și tehnologie. Marile Universități din România și-au manifestat interesul, în cadrul Forumului Academic ELI-NP, în adaptarea programelor de studii de licență, masterat și doctorat pentru a se integra cu cerințele proiectului ELI-NP.

Dincolo de evidentul și semnificativul câștig pentru cunoaștere și a importanței pe care o reprezintă acest proiect pentru multe domenii de cercetare științifică din România, la ELI-NP se vor face cercetări privind aplicații de mare anvergură pentru economia națională. Cercetările care se vor realiza în cadrul infrastructurii (rezultatele unora dintre ele putând fi prevăzute încă din acest stadiu de proiect) prezintă, sub aspectul aplicațiilor și al tehnologiilor ce vor fi transferate, un interes deosebit pentru domenii de importanță strategică, la nivel național, precum:

- medicină/ biologie:
 - industria radiofarmaceuticelor (o piață internațională de miliarde de Euro va beneficia de metode unice în lume oferite de proiect sau mult mai eficiente decât cele folosite în prezent și implicând costuri net inferioare);
 - noi terapii (alternantive la terapiile anticancer bazate pe fascicule ionice);
 - înțelegerea efectului radiației asupra probelor biologice;
 - imagistică pe bază de raze X a proceselor moleculare ultrarapide (cu aplicații tot în producerea de noi medicamente)
- tehnologia materialelor:
 - “radiografia” materialelor nucleare, cu posibilitatea detectării oricăror transporturi ilicite de asemenea materiale;

-mecanismul defectelor produse în urma expunerii la fluxuri intense de neutroni și monitorizarea directă, în timp real, a funcționării instalațiilor nucleare;

- noi metode superperformante de caracterizare a materialelor cu proprietăți speciale, bazate pe fascicule de raze X și gamma, electroni și pozitroni.

- mediu:

- caracterizarea combustibilului nuclear uzat;

- rezolvarea, în perspectivă, a problemei deșeurilor radioactive pe baza studiilor privind transformarea prin iradiere a elementelor radioactive de viață foarte lungă (milioane de ani) în elemente stabile sau cu viață foarte scurtă (de ordinul minutelor);

Până în prezent, peste 50 de firme și-au manifestat interesul în participarea la implementarea Proiectului ELI-NP și formează Forumul Industrial ELI-NP, în care se discută modalitățile de implicare în proiect.

Prin ELI-NP, Platforma Științifică de la Măgurele prezintă un potențial ridicat de a deveni un pol de excelență, similar CERN-ului de la Geneva sau Grenoble în Franța, care va facilita dezvoltarea în jurul său a unei zone tehnologice, unde cercetarea, educația, mediul de afaceri și serviciile se vor întâlni pentru a genera creștere economică și dezvoltare urbană.

3. Implementarea proiectului ELI-NP

Prima etapă în pregătirea proiectului ELI-NP s-a desfășurat în 2010, prin realizarea Studiului de Fezabilitate de către Proiect București SA și elaborarea aplicației pentru finanțare în cadrul Fondurilor Structurale. Valoarea totală a proiectului a fost estimată la 293 milioane euro (fără TVA), din care aprox. 60 milioane euro construcții clădiri și peste 200 milioane aparatură tehnică și științifică, inclusiv laseri și sistem de fasciculul γ . În urma discuțiilor din cursul anului 2011 cu DG-Regio și Autoritatea de Management din cadrul Ministerului Economiei, aplicația de finanțare vizează realizarea proiectului în două faze: faza 2012-2015, în valoare de 180 milioane euro, finanțată din actualul ciclu de fonduri structurale și faza 2014-2016, în valoare de 113 milioane euro, finanțată din viitorul ciclu de fonduri structurale. Autoritatea Națională pentru Cercetare Științifică (ANCS) a finanțat realizarea, de către Institutul Național pentru Fizică și Inginerie Nucleară "Horia Hulubei" (IFIN-HH), a Cazului Științific, a Studiului de Fezabilitate și a Aplicației de finanțare din fonduri structurale.

Guvernul României și-a asumat construcția ELI-NP, prin aprobarea la 8 decembrie 2010, a Notei

înaintate de Ministerul Educației, Cercetării, Tineretului și Sportului. Acest lucru a făcut posibilă depunerea, în ianuarie 2011, a aplicației de proiect la instituția comunitară JASPERS (Joint Assistance to Support Projects in European Regions), pentru verificare înainte de depunerea la Comisia Europeană. În urma Raportului JASPERS, potrivit căruia proiectul are un grad ridicat de maturitate și este în acord cu cerințele UE pentru un proiect major finanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională, Guvernul României a aprobat, în 6 iunie 2011, Memorandumul privind finanțarea proiectului ELI-NP în cadrul Programului Operațional pentru Creșterea Competitivității Economice (POS-CCE), 83% finanțare europeană și 17% cofinanțare națională. Aplicația de finanțare trimisă la Comisia Europeană-DG Regio, în ianuarie 2012, este în faza finală de aprobare.

În perioada August 2011-Martie 2012, a fost elaborat Proiectul Tehnic de către Hachiko Design (șef proiect Arhitect Costel Tudor), iar în data de 4 iulie 2012, Guvernul României a aprobat realizarea investiției ELI-NP. În figurile de mai jos este prezentată o viziune arhitecturală a complexului de clădiri ale viitorului Centru de Cercetări Științifice ELI-NP.

Principalele acțiuni preconizate pentru realizarea proiectului ELI-NP:

- derularea procedurilor de achiziție publică (licitații pentru construcția civilă, realizarea echipamentelor LASER și Sistem GAMMA): august 2012-octombrie 2012;

- realizarea construcției: noiembrie 2012-octombrie 2014;

- realizarea echipamentelor LASER și Sistem GAMMA, Faza I: noiembrie 2012 – iunie 2015, Faza II: septembrie 2014 – decembrie 2016;

Realizarea montajelor experimentale se va face pe baza Rapoartelor Tehnice-Technical Design Reports, care vor fi elaborate în perioada 2012-2014 de către grupurile de lucru constituite din cercetători români, împreună cu colegi din Europa și din întreaga lume. În acest scop, în prezent, sunt elaborate de către diversele grupuri din lume Scrisorile de Intenție (Letters of Intend) prin care ideile originare din White Book sunt actualizate și dezvoltate până la nivelul de propuneri concrete de experimente. Pe baza acestor TDR-uri în perioada septembrie 2014 – decembrie 2016, se vor face achizițiile de echipamente și realizarea montajelor experimentale.

Centrul de Cercetări Științifice ELI-NP va deveni operațional în ianuarie 2017.

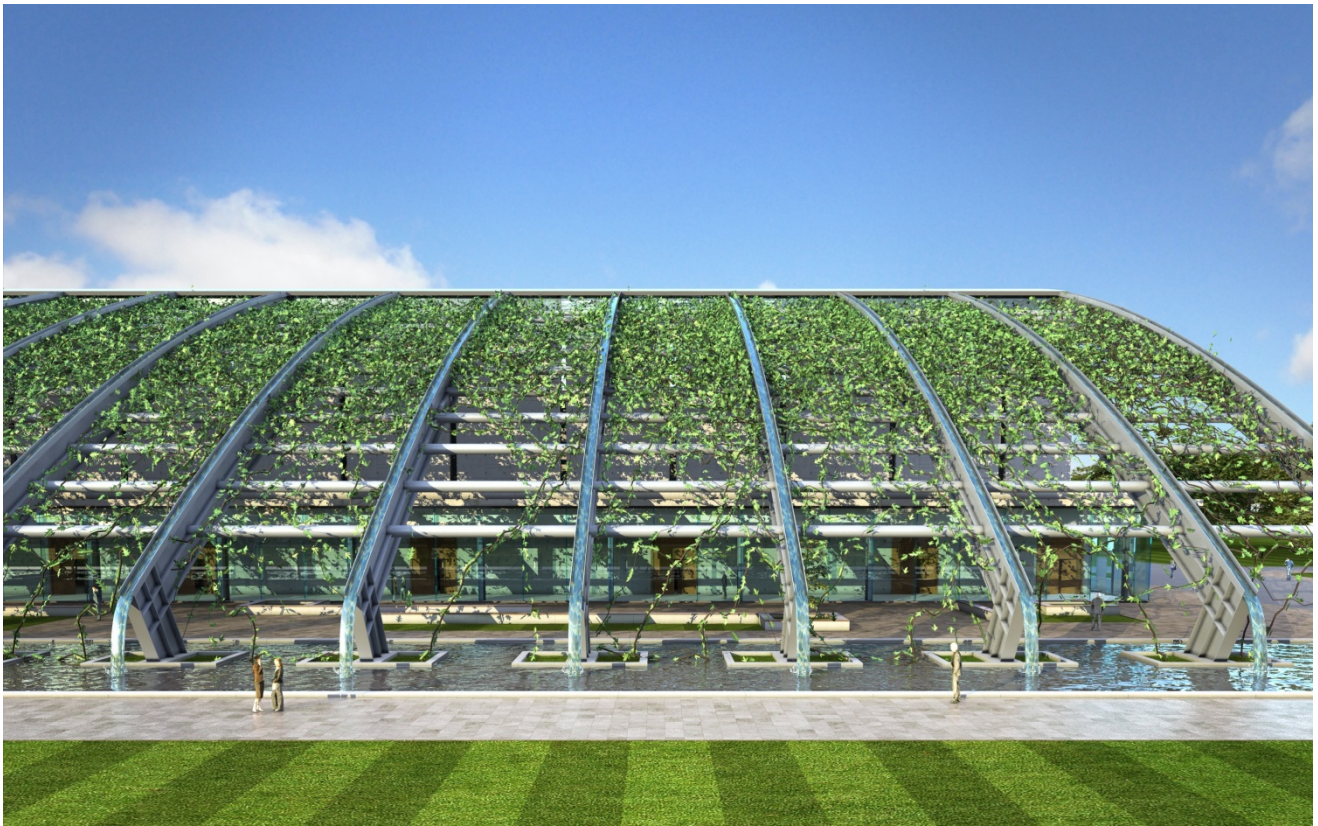
Autor corespondent: victor.zamfir@eli-np.ro



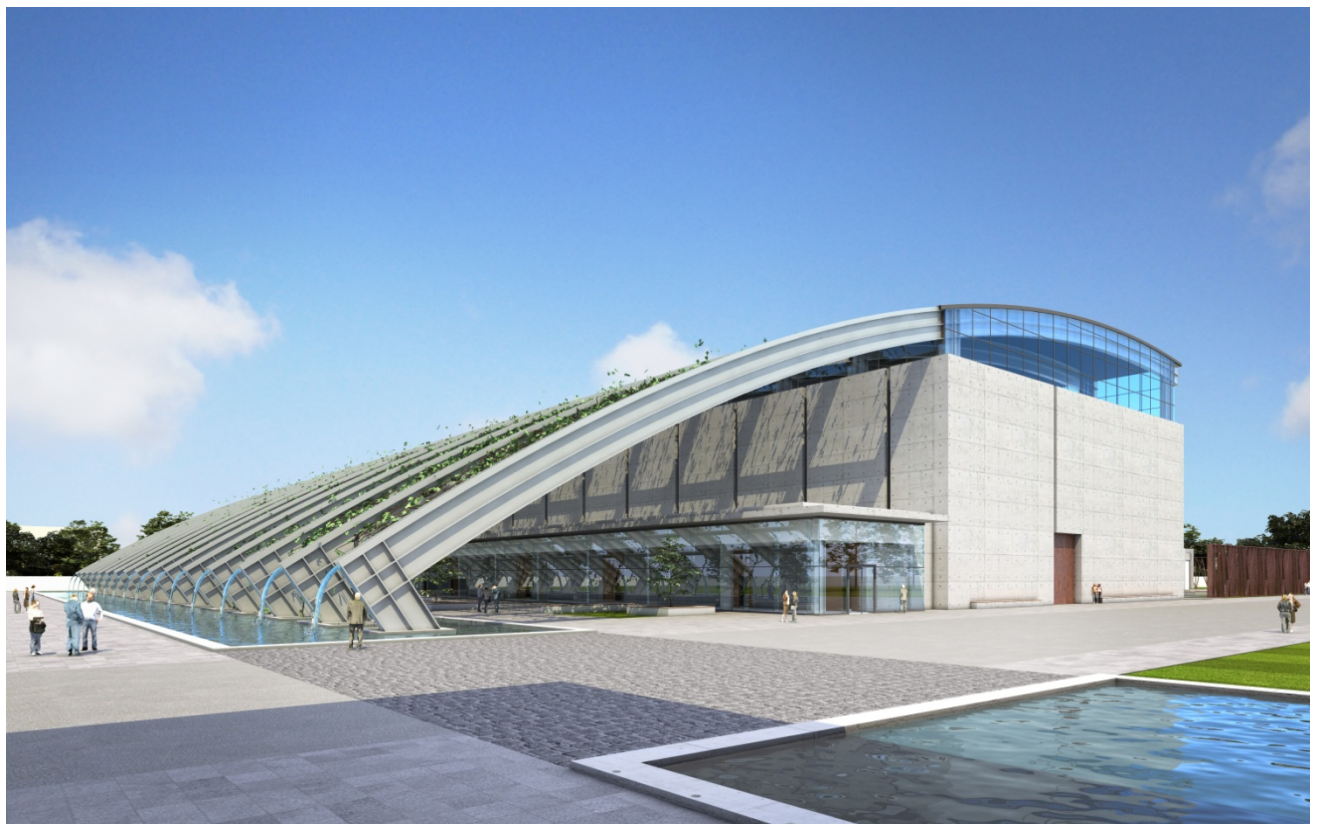
©Hachiko Design



©Hachiko Design



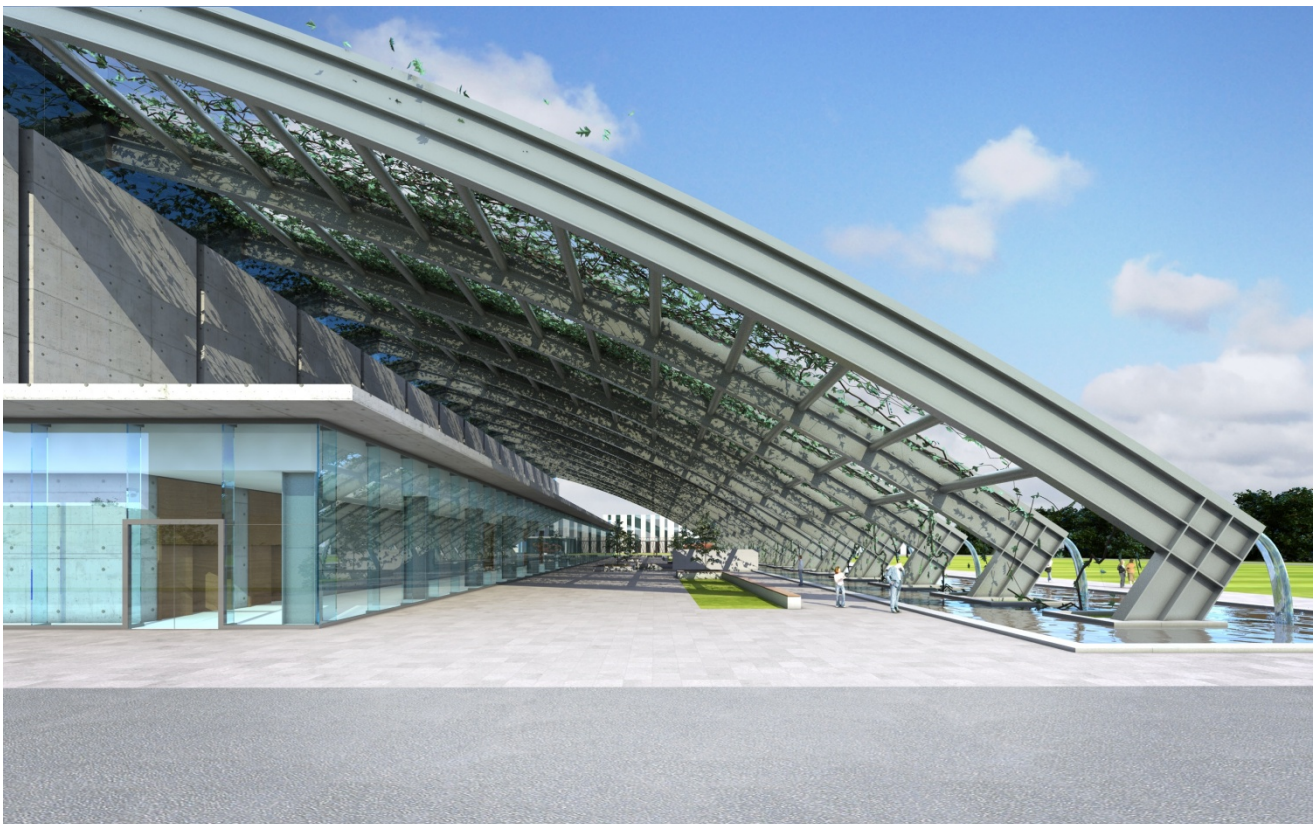
©Hachiko Design



©Hachiko Design



©Hachiko Design



©Hachiko Design