

# Slutrapport för Future Learn projektet *Utveckling av ett simulerings- och visualiseringsverktyg för flöde- och transportprocesser inom hydrologisk utbildning*

## – Visual PyFlow –

Andrew Frampton, Jerker Jarsjö, Steve Lyon  
Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet

2013-08-16

### Översikt

I det här projektet har ett simulerings- och visualiseringsverktyg för grundvattenflöde utvecklats ("Visual PyFlow"). Syftet är att det ska kunna användas som ett pedagogiskt stöd för undervisning inom kurser som berör hydrologi och hydrogeologi. De simuleringar som utförs är fysikaliskt-baserade numeriska beräkningar av grundvattenflöde och flödesvägar som representerar transport av föroreningar i grundvatten. Visualiseringsverktyget är ett interaktivt gränssnitt dels för att styra simuleringsalternativ och parametrar, samt för att grafiskt presentera numeriska beräkningsresultat av flöde och transport. Programmet och gränssnittet är utformat för att vara enkelt att använda och utan krav på särskild teknisk kompetens. Målsättningen är att användaren (studenter) snabbt och smidigt ska kunna använda verktyget för att studera och exemplifiera grundvattenflödesvägar i heterogena media, utan krav på tekniska färdigheter i t.ex. numerisk modellering eller annan teknisk programvara. Verktyget kan också användas för att bygga egna grundvattenmodeller och fungerar då som en virtuell labb-miljö för enkla grundvattenundersökningar. Verktyget kommer användas inom undervisningen som ett stöd för att bättre förstå teori och som ett komplement tillsammans med fält- och laborativa kursmoment.

Behovet av IKT-baserade hjälpmedel inom undervisning både på grund och avancerad nivå är stort inom hydrologi och hydrogeologi och pedagogiskt utformade simulerings- och visualiseringsverktyg saknas inom området. Simulerings- och visualiseringsverktyg har stor potential att stärka inlärningsprocessen och försök med sådana system i andra ämnesområden eller med andra tillämpningar finns publicerade (Davies 2002; Joolingen and Jong 2003; Dolliver and Bell 2006; Anderson 2008). Inom hydrogeologi finns flera numeriska modeller för grundvattenberäkningar men dessa saknar ett pedagogiskt synsätt och kan vara invecklade, tekniskt krävande eller avsedda för specifika kommersiella/industriella ändamål.

En särskild aspekt som simulerings- och visualiseringsverktyg kan uppfylla är återkoppling och feedback genom s.k. självreglerande lärandeaktiviteter (Nicol and Macfarlane-Dick, 2006; Nicol, 2007), som har genom empiriska studier visat kunna effektivisera studenters inläring (Pintrich, 1995; Boud, Cohen & Sampson, 1999). Simulerings- och visualiseringsverktyg kan också användas för att belysa s.k. problematisk kunskap (Perkins, 1999, 2007; Meyer and Land, 2003, 2005) och praktisk kunskapsöverföring (*ways of thinking and practising*) (McCune and Hounsell, 2005) som kan skilja sig åt mellan ämnesområden.

Hydrologiska system som innefattar grundvatten (s.k. akviferer) kan vara svåra att förstå, dels eftersom grundvattenflödet är förhållandevis osynligt då det sker under marken, och dels eftersom grundvattnets flödesvägar inte nödvändigtvis är intuitiva. Akviferer är för övrigt de mest betydelsefulla färskvattenresurser för många samhällen, både i Sverige och globalt, och att förstå hur dessa fungerar är därför väldigt viktigt ur ett utbildningsperspektiv.

Teorin för grundvattenflöde är väletablerad. Svårigheten i att tillämpa teori beror bl.a. på den extrema naturliga heterogenitet geologiska strukturer och därmed akviferer kan ha samt omfattande variationer i meteorologiska processer som t.ex. nederbörd. Topografi är en viktig styrande faktor för grundvattenflöde men markens och berggrundens beskaffenhet och dess stora variabilitet i vattengenomsläpplighetsförmåga är den främsta styrande faktorn för variationer i grundvattenflöde och associerade transportvägar. En effekt av detta är att det kan bli konceptuellt svårt att förstå grundvattenprocesser i olika temporala och rumsliga skalor, exempelvis i en akvifer där olika geologiska lager påverkar grundvattenflödet på olika sätt under långa tidsperioder. Analytiska lösningar kan enbart illustrera grundvattenflöde i väldigt enkla och högst hypotetiska system. Fält- och laborationsövningar, som ingår i utbildningsverksamheten, är viktiga moment men har också begränsningar, framförallt avseende förståelsen för och kopplingarna mellan hur flödesprocesser utvecklas under långa tidskalor och hur de utbreder sig rumsligt i landskapet. En konceptualisering för hur verkliga system fungerar kan därför bli svårt att uppnå och försvårar inlärningsprocessen. Här finns alltså ett behov av pedagogiska inlärningsverktyg som kan brygga teoretiska moment med labb- och fältbaserade moment.

Verktyget kan fungera som en virtuell labb- och fältmiljö där användaren (studenten) är aktiv och interagerar med simuleringen, samt för demonstrationer där användaren är mer eller mindre passiv och kan se hur ett scenario utspelar sig. Användaren kan alltså aktivt kontrollera och utföra simuleringar via det interaktiva gränssnittet genom att skapa simuleringsscenarioer och variera de primära fysikaliska parametrar som påverkar flödes- och transportprocesser (porositet och hydraulisk konduktivitet). Simuleringsuppsättningen samt resultaten, bl.a. flödes- och transportvägar, visualiseras grafiskt och interaktivt. Eftersom beräkningsmodellen är fysikaliskt baserad och löser grundvattenflödesekvationen ger detta en verklighetstrogen bild av grundvattenflödet med utgångspunkt från grundläggande teori. Därmed kan användaren konkret se hur olika antaganden, randvillkor och scenarion påverkar flödet. Det i sin tur bidrar till en tydligare förståelse för hur naturliga grundvattensystem och akviferer fungerar. Dessutom ger verktyget en ökad förståelse för hur man med hjälp av datormodeller kan beskriva och göra prognoser inom problem relaterade till vattenresurser, vilket är viktigt för tillämpningar sammanhang. Verktyget kan också användas för att exemplifiera grundvattensystem genom att öppna färdigutvecklade modeller och visualisera dessa, t.ex. för att demonstrera teori under en föreläsning.

### **Beskrivning av verktyget**

Visual PyFlow har utvecklats i Python som är ett mångsidigt programmeringsspråk som kan användas för bl.a. numeriska flödesberäkningar. Python är ett s.k. skript-språk, som innebär att koden (skriptet) inte behöver kompileras, men generellt krävs en Python installation på datorn där skriptet körs. En fördel med detta är att programmet kan användas oberoende av operativsystem (Windows, Mac, Linux, o.s.v.) förutsatt att en Python installation finns. En nackdel är att skriptprogram körs generellt långsammare än kompilerade program. Detta har dock inte varit av alltför stor betydelse eftersom verktyget kommer användas för relativt enkla två-dimensionella modeller.

Vidare är Python modulbaserat där det finns flera färdigutvecklade moduler för olika ändamål, t.ex. numeriska beräkningar, lösning av differentialekvationer, hantering av data, grafik- och fönsterhantering, m.m. Detta innebär att man kan använda sådana relevanta moduler för specifika ändamål som då minskar programutvecklingsbördan. Däremot kan det

ta tid för programutvecklaren att lära sig hur varje modul fungerar och bäst används och hur olika moduler kan sammanvävas till ett fungerande program.

Programmet består av två huvudkomponenter, dels det grafiska gränssnittet som användaren interagerar med för att skapa och visualisera en grundvattenmodell, och dels en numerisk beräkningsdel som utför själva simuleringsberäkningar och fungerar alltså som programmets motor. Det grafiska gränssnittet kommunicerar med beräkningskoden via en särskild datafil som innehåller både inputdata samt efter den numeriska beräkningen också består av output data, d.v.s. simuleringsresultat. Filen fungerar således som en fullständig beskrivning av användarens modell och färdiga scenarion kan alltså enkelt skapas och sparas via denna. Detta innebär att programmet kan användas både för enklare demonstrationsövningar, där användaren enkelt öppnar och kör en existerande modell, samt för mer avancerade övningar, där användaren själv får skapa egna modeller, t.ex. i samband med problemlösningsövningar el dyl.

Visual Pyflow finns tillgänglig på [https://bitbucket.org/Visual\\_PyFlow/visual-pyflow](https://bitbucket.org/Visual_PyFlow/visual-pyflow). Här går det att ladda ner programmet och användarmanual samt övningsscenarion. Programmet går att ladda hem både som en Windows exekverbar fil (*Downloads/Visual\_PyFlow.exe*) eller som ett Python-skript (*Source/*). Det sistnämnda kräver Python samt flera Python-moduler, se installationsinstruktioner på hemsidan (*Wiki/*). I dagsläget finns den första versionen av programmet som bör ses som en beta-version. Både programmet och dess källkod (skriptet) är öppet tillgängligt och kostnadsfritt att ladda ner. Det är också möjligt för de intresserade att göra ändringar och delta i vidareutveckling av koden. Här finns även en snabböversikt av programmet med illustrationer (skärm dumpar) och installationsinstruktioner. Användarmanual och en uppsättning färdiga modelleringsscenarion finns också tillgängliga på hemsidan (*Downloads/*).

Utöver projekthemsidan kommer information om verktyget att spridas via infomail främst inom Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi. En workshop där verktyget och dess användning demonstreras kommer att anordnas under hösten för intresserade lärare och doktorander. Vidare planeras ett konferensbidrag till European Geosciences Union (EGU) i april 2014. EGU är den största årliga europeiska sammankomsten för geovetenskaper och där särskilda sessioner för pedagogik och undervisning inom geovetenskaper anordnas.

Projektets resurser har använts för att täcka lönekostnader, främst för programutvecklingen där två doktorander (Benoit Dessirier och Romain Pannetier) på Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi har utfört programutvecklingsarbetet. Arbetat har handletts av huvudsökande (Andrew Frampton) i samråd med medsökande (Jerker Jarsjö, Steve Lyon). De största utmaningarna har varit i att utveckla det grafiska gränssnittet som var programmeringstekniskt krävande. Utvecklingsarbetet har pågått sedan hösten 2012 där doktoranderna har under perioder lagt ner heltid åt projektet. Kodutvecklingsprojekt är generellt pågående och kontinuerlig vidareutveckling krävs för att hålla ett program levande; framtida förbättringar kan komma att utföras under dess tillämpning och om nya behov uppstår.

## **Tillämpningar**

Visual PyFlow kommer under höstterminen 2013 användas i kursen Hydrologi och Hydrogeologi, 15hp (GE5022) och under vårterminen 2014 i kursen Naturgeografi och kvartärgeologi, 30hp (GE2011). Den planeras också att användas i kursen Geovetenskap med

miljötillämpningar, 7.5hp (GE2014). Dessa kurser ges årligen av Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi och avsikten är att använda verktyget återkommande år. Det är också dessa kurser som har det främsta behovet av verktyget och där verktyget kommer användas både interaktivt och för demonstrationer.

Kursen Hydrologi och Hydrogeologi (GE5022) ges på grundnivå men erbjuds också till studenter på avancerad (masters) nivå. Här ges en omfattande introduktion till grundvattenteori och -problematik, och verktyget kommer användas dels för att belysa teori men också i ett problembaserat sammanhang. Tillämpningen för att belysa teorin är planerat att ske enligt följande. Efter vissa teorigenomgångar kommer studenterna få besvara flersvarsfrågor i enkätform som belyser olika flödesscenarion för grundvattenflöde. Flera scenarion med olika svårighetsgrad och som belyser olika intuitiva och icke-intuitiva flödessituationer kommer presenteras. Studenterna kommer sedan få i uppgift att återskapa samma scenarier med programmet och själva utvärdera sina svar. Tanken är att detta ger en formativ feedback och återkoppling till teorin, exemplifierat genom grundvattenflödets beteende i olika heterogena media. Den problembaserade övningen kommer vara en del av ett större arbetsprojekt som studenter utför i kursen, där de med hjälp av verktyget kommer få i uppgift att försöka skapa en enkel grundvattenmodell av en existerande akvifer i Tyresöområdet med platspecifik data som finns tillgänglig från kommun och myndigheter, och där de med hjälp av modellen ska försöka uppskatta rimliga flödesvägar för transport av föroreningar.

Kurserna Geovetenskap med miljötillämpningar samt Naturgeografi och kvartärgeologi ges på grundnivå och här kommer verktyget främst att användas för att demonstrera olika grundvattenflödesscenarion. Enklare övningar kan också komma att ingå. Andra kurser där verktyget kan användas i olika omfattning eller med viss anpassning är följande kurser inom masterprogrammet för hydrologi, hydrogeologi och vattenresurser; Vattenresursers sårbarhet och resiliens – lokalt till globalt (GE7025), Informations- och modelleringsystem för mark- och vattenresurser (GE7006), samt Riskbedömnings- och förvaltningsmetoder för mark- och vattenresurser (GE8009). I dessa kurser kan verktyget komma att användas både i demonstrationssyfte och interaktivt i samband med övningar eller tillämpade problem. Verktyget och medföljande övningarna passar dessutom utmärkt för planerade framtida webb/distanskurser där hydrologi och hydrogeologi ingår som kursmoment. Det finns även potential att använda verktyget i angränsande områden där vattenfrågor är viktiga, vilket kan beröra andra institutioner, exempelvis Institutionen för tillämpad miljövetenskap och Institutionen för geologiska vetenskaper.

## **Sammanfattning**

Det här projektet har resulterat i utveckling av ett pedagogiskt simulerings- och visualiseringsverktyg för grundvattenflöde. Målsättningen är att den ska kunna användas som ett hjälpmedel och komplement till teoretisk och praktisk undervisning inom kurser som berör hydrologi och hydrogeologi. Verktyget finns öppet tillgänglig och förutom programmet ingår användarmanual och en serie tillämpningsövningar. Projektets målsättningar och den avsedda arbetsplanen är i stort sett uppfyllda. Verktyget kommer användas under kommande studietermi och i samband med detta kommer dess tillämpning att kunna utvärderas i skarpa undervisningssammanhang och med feedback från studenter.

## Referenser

- Anderson, T. "Towards a Theory of Online Learning." *Theory and Practice of Online Learning*, (2008): 45–74.
- Boud, D., R. Cohen, and J. Sampson. "Peer Learning and Assessment." *Assessment & Evaluation in Higher Education* 24, no. 4 (1999): 413–426.
- Davies, C. H. J. "Student Engagement with Simulations: a Case Study." *Computers & Education* 39, no. 3 (2002): 271–282.
- Dolliver, H. A. S., and J. C. Bell. "Using Scientific Visualization to Represent Soil Hydrology Dynamics." *Journal of Natural Resources & Life Sciences Education* 35, no. 1 (2006): 5–11.
- van Joolingen, W.R. and T. Jong. SimQuest, authoring educational simulations. In: *T. Murray, S. Blessing, S. Ainsworth: Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward cost-effective adaptive, interactive, and intelligent educational software*. (2003): 1-31. Kluwer.
- McCune, V., and D. Hounsell. "The Development of Students' Ways of Thinking and Practising in Three Final-year Biology Courses." *Higher Education* 49, no. 3 (2005): 255–289. doi:10.1007/s10734-004-6666-0.
- Meyer, J., and R. Land. "Threshold Concepts and Troublesome Knowledge: Linkages to Ways of Thinking And" (2003).
- Meyer, J., and R. Land. "Threshold Concepts and Troublesome Knowledge (2): Epistemological Considerations and a Conceptual Framework for Teaching and Learning." *Higher Education* 49, no. 3 (2005): 373–388. doi:10.1007/s10734-004-6779-5.
- Nicol, D. "Laying a Foundation for Lifelong Learning: Case Studies of E-assessment in Large 1st-year Classes." *British Journal of Educational Technology* 38, no. 4 (2007): 668–678. doi:10.1111/j.1467-8535.2006.00657.x.
- Nicol, D., and D. Macfarlane-Dick. "Formative Assessment and Self-regulated Learning: A Model and Seven Principles of Good Feedback Practice." *Studies in Higher Education* 31, no. 2 (2006): 199–218.
- Pintrich, P. R. "Understanding Self-regulated Learning." *New Directions for Teaching and Learning* 1995, no. 63 (1995): 3–12.
- Perkins, D. "The Many Faces of Constructivism." *Educational Leadership* 57, no. 3 (1999).
- Perkins, D. "Theories of Difficulty." In *Entwistle, N. & Tomlinson, P. (ed.) Student Learning and University Teaching*, 4:31–48. *British Journal of Educational Psychology* (2007). doi:10.1348/000709906X162442.

## Resurser

Visual Pyflow distribueras via [https://bitbucket.org/Visual\\_PyFlow/visual-pyflow](https://bitbucket.org/Visual_PyFlow/visual-pyflow)