

OPTIMIZAREA SOLUȚIILOR ȘI TEHNOLOGIILOR FOLOSITE PENTRU EXECUȚIA CLĂDIRILOR ÎNALTE ÎN CONDIȚII DE APĂ FREATICĂ RIDICATĂ

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat Inginerie civilă și instalații

autor ing. Anda CRISTESCU (căs. KISS)

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Teodor Eugen MAN

luna 10 anul 2022

Lucrarea abordează la nivel teoretic și practic soluțiile găsite pentru a rezolva problemele create de aglomerările urbane, respectiv necesitatea realizării clădirilor înalte pentru a minimaliza suprafețele construite la sol. În cazul practic analizat în prezenta lucrare (blocul de 20 de etaje din ansamblul ISHO) a fost obligatorie găsirea unei soluții de fundare particulară, atât datorită înălțimii ei, cât și în contextul caracteristicilor solului și a apei subterane.

Clădirea A este în momentul de față cea mai înaltă clădire de locuințe din Timișoara. Având în vedere că aceasta se situează în proximitatea Begăi și nivelul apei freatice este unul ridicat, găsirea unei soluții de fundare a necesitat o atenție sporită și o particularizare deosebită. În funcție de condițiile de teren reieșite din studiul geotehnic, dar și de alte elemente cum sunt înălțimea construcției, structura acesteia etc, s-a putut stabili modul de realizare al fundației. Rigiditățile sistemului de fundare au fost analizate în ansamblu, având în vedere conlucrarea și interacțiunea dintre infrastructură și terenul de fundare.

În **Capitolul 1 „Introducere și considerații generale”** al tezei s-a făcut o prezentare generală a progresului construcțiilor odată cu trecerea timpului. În acest context, sunt menționate cele mai înalte clădiri din lume, din România și din Timișoara. De asemenea, este descrisă modalitatea în care evoluția materialelor (materiale durabile cum sunt: oțelul, fierul sau betonul armat) a permis realizarea clădirilor din ce în ce mai înalte și este prezentat un grafic cu cele mai înalte construcții de-a lungul timpului. Tot în acest capitol este specificată necesitatea evoluției clădirilor pe verticală (ce impact și cum influențează această schimbare viața de zi cu zi a oamenilor). În prezent, cea mai înaltă clădire din lume, localizată în Dubai (Emiratele Arabe Unite), este Burj Khalifa, cu o înălțime totală de 828 de metri, dar acest trend este în creștere întrucât a devenit o provocare tot mai mare doborârea acestui record.

Capitolul 2 „Aspecte generale referitoare la construcții, clădiri și structuri” abordează importanța structurii de rezistență a unei construcții, precum și factorii care trebuie luați în considerare la alegerea sistemului structural. În acest capitol s-a făcut o introducere în construcții, în care au fost prezentate următoarele noțiuni generale: au fost prezentate cele 4 clase de importanță ale construcțiilor, au fost clasificate clădirile după modul de comportare la acțiuni seismice, după forma în plan, după categorii (clădiri de locuit, clădiri social-culturale, clădiri industriale, respectiv clădiri agricole).

O clădire este considerată înaltă dacă are mai mult de 11 etaje fără parter și foarte înaltă dacă pardoseala ultimului nivel se află la o înălțime minimă de + 45 m.

În decursul timpului, sistemele structurale au evoluat și s-au adaptat la nevoile populației. Au început să se folosească scheletele de oțel pentru realizarea structurii, ceea ce a permis

realizarea pereților cortină din sticlă, maximizând astfel lumina naturală a spațiilor de birouri, locuințele devenind mult mai luminoase decât în cazul încăperilor cu ferestre clasice.

În funcție de destinația clădirii, există următoarele tipuri de sisteme structurale: sisteme structurale în cadre, sisteme cu pereți structurali, respectiv sisteme mixte (cu cadre de beton armat și pereți structurali).

În cadrul clădirii de 20 de etaje studiată în prezenta lucrare s-a folosit un sistem structural dual, format din cadrele perimetrice (alcătuite din grinzile de închidere și din stâlpii fațadei) și din pereții structurali ai nucleului central (realizați din beton armat). Pentru elementele din beton armat turnate s-a prezentat procedura de lucru respectată (care a fost întocmită anterior), în care au fost enunțate aspecte referitoare la: realizarea cofrajelor, montarea și verificarea armăturilor, turnarea și vibrarea betonului, precum și tratarea după turnare a betonului. Au fost folosite betoane de clase C30/37, C35/45 și armătură B500 cu clasa de ductilitate B.

Capitolul 3 „Analiza amplasamentului ISHO și prezentarea sintetică a studiilor geotehnice” prezintă cele 2 studii de amplasament pentru proiectul analizat amplasat pe malul Begăi: un studiu geotehnic preliminar și un studiu geotehnic de detaliu.

În cazul studiului geotehnic inițial, cercetarea terenului a constat în realizarea a 6 teste de penetrare dinamică cu con cu o adâncime de 20 metri, 4 foraje hidrogeologice cu adâncimi cuprinse între 10 - 25 metri și 4 foraje geotehnice cu adâncimi de 20 - 50 metri. Analiza datelor din teren a pus în evidență faptul că în zona activă a construcției sunt prezente pământuri cu o compresibilitate medie spre mare. Scopul realizării încercărilor a fost de a identifica succesiunile stratigrafice, de a determina caracteristicile fizice și mecanice ale terenului de fundare, dar și de a stabili condițiile de execuție și proiectare pentru lucrările de fundații din amplasament. În foraje, apa subterană s-a întâlnit la adâncimi de 5,5-9,0 metri față de cota terenului natural. Tot în acest capitol a fost prezentată stratificația amplasamentului, întâlnită în cazul fiecărui foraj în parte, împreună cu documentațiile topografice aferente.

Studiul geotehnic de detaliu s-a întocmit pentru a putea detalia condițiile geotehnice din amplasament și pentru a prezenta rezultatele obținute. În cadrul investigațiilor geotehnice, s-au realizat două încercări cu dilatometrul plat Marchetti echipat cu modulul seismic (SDMT), o încercare cu dilatometrul plat Marchetti (DMT) și opt sondaje de penetrare statică cu con (CPT). Stratificația luată în calcul a inclus următoarele șapte straturi reprezentative: umplutură eterogenă, complex argilos prăfos, complex nisipos, complex argilos, complex nisipos prăfos, orizont argilos prăfos, orizont nisipos, complex argilos. Valoarea presiunii convenționale pentru stratul I (complex argilos prăfos întâlnit între cotele -2,66 și -9,06), a fost aleasă de $\bar{p}_{conv} = 150$ kPa în baza lui NP 112-04.

Luând în considerare investigațiile geotehnice efectuate, terenul de fundare a rezultat ca fiind în categoria de „terenuri medii-dificile”. În funcție de apa subterană, amplasamentul s-a putut încadra în clasa „cu epuizmente normale”. Studiul geotehnic de detaliu a concluzionat că amplasamentul analizat s-a încadrat, în concordanță cu NP 074-2014, în categoria geotehnică 3 (clasa de „risc geotehnic major”).

Capitolul 4 „Utilizarea sistemelor de epuizment pentru realizarea construcțiilor în terenuri cu nivel freatic ridicat - cazuri generale și caz particular ISHO” tratează metodele prin care se poate îndepărta apa subterană din sol prin alegerea unei soluții optime de epuizment, dar și importanța executării unui sistem de epuizment bine dimensionat. Realizarea unui sistem de epuizment vine în contextul nevoii de a scădea nivelul apei freactice pentru a se putea efectua lucrări de săpătura în condiții de siguranță.

Alegerea celei mai eficiente metode de epuizment se face în funcție de: dimensiunile excavației, de perioada de timp în care rămâne deschisă excavația, de caracteristicile straturilor de pământ și de presiunea apei din fiecare strat.

Este obligatorie întocmirea un proiect de epuizment (care să conțină cel puțin un studiu geotehnic și un studiu hidrogeologic) în cazurile în care apa subterană se află mai sus decât cota inferioară a săpăturii.

În vederea evacuării apei de pe șantierul ISHO au fost prevăzute 13 foraje: 10 foraje cu o adâncime de 12 metri și 3 foraje cu adâncimea de 16 metri. Poziționarea acestora a fost reprezentată schematic în figura 4.17.

Elaborarea modelării hidraulice prin intermediul aplicației specializate PMWIN în urma căreia s-au studiat variantele de amplasare a forajelor, numărul acestora, precum și debitele necesare a permis concluzionarea celei mai bune variante de a realiza sistemul de epuizment pentru prezentul studiu de caz, ținând cont atât de posibilitățile de execuție din punct de vedere tehnic și funcțional, cât și ținând cont de aspectul economic (care a fost decisiv în alegerea variantei finale). Prin rularea programului s-au obținut nivelele și debitele de tranzit în amplasamentul studiat, ceea ce a permis compararea acestor date cu măsurătorile realizate efectiv în teren. Obținerea rezultatelor asemănătoare (din modelare cu valorile din teren) a demonstrat importanța realizării unor proiecte bine structurate, întocmite cu modelări specializate în programe avansate de calcul anterior executării lucrărilor, întrucât doar în acest fel se pot realiza optimizări de costuri și se pot găsi cele mai eficiente soluții. Valorile obținute din modelare s-au concretizat și în măsurători în proporție de 90%, lucru care a confirmat faptul că modelul a fost bine validat și calibrat.

Capitolul 5 „Realizarea excavațiilor adânci în zone urbane” definește care sunt sursele de risc care pot apărea atunci când se execută o excavație adâncă (mai mare de 3 metri) într-o zonă urbană, dar și cum execuția acesteia influențează clădirile vecine.

Prima etapă a oricărei excavații este proiectarea (în care se stabilesc dimensiunile în plan ale excavației și adâncimea acesteia, în care se alege soluția de excavare și în care se determină sistemul de epuizment), urmată abia ulterior de execuție. În timpul execuției este obligatorie atât monitorizarea lucrărilor realizate, cât și urmărirea construcțiilor din apropiere.

În alegerea soluției de excavare și de protecție a malului de pământ trebuie ținut cont de caracteristicile terenului de fundare, de condițiile de amplasament, de vecinătăți și de condițiile climatice ale zonei. Adâncimea excavației se stabilește în funcție de numărul de niveluri subterane care se doresc a se realiza și în funcție de soluția de fundare.

Forma în plan a blocului de 20 de etaje este de trapez neregulat, cu o arie construită de aproximativ 1250 metri pătrați. S-a luat în considerare o adâncime de 4,30 metri (~+85,00 rMN) a nivelului apei subterane față de cota terenului natural (la care s-a mai ținut cont că $\pm 1,00$ m poate varia în funcție de condițiile meteorologice). Din calcule, a rezultat ca fiind necesară o adâncime a excavației de -8.00 metri față de cota de săpătură și -8.58 metri în zona piloților.

S-a stabilit că execuția în siguranță și stabilitate a excavației pentru clădirea A să se realizeze astfel: pe conturul laturilor de Nord, Est și Vest să se realizeze un taluz cu panta de aproximativ 1:1 (protejat cu folie), iar pe latura din Sud, protecția să fie asigurată cu ajutorul unei sprijiniri berlineze. Realizarea sistemului de fundare și a excavației sub protecția sprijinirii berlineze a prezentat garanția că nu sunt afectate rezistența, stabilitatea și exploatarea normală a masivului de teren adiacent sprijinirii.

Tot în cadrul acestui capitol au fost descrise etapele de realizare ale excavației, precum și felul în care s-au realizat lucrările de monitorizare la blocul A.

Capitolul 6 „Fundatii” abordează tipurile și importanța soluțiilor de fundare. Rolul fundațiilor este de preluare a încărcărilor provenite de la suprastructură și de transmitere mai departe către terenul bun de fundare. Astfel, categoria terenului are un rol important în alegerea sistemului de fundare. Exista 2 categorii de pământuri: coezive (pământuri prăfoase și pământuri argiloase) și necozive (blocuri formate din bucăți mari de roci, bolovănișuri, pietrișuri și nisipuri).

Pentru a se stabili tipul de fundație corespunzător sunt necesare determinări din care sa reiasă caracteristicile și proprietățile mecanice ale terenului de fundare. Tipul de fundație este influențat în mod direct de sistemul structural ales al construcției.

În funcție de: înălțimea minimă constructivă a fundației, condițiile tehnologice de execuție, nivelul apei subterane, natura terenului de fundare și adâncimea de îngheț, se alege adâncimea de fundare.

O fundație se poate executa din zidărie de piatră, beton armat sau beton simplu.

Exista 2 tipuri de fundații: fundații indirecte (pentru situațiile în care terenul bun de fundare se situează la mai mult de 6 metri) și fundații directe (care pot fi sub ziduri sau sub stâlpi; aceste fundații pot fi folosite doar pentru terenurile bune de fundare care se află la o adâncime mică față de nivelul natural al terenului). Tipurile de fundații indirecte sunt: fundații pe coloane, pe chesoane sau pe piloți.

Sistemul de fundare ales pentru blocul de 20 de etaje a fost de fundare directă pe radierul cu grosimea de 80 centimetri în zona structurii subsolului și de fundare indirectă, pe piloți, amplasați sub radierul cu grosimea de 150 centimetri pe porțiunea structurii S+P+20E (etapele de realizare ale radierului pot fi observate în documentația fotografică din capitolul 6.6). Au fost executați 34 de piloți (plus un pilot de probă) cu adâncimea de 17 metri și diametrul de 108 centimetri. În proiectarea piloților s-a ținut cont de interacțiunea teren-structură a sistemului de fundare. Execuția piloților a fost evidențiată prin documentațiile fotografice din subcapitolul 6.4.

Tot în cadrul acestui capitol s-a realizat un calcul comparativ din punct de vedere tehnic, cât și din punct de vedere al costurilor (economic) care a confirmat faptul că execuția fundației în soluția implementată în șantier a reprezentat varianta optimă de fundare.

Pentru a verifica tehnologia de realizare a piloților în funcție de situația reală din teren, s-a efectuat o încercare de probă pe un pilot cu diametrul $d=1080$ mm, executat suplimentar, cu aceeași tehnologie ca și ceilalți piloți. Capacitatea portantă a pilotului de fundare a fost verificată printr-o încărcare de probă la nivel N2 pe un pilot instrumentat, încercare realizată conform normativului NP 045-2000. În subcapitolul 6.5 este prezentată o documentație fotografică cu etapele de realizare a probei, dar și valorile înregistrate de pilot la încercarea prin compresiune.

Totodată, acest capitol prezintă soluțiile folosite pentru fundarea celei mai înalte clădiri din lume (Burj Khalifa), respectiv din România (Sky Tower). Și în aceste cazuri, asemanator situației ISHO, clădirile sunt amplasate lângă un curs de apă. Soluția de fundare în cazul celor 3 studii prezentate s-a bazat pe același principiu, radier din beton armat și piloți ca soluție de fundare, respectiv sistem de epuziment pentru scăderea nivelului freatic.

Tasările inegale ale terenului ca urmare a unor soluții de fundare neadaptate la realitatea din teren sau a faptului că fundația nu a ajuns până la stratul bun de fundare pot conduce la apariția crăpăturilor în pereți.

De aceea, în comportamentul oricărei construcții, fundația are un rol decisiv și este important să nu se facă rabat în proiectare și execuție. O atenție deosebită trebuie acordată și protecției fundației la diverși factori, dar și hidroizolării acesteia.

În partea inițială a **capitolului 7 „Importanța realizării lucrărilor de hidroizolații”** sunt prezentate suprafețele pe care se aplică hidroizolațiile: pe elementele de infrastructură

(fundații, socluri, pardoseli, subsoluri) și pe elementele de suprastructură (încăperi umede; balcoane și logii; acoperișuri tip terasă), dar și modul în care acestea se pun în operă (trebuie respectate anumite prevederi în funcție de situație, prevederi care se folosesc în cazul suprapunerilor sau la îmbinarea dintre planurile orizontal-vertical). Ca materiale hidroizolante se utilizează: bitumurile, materialele bituminoase în suluri și masele bituminoase preparate din bitumuri. Tipurile de materiale cu care se realizează hidroizolarea sunt: materiale hidroizolante în foi, bituminoase sau polimerice.

Hidroizolațiile întâlnite la blocul A sunt: hidroizolații temporare la elemente verticale (folosite pe partea de clădire în vecinătatea căreia se va construi în viitorul apropiat o altă clădire, urmând ca acestea să fie înlocuite), hidroizolații permanente Armodillo la elemente verticale (la pereții subsolului) și hidroizolații cu membrane VOLTEX folosite îndeosebi la fundații (la hidroizolația peretelui de berlineză, sub radierul clădirii, sub radierul casei pompelor, la hidroizolația piloților foraj).

Calitatea hidroizolației este obținută atât prin execuție, cât și prin modul de întreținere. Starea hidroizolațiilor trebuie verificată anual, de regulă la începutul verii. Întreținerea se realizează ori de câte ori este necesar (o dată la 2-3 ani pentru hidroizolațiile care au o vechime de până în 10 ani, minim o dată la 2 ani pentru cele cu o vechime de 10-15 ani și anual dacă hidroizolațiile au fost puse în operă de mai mult de 15 ani).

Capitolul 8 „Descrierea inelului de incendiu exterior necesar funcționării clădirii A ISHO” analizează importanța realizării unui sistem de incendiu exterior care să deservească clădirea de 20 de etaje (fără de care clădirea nu ar primi avizele să fie funcțională), dar și posibilitatea de optimizare a sistemului datorită faptului că blocul se află lângă râul Bega.

A fost necesară găsirea acestei soluții pentru stația de pompare întrucât operatorul de apă-canal nu putea asigura din sistemul centralizat al orașului presiunea și debitul necesare pentru a alimenta hidranții de incendiu exteriori și stinge un eventual incendiu.

Bazinul de captare al apei pentru inelul de incendiu funcționează pe principiul vaselor comunicante: priza de captare amplasată pe taluzul malului drept al canalului Bega conduce apa prin intermediul unei conducte montate cu pantă către un bazin colector cu apă. Din acest bazin, în cazul unui incendiu, apa va fi pompată cu ajutorul stației de pompare. Priza de captare și conducta utilizată pentru transportul apei din Bega au fost dimensionate pentru debitul de 25 l/s, în conformitate cu normativul P118/2-2013. La priza de captare a fost prevăzut un grătar metalic care să împiedice resturile de vegetație sau alte mizerii să pătrundă pe conductă și să o înfunde. Stația de pompare a fost executată lipită de subsolul blocului A, cu radierul comun, dar este o construcție independentă. Priza de captare s-a realizat cu ajutorul unor palplanșe metalice înfipte în Bega, din interiorul cărora a fost extrasă apa cu pompe și astfel a fost permisă realizarea execuției. Documentațiile fotografice din prezentul capitol evidențiază pașii de realizare a sistemului de incendiu.

Capitolul 9 „Amenajări urbanistice pentru asigurarea funcționalității dezvoltării ISHO” are ca obiectiv prezentarea impactului proiectului ISHO asupra circulației din zona învecinată, a recomandărilor ce decurg din analizele de trafic întocmite și a modului de realizare a drumului pentru fluidizarea traficului.

Pentru o circulație rațională ca urmare a dezvoltării rezidențiale, s-a impus realizarea rețelei de drum de acces, cât și a podului peste Bega, motiv pentru care a fost inclus în prezenta lucrare și acest studiu de caz.

Pentru trotuare și piste de bicicliști s-a adoptat o structură de rezistență în concordanță cu prevederile Indicativului NP 116-2005 („Normativ privind alcătuirea structurilor rutiere rigide și suple pentru străzi”). Amenajarea trotuarelor s-a efectuat conform STAT 10144/2-91 și conform Ind. P 132-93.

Categoria de importanță a porțiunii de drumul analizată a rezultat „C” (lucrări de importanță normală), iar clasa de importanță III. Drumul s-a amenajat cu patru benzi de circulație, piste de bicicliști, trotuare și asigură accesul între drumul european Bulevardul Take Ionescu și strada Splaiul Protopop Meleție Draghici.

De asemenea, a fost prezentat conceptul pentru podul care se va realiza ulterior peste Bega și care va face legătura dintre străzile Splaiul Protopop Meleție Draghici și Splaiul Nistrului.

În capitolul 10 „Monitorizare geotehnică a construcției nou proiectate și a vecinătăților” este relatată importanța urmăririi unei construcții în timp pentru ca aceasta să își păstreze stabilitatea și exploatarea în condiții de siguranță pe întreaga durată de viață proiectată. Urmărirea în timp este o acțiune periodică care se realizează prin: măsuratori ale tasării construcției (prin metode topografice), măsurători inclinometrice (prin care se determină deplasări ale masivului de pământ), măsurători ale deformațiilor terenului de fundare (cu ajutorul tasometrelor), măsurători pentru determinarea nivelului apei subterane (folosind puțurile de epuizment și piezometrele). Măsurătorile realizate în perioada de execuție, dar și cele care se realizează pe perioada de existență a construcției trebuie păstrate în Cartea Tehnică a Construcției. În cadrul acestui capitol este atașată și schița cu amplasarea lucrărilor de monitorizare geotehnică a blocului de 20 de etaje.

Ca și concluzie generală, o clădire poate să fie funcțională și sigură doar prin soluții de fundare adecvate întrucât, pe lângă componentele conexe care fac exploatarea să se desfășoare în condiții optime, fundația este elementul esențial al structurii de rezistență. Astfel, pentru proiectele de anvergură, optimizarea soluțiilor de fundare reprezintă cheia pentru realizarea cu succes a lucrărilor. Așa cum a fost și în cazul celor mai înalte clădiri din lume, România și din Timișoara, doar prin particularizări de fundații la situația din teren se pot obține clădiri înalte. Fiecare construcție și implicit element de fundație trebuie să îndeplinească un set de cerințe tehnico-economice / condiții tehnice principale în ceea ce privește durabilitatea în timp și robustețea structurală a construcției. Din acest motiv, este un proces complex conceperea și dimensionarea fiecărui element din structura de rezistență a unei clădiri.

Fundația este baza de susținere a construcțiilor. Ea este elementul principal care alcătuiește infrastructura clădirii și doar cu ajutorul ei este posibilă așezarea pe pământ. Întrucât pământul în care se realizează fundația are caracteristici mecanice inferioare față de materialele de construcții folosite în execuția fundațiilor, trebuie găsite soluții care să compenseze neajunsurile terenului.

În multe situații, datorită caracteristicilor terenurilor de fundare (umflări mari, umidități mari, caracteristici fizico-mecanice reduse), pământurile sunt clasificate ca fiind „necorespunzătoare”.

Pentru a optimiza un sistem de fundare, trebuie ținut cont de natura terenului de fundare și trebuie calculate solicitările aduse de clădire. Doar ulterior se poate stabili tipul fundației, dimensiunea geometrică a tălpii fundației, adâncimea de fundare (stabilită în funcție de cota la care se află terenul bun de fundare) și caracteristicile materialelor care trebuie folosite pentru a asigura siguranța și integritatea clădirii. Eventualele lucrări de intervenție la fundații sunt dificile și costisitoare (în momentul intervenției trebuie avut în vedere inclusiv să nu fie afectată stabilitatea solului).

În cadrul celor 3 clădiri prezentate (studiul de caz ISHO complet detaliat și cele 2 clădiri cele mai înalte din lume, respectiv din România schematic prezentate pentru comparație), datorită faptului că încărcările din construcție au fost mari, baza clădirii a fost asigurată prin intermediul piloților, o fundație de adâncime care a permis clădirilor să pătrundă până în terenul bun de fundare și să transmită acolo încărcările, oferind astfel stabilitate întregii construcții.

Pentru a realiza lucrările de fundații în condiții de siguranță este important să fie gestionate în mod corespunzător și problemele conexe (pe lângă caracteristicile solului și modalitățile de evacuare a apelor subterane în vederea executării unor săpături în condiții de siguranță).

Dorința și ambiția de a realiza clădiri cât mai înalte conduce la necesitatea de a adopta tehnologii noi tot mai complexe, de a utiliza materiale performante, dar și forță de muncă înalt calificată.

Optimizarea soluțiilor de fundare conduce la proiecte executate cu consumuri minime de materiale și tehnologie, dar care asigură în același timp rezistența și siguranța în exploatare.

Bibliografie

Capitolul 1

Adam R., „How to Build Skyscrapers”, City Journal, September 2018

Beadle L., „Tall Buildings and Urban Habitat”, CRC Press, 2001

Capitolul 2

Stefanescu G., „Construcții de clădiri”, VOL.2, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1962

Tologea S., Pop Simion – „Execuția lucrărilor de construcții” – Indrumar Volumul I, Editura Tehnică București, 1987

Capitolul 3

Indicativ NP 122/2010 – „Normativ privind determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici”

Standard SR EN ISO 22476-1: 2009 – „Cercetări și încercări geotehnice. Încercări pe teren. Partea 1: Încercare de penetrare statică cu con electric și piezocon”

Capitolul 4

Normativ NP 134/2014 – „Normativ privind proiectarea geotehnică a lucrărilor de epuizmente”

Raileanu P., Boți N., Stanciu A. – „Geologie, geotehnică și fundații – Elemente de geologie și fizică a pământului”, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, 1986

Capitolul 5

Normativ privind proiectarea lucrărilor de susținere – Redactarea I, Universitatea Tehnică de Construcții București, 2008

Standard SR EN 13331-1:2004 – „Sisteme pentru sprijinirea șanțurilor. Partea 1: Specificații de produs”

Capitolul 6

Boțu N., Mușat V., Colț O.E., Aniculăesi M., „Fundații”, vol.I. Editura Societății Academice Matei-Teiu Botez, 2015

Ghid GE 029-1997 – „Ghid practic privind tehnologia de execuție a piloților pentru fundații”

Capitolul 7

Normativ NP 040-2002 – „Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea hidroizolațiilor la clădiri”

<http://voltex.ro/>

Capitolul 8

Normativ P 118/2-2013 – „Normativ privind securitatea la incendiu a construcțiilor”

Standard SR EN 1993-5:2007 Eurocod 3 – „Proiectarea structurilor de oțel. Partea 5: Piloți și palplanșe”

Capitolul 9

Indicativ PD 177-2001 – „Normativul pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide”

SR 10144/3-91– „Străzi, elemente geometrice”

Capitolul 10

STAS 2745-90 – „Urmărirea tasărilor construcțiilor prin metode topografice”

Indicativ ST 016-1997 – „Specificație tehnică. Criterii și metode pentru determinarea prin măsurători a tasării construcțiilor”