



Regarding Hardware and Software”, w Intern. Symp. Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE), Proceedings BB 85-CD, Berlin, 2003, Available: <http://www.ndt.net/article/ndtce03/papers/v042/v042.htm>

[18] Wiggenhauser H., „Advanced NDT methods for the assessment of concrete structures”, Concrete Repair, Rehabilitation and Refitting II – Alexander et al. (eds), 2009

[19] Sansalone M., Lin J.-M., Streett W. B., „Determining the Depth of Surface-Opening Cracks Using Impact-Generated Stress Waves and Time-of-Flight Techniques”, ACI Materials Journal 1989, tom 95, nr 2, pp. 168–177

[20] Impact-Echo Instruments, 2012 10 18. [Online] Available: <http://www.impact-echo.com/>

[21] Aktas C. B., „Determining the thickness of concrete pavements using impact-echo test method”, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 2007

[22] Breyse D., Non-Destructive Assessment of Concrete Structures: Reliability and Limits of Single and Combined Techniques: State-Of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 207-INR, 2012

[23] A. Garbacz, „Evaluation of industrial floor quality with impact-echo”, Theoretical Foundation of Civil Engineering, Polish-Lithuanian Transactions 2008, tom 16, pp. 413–420,

[24] Cheng C., Sansalone M., „The effects of steel bars and cracking around bars on impact-echo signals”, ACI Materials J. 1993, tom 90, pp. 421–434,

[25] Liang M., Su P., „Detection of the corrosion damage of rebar in concrete using impact-echo method”, Cement and Concrete Research, pp. 1427–1436, 2001

[26] Krause M., Barmann M., Frielinghaus R., Kretzchmar F., Kroggel O., Langenberg K., Maierhofer C., Muller W., Neisecke J.,

Schickert M., Schmitz V., Wiggenhauser H., Wollbold F., „Comparison of pulse-echo methods for testing concrete”, NDT&E International 1997, tom 30, nr 4, pp. 135–204

[27] Ohtsu M., Alver N., „Development of non-contact SIBIE procedure for identifying ungrouted tendon duct”, NDT & E International 2009, tom 42, nr 2, pp. 120–127

[28] Lee H.-K., Yim H., Lee K.-M., „Velocity-Strength Relationship of Concrete by Impact-Echo Method”, ACI Materials Journal 2003, tom 100, nr 1, pp. 49–54

[29] Hager I., „Behaviour of cement concrete at high temperature”, Bulletin of The Polish Academy of Sciences, 2013 (in press)

[30] ASTM C1383-04, „Standard test method for measuring the p-wave speed and the thickness of concrete plates using the impact-echo method”, ASTM International, West Conshohocken, USA

# Zastosowanie technologii przetwarzania w chmurze obliczeniowej w procesie realizacji inwestycji budowlanych

Dr inż. Paweł Kossakowski, Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Betonowych, Politechnika Świętokrzyska, Kielce

## 1. Wprowadzenie

W okresie ostatnich kilkunastu lat proces budowlany w naszym kraju uległ przemianie, która jest szczególnie zauważalna w odniesieniu do realizacji dużych inwestycji. Obarczone one zostały szeregiem rygorystycznych przepisów i wymagań, które w naturalny sposób wymusiły stosowanie określonych rozwiązań. Zmiany te dotyczą zarówno etapu projektowania, wykonawstwa jak i późniejszego użytkowania. Wystarczy wspomnieć choćby normy Eurokod wprowadzające cały szereg bardzo szczegółowych wymagań i wytycznych, co skutkuje koniecznością wprowadzania systemów zarządzania produkcją i jakością, a także wymusza optymalizację szeregu etapów inwestycji.

Jedną z ważniejszych technologii, która w naturalny sposób weszła do budownictwa jest cyfryzacja komputero- wa, umożliwiająca automatyzację w zasadzie wszystkich jego obszarów, w tym szczególnie wszystkich faz projektowania. Komputery, które na budowach były sprzętami

egzotycznymi, są obecnie tak powszechnym narzędziem pracy używanym w wykonawstwie jak maszyny budowlane czy instrumenty geodezyjne. Są one używane zarówno przez dyrektora kontraktu, inżyniera czy kierownika budowy, ale również przez kierownika robót czy nawet majstra. Należy również zwrócić uwagę na błyskawiczny rozwój urządzeń mobilnych, jaki odbywa się w ostatnich latach na świecie, gdzie każdego miesiąca na rynek wprowadzany jest coraz to bardziej wyrafinowany sprzęt i usługi. W niedalekiej przyszłości można spodziewać się powszechnego użytkowania i stosowania na budowach urządzeń takich jak tablety czy smartfony, które już w chwili obecnej są wyposażone np. w oprogramowanie wspomagające projektowanie.

W odniesieniu do możliwości zastosowania technologii informatycznych w trakcie procesu realizacji inwestycji budowlanych dwa zagadnienia są kluczowe. Jest to przyspieszenie i optymalizacja procesu projektowego w zakresie analiz obliczeniowych oraz wykonywania dokumentacji technicznej oraz dostęp do danych i ich



koordynacja na każdym etapie przez wszystkich uczestników procesu budowlanego. Oczywiście nowoczesne technologie informatyczne są wdrażane również w innych obszarach, w tym np. w logistyce inwestycji.

Rozwiązania w zakresie wspomagania komputerowego inwestycji budowlanych są rozmaite, a jedną z aktualnie wdrażanych koncepcji jest praca na jednym, skoordynowanym modelu realizowanego obiektu budowlanego w oparciu o system BIM, będącego skrótem od anglojęzycznego terminu *Building Information Modeling*, oznaczającego Modelowanie Informacji o Budynku.

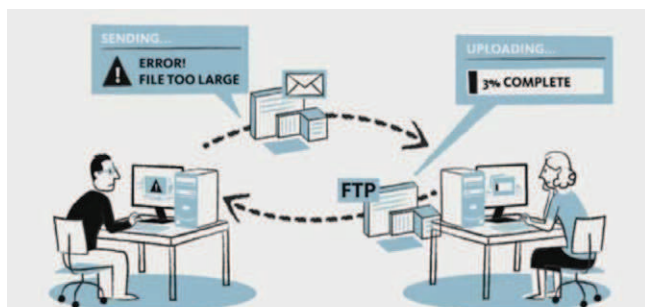
Ale najnowszym podejściem, wprowadzonym do użytku całkiem niedawno, jest praca w chmurze obliczeniowej, która jest sprzężona z systemami wspomagającymi projektowanie i realizację inwestycji budowlanych, w postaci rozmaitych usług i modeli użytkowych, co omówiono w artykule.

## 2. Zasada działania chmury obliczeniowej

Zanim przejdziemy do szczegółowego omówienia idei chmury obliczeniowej i możliwości jej wykorzystania w procesie budowlanym, zastanówmy się z jakimi problemami często boryka się zarówno pojedynczy inżynier jak i cały zespół realizujący daną inwestycję.

Tradycyjnie zorganizowane przedsiębiorstwo budowlane wykorzystuje obecnie cały szereg urządzeń oraz programów komputerowych, które pozwalają na przyspieszenie realizacji poszczególnych zadań jak również ich optymalizację. Narzędziem, które diametralnie przyspieszyło przepływ informacji jest niewątpliwie globalna sieć komputerowa, czyli Internet, który w zasadzie zrewolucjonizował i zdominował nasze życie, zarówno prywatne jak i zawodowe.

Przesył informacji jaki się odbywa w obrębie pojedynczego przedsiębiorstwa jest często oparty na wewnętrznej sieci komputerowej, która za pomocą rozmaitych narzędzi umożliwia transfer danych pomiędzy poszczególnymi komputerami, a także wykorzystanie ich mocy obliczeniowej. Jednakże ograniczenia sprzętowe jak i przepustowość używanych aktualnie protokołów powoduje, że przesył danych może być utrudniony, a w pewnych sytuacjach nawet niemożliwy, co przykładowo pokazano na rysunku 1.



**Rys. 1.** Tradycyjna wymiana danych za pomocą wewnętrznej sieci komputerowej w przedsiębiorstwie [1]

Istotnym problemem napotykanym okresowo jest również konieczność modernizacji sprzętu komputerowego z uwagi na coraz wyższe wymagania stawiane przez oprogramowanie. Stąd konieczność poszukiwania innych możliwości i sposobów na przetwarzanie ogromnej masy informacji zawartych w coraz to większych plikach roboczych.

Pierwszym pomysłem, realizowanym zresztą już całkiem dawno, bo kilkadziesiąt lat temu, było wykorzystanie tzw. superkomputerów, zlokalizowanych w specjalistycznych centrach obliczeniowych i jednostkach naukowych, które dokonywały obliczeń z nieporównywalnie wyższą prędkością w stosunku do używanych wtedy jednostek przez pojedynczych użytkowników.

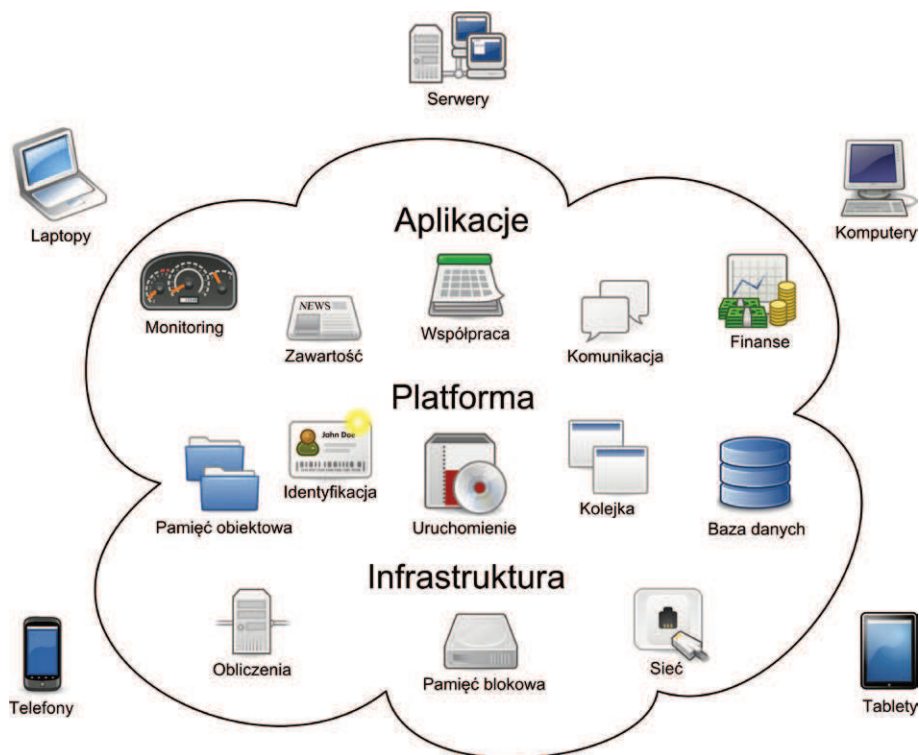
Analogicznym w pewnym zakresie pomysłem jest sprzężenie wielu jednostek obliczeniowych i udostępnienie ich do użytku. Możliwości wykorzystania takiego zespołu komputerów wykraczają daleko poza przeprowadzenie jednostkowych i okazjonalnych obliczeń. Można nawet zaryzykować twierdzenie, że możliwości te są wręcz nieograniczone i w przyszłości wykrócą poza ramy normalnego wykorzystania komputerów, z jakim mamy dziś do czynienia. I tutaj dochodzimy do pojęcia chmury obliczeniowej, która w ogólny sposób została właśnie opisana. Według definicji podanej w [2], chmura obliczeniowa to model umożliwiający powszechny i wygodny dostęp do współdzielonej puli konfigurowalnych zasobów obliczeniowych takich jak sieci, serwery, przestrzeń dyskowa, aplikacje i usługi, które są oferowane użytkownikowi na żądanie za pośrednictwem sieci komputerowej. System ten jest dostarczany usługobiorcy w sposób szybki przy zminimalizowaniu nakładów związanych z zarządzaniem i serwisowaniem ze strony usługodawcy. Schemat chmury obliczeniowej pokazano na rysunku 2.

Z technicznego punktu widzenia, przetwarzanie w chmurze oparte jest, na połączeniu dwóch technologii, *Grid Computingu* i *Utility Computingu*.

Termin „chmura obliczeniowa” pochodzi od angielskiego określenia *Cloud Computing* i w obecnym znaczeniu po raz pierwszy został użyty przez Gilleta i Kapora w 1996 roku w czasie warsztatów jakie zorganizowano w Kennedy School of Government na Uniwersytecie Harvarda w USA. Określenie to pojawiło się w opublikowanym później artykule [4]. Oryginalny schemat, w którym Gillet i Kapor użyli terminu *Cloud* pokazano na rysunku 3. Pierwszą natomiast instancję chmury obliczeniowej stworzyła firma Amazon w roku 2007.

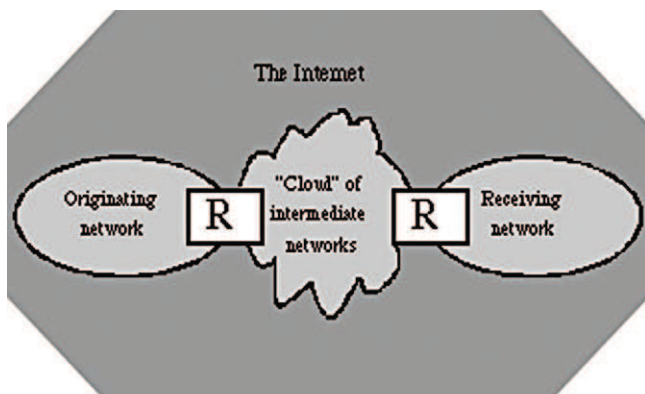
Należy również zaznaczyć, że pojęcie chmury obliczeniowej jest terminem dość elastycznym i w zasadzie oznacza proces przetwarzania, który odbywa się na zewnątrz firewalla. Tak szeroko rozumiana chmura obliczeniowa może obejmować nawet klasyczny outsourcing, którego koncepcję biznesową określił Henry Ford już w roku 1923!

Podstawową cechą chmury obliczeniowej jest jej funkcjonalność, przekładająca się na szeroki zakres oferowanych usług, które obejmują zarówno dostęp do oprogra-



**Rys. 2.**  
Schemat działania  
chmury obliczeniowej  
(na podstawie [3])

mowania, jak i niezbędnej infrastruktury. Dla użytkownika istotny jest fakt, że dzięki korzystaniu z zasobów oferowanych w chmurze, automatycznie nie ponosi on kosztów związanych z licencjonowaniem i aktualizacją użytkowanego oprogramowania, administracją i serwisem systemów, a nawet kosztów sprzętu komputerowego. Infrastruktura chmury obliczeniowej jest po stronie usługodawcy, a co za tym idzie, on ponosi jej koszty. Co więcej, tak naprawdę gros użytkowników nie ma pojęcia jakie aplikacje i systemy są niezbędne i wykorzystywane do dostarczenia danej usługi. Niewiadome jest także, gdzie fizycznie zlokalizowana jest infrastruktura chmury obliczeniowej. Dlatego też chmura obliczeniowa jest utożsamiana z wirtualizacją procesu dostarczania oferowanych usług, stającą się jedną z jej podstawowych cech. Tak naprawdę użytkownik ma kontakt z usługodawcą i jedyne co go interesuje, to zakres i jakość oferowanych usług oraz ich koszt.



**Rys. 3.** Oryginalny schemat, na którym po raz pierwszy użyto terminu Cloud [4]

Jak już wspomniano, jednym z pierwszych rozwiązań opartych na chmurze obliczeniowej, która jeszcze nie była zdefiniowana w ten sposób, było przeprowadzanie obliczeń na maszynach zdalnych. Obecnie szereg usług, z których korzystamy codziennie, odbywa się właśnie w chmurze, często zupełnie bez naszej świadomości. Wystarczy tu choćby wspomnieć korzystanie z poczty elektronicznej e-mail, internetowych komunikatorów, serwisów społecznościowych czy dysków wirtualnych. Tematyka dotycząca przetwarzania w chmurze obliczeniowej jest podejmowana przez wielu autorów, czego efektem są publikacje książkowe [np. 5–7], a także specjalistyczne blogi [np. 8, 9].

### 3. Charakterystyka i podstawowe modele chmury obliczeniowej

Chmura obliczeniowa w obecnej formie to wytwór bardzo młody, który wciąż dynamicznie ewoluuje. Jednak istnieje szereg cech wspólnych dla wszystkich jej typów. Podając za [2] podstawowe charakterystyki chmury obliczeniowej to:

- **dostęp na żądanie i samoobsługa** (ang. *On-demand Service*): użytkownik ma zapewniony automatyczny dostęp na żądanie do zasobów obliczeniowych chmury, bez potrzeby ingerencji osób ze strony usługodawcy,
- **szeroki dostęp sieciowy** (ang. *Broad Network Access*): zasoby chmury są udostępniane w sieci, a klient może z nich korzystać za pośrednictwem standardowych urządzeń takich jak komputery, stacje robocze, laptopy, tablety, czy telefony komórkowe,
- **pula zasobów** (ang. *Resource Pooling*): zasoby komputerowe usługodawcy są sumowane w pulę, aby jak naj-





efektywniej obsługiwać wielu użytkowników; zasoby te są dynamicznie przypisywane i rozdzielane poszczególnym konsumentom z uwzględnieniem aktualnego popytu,

- **szybka elastyczność** (ang. *Rapid Elasticity*): możliwości chmury są udostępniane elastycznie, a w pewnych przypadkach automatycznie; skalowanie odbywa się na zewnątrz i wewnątrz chmury, współmiernie do zapotrzebowania, dzięki czemu zasoby chmury często wydają się być nieograniczone i można z nich korzystać w dowolnej ilości, w dowolnym momencie.

- **mierzalność usług** (ang. *Measured Service*): systemy oparte na chmurze obliczeniowej automatycznie kontrolują i optymalizują użytkowanie zasobów przez wykorzystywanie możliwości ich mierzenia na pewnym poziomie abstrakcji, w zależności od typu usługi (np. pamięć masowa, przetwarzanie, przepustowość oraz aktywne konta użytkowników); korzystanie z zasobów może być monitorowane, kontrolowane i analizowane, zapewniając przejrzystość, zarówno dla dostawców jak i konsumentów usług; w efekcie możliwe jest precyzyjne wycenianie kosztów korzystania z poszczególnych usług, np. na podstawie czasu ich użytkowania czy ilości przesyłanych danych, co jest niezmiernie istotne z punktu widzenia klienta.

Kolejnym elementem charakteryzującym chmurę obliczeniową jest model, za pomocą którego jest ona wdrażana. Wyróżnia się cztery podstawowe modele wdrożeniowe chmur obliczeniowych:

- **chmura prywatna** (ang. *Private Cloud*) – odbiorcą usług jest firma, będąca jednocześnie ich autonomicznym dostawcą,

- **chmura publiczna** (ang. *Public Cloud*) – usługi są oferowane w całości przez zewnętrznego dostawcę,

- **chmura wspólnotowa** (ang. *Community Cloud*) – charakteryzuje się współdzieleniem infrastruktury przez kilka organizacji, o podobnych cechach, obszarach zainteresowań i charakterystyce, tworzących tym samym wspólnotę,

- **chmura hybrydowa** (ang. *Hybrid Cloud*) – to rozwiązanie będące kompilacją wymienionych wyżej modeli.

Kolejnym wyróżnikiem chmur obliczeniowych jest ich funkcjonalność i konfiguracja. Najważniejsze modele usługowe chmur obliczeniowych, które pokazano schematycznie na rysunku 4, to:

- **kolokacja** – usługa związana z poniesieniem kosztów wynajęcia serwerowni (pomieszczenie, energia elektryczna, klimatyzacja i dostęp do Internetu), podczas gdy koszty jej wyposażenia (sprzęt komputerowy, system operacyjny, aplikacje i oprogramowanie) ponosi firma korzystająca z usługi,

- **IaaS** (ang. *Infrastructure as a Service* – infrastruktura jako usługa) – klient ponosi koszty dostarczenia przez usługodawcę infrastruktury informatycznej w zakresie sprzętu komputerowego, na którym może instalować dowolne oprogramowanie zawierające zarówno aplikacje jak i systemy operacyjne, dostarczane przez usługodawcę bądź będące własnością klienta.

- **PaaS** (ang. *Platform as a Service* – platforma jako usługa) – w tej formie usługi klient otrzymuje gotowy komplet aplikacji skonfigurowanych i skompilowanych do jego wyspecyfikowanych preferencji znajdujących się na serwerach usługodawcy, w postaci dostępu do interfejsu będącego najczęściej jednolitym środowiskiem pracy, który może być obsługiwany np. przez przeglądarkę internetową,

- **SaaS** (ang. *Software as a Service* – oprogramowanie jako usługa) – usługa polegająca na dostępie do wyspecyfikowanych aplikacji, które niekoniecznie muszą być połączone jednolitym interfejsem; klienta nie interesuje ani sprzęt, ani środowisko pracy, gdyż są one dostarczane przez usługodawcę,

- **S+S** (ang. *Software + Service* – oprogramowanie i usługa) – usługa stanowiąca połączenie dostępu do oprogramowania i usług, które w zależności od konieczności i efektywności mogą być używane zarówno na komputerach klienta jak i serwerach usługodawcy.



**Rys. 4.** Podstawowe modele usługowe chmur obliczeniowych [8]

W zależności od danego modelu usługowego, klient zarządza zasobami chmury obliczeniowej w różnym zakresie i na różnym poziomie.

Jak widać, opracowano wiele modeli chmury obliczeniowej, umożliwiających w dość szerokim zakresie dostosowanie się do potrzeb klienta, tak aby uzyskać jak największą efektywność przy jednoczesnym zminimalizowaniu kosztów.

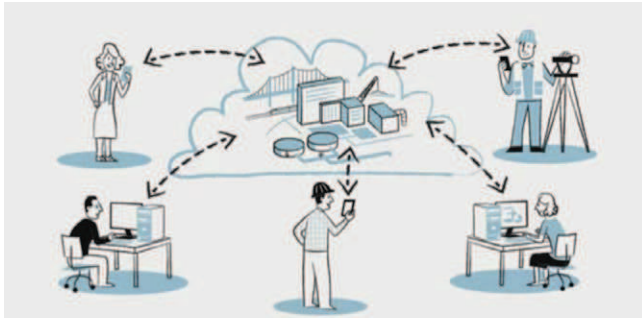
Analizując aktualne trendy, należy spodziewać się coraz większej wirtualizacji oferowanych usług informatycznych, która od pewnego czasu odbywa się na naszych oczach. W niedalekiej przyszłości niewykluczone jest, że duża część oprogramowania wraz z systemami operacyjnymi będzie znajdować się w chmurze, a użytkownik wyposażony będzie jedynie w „cienki klient”, za pomocą którego będzie się z nim łączył przez Internet i korzystał z konkretnych aplikacji i usług.

#### 4. Wykorzystanie przetwarzania w chmurze w procesie realizacji inwestycji budowlanych

Potencjał chmury obliczeniowej został już dawno dostrzeżony przez wiele firm i szereg usług udostępnia-



nych przez Internet jest właśnie na niej opartych. Jednym z podstawowych czynników przemawiających za wykorzystaniem chmury obliczeniowej w działalności komercyjnej jest znacząca redukcja kosztów notowana w firmach, które zdecydowały się na użytkowanie tej usługi. Warto w tym miejscu przywołać stanowisko Unii Europejskiej, która zauważyła potencjał chmury obliczeniowej jako elementu, który stwarza warunki do podniesienia konkurencyjności całego regionu europejskiego w konfrontacji z firmami z USA i Dalekiego Wschodu.



**Rys. 5.** Organizacja procesu budowlanego i dostępu do danych oparta na wykorzystaniu chmury obliczeniowej [1]

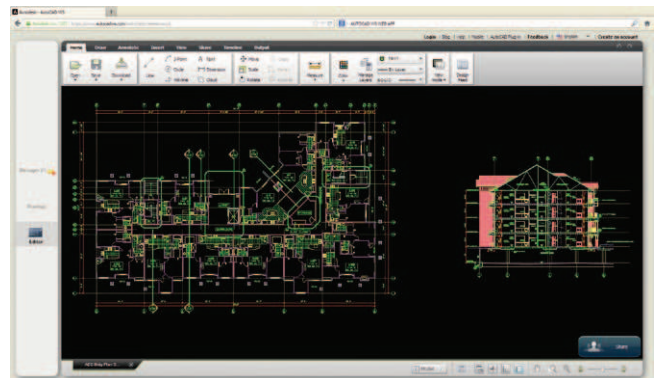
Możliwości zastosowania chmury obliczeniowej w branży budowlanej są szerokie z uwagi na coraz szybszy rozwój technologii informatycznych, a w szczególności zwiększanie prędkości i przepustowości łączy internetowych oraz rozwój internetu mobilnego. W niedługim czasie należy spodziewać się, że w firmach prowadzących duże inwestycje ich realizacja może być oparta na przetwarzaniu w chmurze, która jednocześnie stanie się podstawową przestrzenią, w której pracować będą wszyscy uczestnicy procesu budowlanego.

Wykorzystanie chmury w trakcie realizacji inwestycji budowlanych jest szerokie i może obejmować w zasadzie wszystkie etapy, od wczesnych prac koncepcyjnych, przez proces projektowania wielobranżowego, aż do fizycznego wykonywania obiektu budowlanego. W tym zakresie szereg pojedynczych czynności i faz może być opartych właśnie na przetwarzaniu w chmurze obliczeniowej.

Podstawową możliwością na jaką pozwala praca w chmurze obliczeniowej jest dostęp do danych przez wszystkich uprawnionych użytkowników, na każdym etapie inwestycji, co schematycznie pokazano na rysunku 5.

Danymi tymi mogą być podstawowe informacje o inwestycji, dane szczegółowe związane z kosztami, harmonogramami prac i dostaw, czy wreszcie sparymetryzowane modele projektowe obiektów, umożliwiające np. zapoznanie się z ich szczegółami architektonicznymi czy konstrukcją i instalacjami. Najprostszym przykładem pracy w chmurze obliczeniowej jest zapisanie dokumentacji projektowej na dysku sieciowym (wirtualnym) i udostępnienie jej uprawnionym użytkownikom za pośrednictwem Internetu.

Ale praca z danymi, które egzystują w przestrzeni wirtualnej to najprostszy i najbardziej obecnie chyba dostępny sposób wykorzystania potencjału chmury obliczeniowej. Dalszym krokiem w kierunku wirtualizacji procesu budowlanego jest przeniesienie do chmury nie tylko danych, ale również aplikacji komputerowych. Przykładem na to niech będzie znany dobrze od kilku już chyba pokoleń podstawowy program wspomagający projektowanie, a mianowicie AutoCAD. Aplikacja ta najczęściej jest instalowana lokalnie na komputerach użytkowników i wykorzystywana przez nich indywidualnie. Analogicznie do danych znajdujących się w przestrzeni wirtualnej, również wersja programu AutoCAD WS pracuje w chmurze, a dostęp do niej jest możliwy przez przeglądarkę internetową, tak jak to pokazano na rysunku 6.



**Rys. 6.** Aplikacja AutoCAD WS dostępna przez Internet [10]

Co ciekawe aplikacja ta jest również dostępna w urządzeniach mobilnych takich jak tablety czy nawet smartfony oparte na systemach operacyjnych iOS lub Android. Rozwinięciem projektu, w ramach którego opracowano usługę AutoCAD WS jest najnowszy zestaw aplikacji AutoCAD 360, które są obecnie dynamicznie wdrażane do użytku.

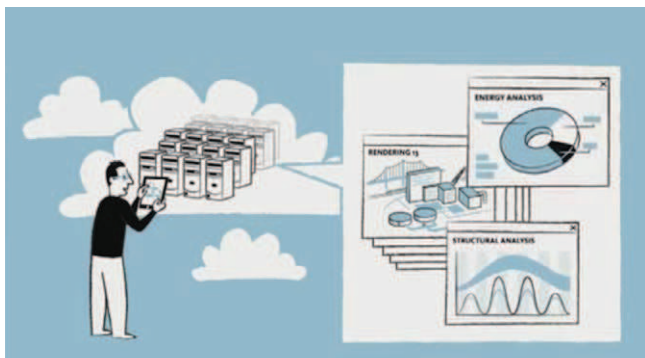
Ciekawym rozwiązaniem w zakresie udostępniania modeli projektowych, które jest rozwijane przez firmę Autodesk, jest aplikacja pod nazwą Autodesk Glue. Jak podaje producent, oprogramowanie to umożliwi wszystkim uczestnikom procesu związanego z projektem jak i realizacją obiektu budowlanego, generację widma modelu 3D obejmującego daną branżę. Model ten jest spięty z modelem centralnym i dostępny jest w chmurze dla zarejestrowanych użytkowników. Mają oni możliwość na bieżąco zapoznawać się z postępem prac zachodzących w odniesieniu do modelu całego przedsięwzięcia. Dzięki temu możliwe jest dokonywanie aktualizacji oraz poprawek w poszczególnych branżach i ich koordynacja, a także co szczególnie przydatne, wykrywanie kolizji.

Kolejnym udogodnieniem pracy w chmurze jest możliwość przeprowadzania skomplikowanych analiz wymagających posiadania sprzętu komputerowego o wysokiej wydajności i szybkości. Jak już wspomniano, kilkadzie-



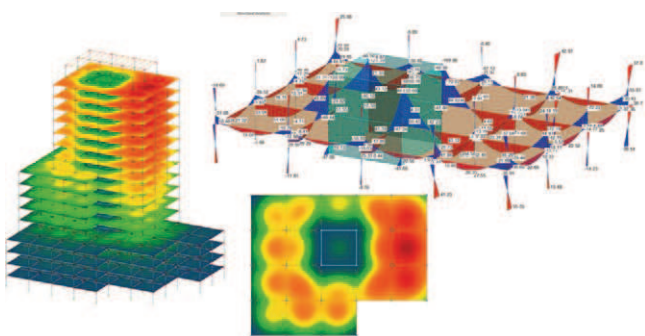


siąt lat temu operacje numeryczne wymagające znacznej mocy obliczeniowej były wykonywane na superkomputerach i analogicznie do tego rozwiązania, obecnie szereg procesów jest wykonywanych w chmurze obliczeniowej. Dotyczy to głównie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, wizualizacji czy analiz energetycznych. Model obliczeniowy opracowywany jest lokalnie na komputerze użytkownika, a proces wymagający wykonania wysokiej liczby operacji zmiennoprzecinkowych przenoszony jest do chmury obliczeniowej i wykonywany przez komputery w niej pracujące (rys. 7).



Rys. 7. Obliczenia w przestrzeni chmury obliczeniowej [1]

Zaletą takiego rozwiązania jest przede wszystkim fakt, że komputer użytkownika nie musi być supermaszyną, a jedynie powinien umożliwić przygotowanie modelu, który później jest analizowany w chmurze, która zapewnia wymaganą moc obliczeniową. Przykładem aplikacji, w której obliczenia mogą być realizowane w chmurze, jest program *Autodesk Revit Structure* (rys. 8), umożliwiający przeniesienie procesu obliczeniowego do przestrzeni wirtualnej.



Rys. 8. Przykład obliczeń przeprowadzonych w programie *Autodesk Revit Structure* odbywających się w przestrzeni chmury obliczeniowej [1]

Wreszcie wysoka wydajność chmury obliczeniowej może być nad wyraz pomocna w renderingu, czyli procesie przygotowania fotorealistycznych wizualizacji, który jak wiadomo wymaga znacznej mocy obliczeniowej komputerów i nierzadko zajmuje kilkadziesiąt godzin pracy. Dzięki przeniesieniu obliczeń do chmury, której moc ob-

liczeniowa jest nieporównywalnie wyższa od najmocniejszych dostępnych na rynku komputerów, czas potrzebny na wykonanie wizualizacji może się skrócić nawet od kilkunastu minut!

## 5. Podsumowanie

Wirtualizacja wielu czynności i procesów, wielokrotnie przewidywana i opisywana w literaturze science-fiction ubiegłego wieku, staje się obecnie faktem i stałym elementem naszego codziennego życia. W zawrotnym tempie obejmuje ona coraz to nowe obszary działalności człowieka, zarówno w strefie jego aktywności zawodowej jak i życia prywatnego. Wielokrotnie korzystając z zasobów oraz narzędzi jakie daje Internet nie zdajemy sobie sprawy tak naprawdę ze schematów i zasad jego działania. Nowe idee materializują się w postaci narzędzi użytkowych, które stwarzają możliwości o jakich wiele lat temu nawet nie śniło się wielu inżynierom czy nawet naukowcom. Praca w chmurze obliczeniowej jest jednym z takich nowatorskich podejść, które jest dynamicznie wprowadzane do wielu dziedzin działalności człowieka. Nas jako inżynierów budowlanych powinno szczególnie interesować zastosowanie przetwarzania w chmurze jako narzędzia, które stwarza nowe możliwości w trakcie realizacji inwestycji. Wydaje się, że kierunek jest już wyznaczony i kwestią niedalekiej przyszłości będzie powszechnienie możliwości jakie stwarza ta technologia oraz dostosowanie aplikacji umożliwiających jej wykorzystanie. Być może momentem kluczowym będzie chwila, kiedy to znacząca część danych dotyczących inwestycji znajdować będzie się w chmurze obliczeniowej, będącej podstawową przestrzenią, w której będą pracować wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Materiały promocyjne firmy Autodesk, <http://www.autodesk.com>
- [2] Mell P., Grance T., The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 800-145. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg 2011
- [3] Wikipedia.pl
- [4] Gillett S. H., Kapor M., The Self-governing Internet: Coordination by design. Presented at Coordination and Administration of the Internet Workshop at Kennedy School of Government, Harvard University, Boston, September 8–10, 1996. Opublikowany w: Coordination of the Internet, edited by Brian Kahin and James Keller, MIT Press, 1997. Dostęp do artykułu: <http://ccs.mit.edu/papers/CCSWP197/CCSWP197.html>
- [5] Rosenberg J., Mateos A., Chmura obliczeniowa. Rozwiązania dla biznesu. Helion, Gliwice 2011
- [6] Łapiński K., Wyżnikiewicz B., Cloud computing – wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstw i gospodarkę Polski. Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Warszawa 2011
- [7] Szmit P., Cloud computing – historia, technologia, perspektywy. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2012
- [8] Kędzióra M., Co to jest chmura (Cloud Computing)? [http://blogs.technet.com/b/mkedzióra/archive/2010/05/08/co-jest-chmura-cloud-computing.aspx#\\_UXUjGTenxw0](http://blogs.technet.com/b/mkedzióra/archive/2010/05/08/co-jest-chmura-cloud-computing.aspx#_UXUjGTenxw0) [dostęp 22 kwietnia 2013]
- [9] Karpiniuk P., Chmury obliczeniowe. <http://blog.tiger.com.pl/chmury-obliczeniowe> [dostęp 22 kwietnia 2013]
- [10] <https://www.autocadws.com>