

Ohjelmistotuotanto

Luento 6

10.11.

Testaus ketterissä menetelmissä

Testauksen automatisointi

Ketterien menetelmien testauskäytännöt

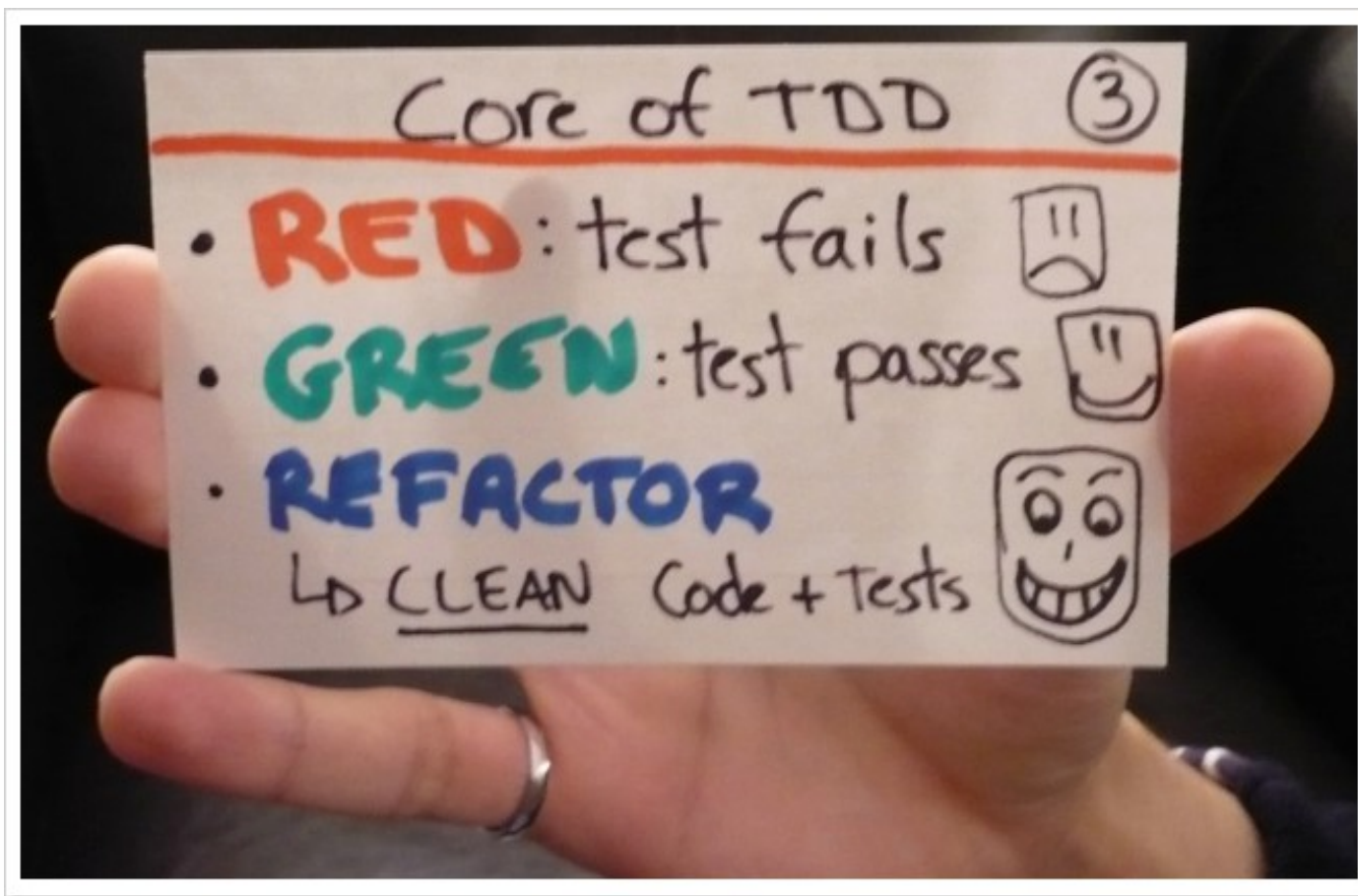
- Testauksen rooli ketterissä menetelmissä poikkeaa huomattavasti vesiputousmallisesta ohjelmistotuotannosta
- Iteraation/sprintin aikana toteutettavat ominaisuudet integroidaan muuhun koodiin ja testataan yksikkö-, integraatio- ja järjestelmätasolla
 - Sykli ominaisuuden määrittelystä siihen että se on valmis ja testattu on erittäin lyhyt, viikosta kuukauteen
- Testausta tehdään sprintin ”ensimmäisestä päivästä” lähtien, testaus ”integroitu” suunnitteluun ja toteutukseen
- Testauksen automatisointi erittäin tärkeässä roolissa, sillä testejä ajetaan usein
 - Regressiotestaus tärkeää
- Ideaalitilanteessa testaajia sijoitettu kehittäjätiimiin, ja myös ohjelmoijat kirjoittavat testejä
 - Testaajan rooli muuttuu virheiden etsijästä virheiden estäjään: testaaja auttaa tiimiä kirjoittamaan automatisoituja testejä, jotka pyrkivät estämään bugien pääsyn koodiin

Ketterien menetelmien testauskäytänteitä

- **Test driven development (TDD)**
 - Nimestään huolimatta kyseessä suunnittelu- ja toteutustason tekniikka
 - "sivutuotteena" syntyy kattava joukko automaattisesti suoritettavia testejä
- **Acceptance Test Driven Development / Behavior Driven Development**
 - Käyttäjätason vaatimusten tasolla tapahtuva "TDD"
- **Continuous Integration (CI)** suomeksi jatkuva integraatio
 - Perinteisen integraatio- ja integraatiotestausvaiheen korvaava työskentelytapa
- Kaikista edellisistä käytänteistä seurauksena suuri joukko eritasoisia (eli yksikkö-, integraatio-, järjestelmä-) automatisoituja testejä
- **Exploratory testing**, suomeksi tutkiva testaus
 - Järjestelmätestauksen tekniikka, jossa testaaminen tapahtuu ilman formaalia testisuunnitelmaa, testaaja luo lennossa uusia testejä edellisten testien antaman palautteen perusteella
- **Tuotannossa tapahtuva testaus**
 - Nouseva trendi on suorittaa uusien ominaisuuksien laadunhallintaa siinä vaiheessa kun osa oikeista käyttäjistä on jo ottanut ne käyttöönsä

Test driven development

- TDD on yksi XP:n käytänteistä, Kent Beckin lanseeraama
- Joskus TDD:ksi kutsutaan tapaa, jossa testit kirjoitetaan ennen koodin kirjoittamista
 - Tätä tekniikkaa parempi kuitenkin kutsua nimellä *test first programming*
- ”määritelmän mukainen” TDD etenee seuraavasti
 - 1) Kirjoitetaan sen verran testiä että testi ei mene läpi
 - Ei siis luoda heti kaikkia luokan testejä, edetään tekemällä ainoastaan yksi testi kerrallaan
 - 2) Kirjoitetaan koodia sen verran, että testi saadaan menemään läpi
 - Ei heti yritetäkään kirjoittaa ”lopullista” koodia
 - 3) Jos huomataan koodin rakenteen menneen huonoksi (copypastea koodissa, liian pitkiä metodeja, ...) *refaktoroidaan* koodin rakenne paremmaksi
 - Refaktoroinnilla tarkoitetaan koodin sisäisen rakenteen muuttamista sen rajapinnan ja toiminnallisuuden säilyessä muuttumattomana
 - 4) Jatketaan askeleesta 1



- TDD:llä ohjelmoitaessa toteutettavaa komponenttia ei yleensä ole tapana suunnitella tyhjentävästi etukäteen
- Testit kirjoitetaan ensisijaisesti ajatellen komponentin käyttäjää
 - huomio on komponentin rajapinnassa ja rajapinnan helppokäyttöisyydessä, ei niinkään komponentin sisäisessä toteutuksessa
- Komponentin sisäinen rakenne muotoutuu refaktorointien kautta

TDD

- TDD:ssä perinteisen suunnittelu-toteutus-testaus -syklin voi ajatella kääntyneen täysin päinvastaiseen järjestykseen, tarkka oliosuunnittelu tapahtuu vasta refaktorointivaiheiden kautta
- TDD:tä tehtäessä korostetaan yleensä lopputuloksen yksinkertaisuutta, toteutetaan toiminnallisuutta vain sen verran, mitä testien läpimeno edellyttää
 - Ei siis toteuteta "varalta" ekstratoiminnallisuutta, sillä "You ain't gonna need it" (YAGNI)
- Koodista on vaikea tehdä testattavaa jos se ei ole modulaarista ja löyhästi kytketyistä selkeäraja-pintaisista komponenteista koostuvaa
 - Tämän takia TDD:llä tehty koodi on *yleensä* laadukasta ylläpidettävyyden ja laajennettavuuden kannalta
- Muita TDD:n hyviä puolia:
 - Rohkaisee ottamaan pieniä askelia kerrallaan ja näin toimimaan fokusoidusti
 - Tehdyt virheet havaitaan nopeasti suuren testijoukon takia
 - Hyvin kirjoitetut testit toimivat toteutetun komponentin rajapinnan dokumentaationa

TDD

- TDD:llä on myös ikävät puolensa
 - Testikoodia tulee paljon, usein suunnilleen saman verran kuin varsinaista koodia
 - Toisaalta TDD:llä tehty tuotantokoodi on usein hieman normaalisti tehtyä koodia lyhempi
 - Jos ja kun koodi muuttuu, tulee testejä ylläpitää
 - TDD:n käyttö on haastavaa (mutta ei mahdotonta) mm. käyttöliittymä-, tietokanta- ja verkkoyhteyksistä huolehtivan koodin yhteydessä
 - testauksen kannalta hankalat komponentit kannattaakin eristää mahdollisimman hyvin muusta koodista, näin on järkevää tehdä, käytettiin TDD:tä tai ei
 - Jo olemassaolevan "legacy"-koodin laajentaminen TDD:llä voi olla haastavaa
- Lisää TDD:stä
 - http://jamesshore.com/Agile-Book/test_driven_development.html
 - <http://butunclebob.com/ArticleS.UncleBob.TheThreeRulesOfTdd>

Riippuvuudet yksikkötesteissä

- TDD:tä ja muutenkin yksikkötestejä tehdessä on ratkaistava kysymys, miten testeissä suhtaudutaan testattavien luokkien riippuvuuksiin, eli luokkiin, joiden oliota testattava luokka käyttää
- Dependency Injection -suunnittelumalli parantaa luokkien testattavuutta sillä se mahdollistaa riippuvuuksien asettamisen luokille testistä käsin
 - https://github.com/mluukkai/ohjelmistotuotanto2017/blob/master/web/riippuvuuk-sien_injektointi.md
- Yksi mahdollisuus on tehdä testejä varten riippuvuudet korvaavia tynkäkomponentteja eli stubeja, näin tehtiin mm. viikon 1 tehtävässä 16:
 - <https://github.com/mluukkai/ohjelmistotuotanto2017/blob/master/laskarit/1.md#16--nhlstatistics-ohjelman-yksikkötestaus>
- Stubeihin voidaan esim. kovakoodata metodikutsujen tulokset valmiiksi
 - Testi voi myös kysellä stubilta millä arvoilla testattava metodi sitä kutsui
- Stubeja on viimeaikoina ruvettu myös kutsumaan **mock-olioiksi**
- Martin Fowlerin artikkeli selventää asiaa ja terminologiaa
 - <http://martinfowler.com/articles/mocksArentStubs.html>
- On olemassa useita kirjastoja mock-olioiden luomisen helpottamiseksi, tutustumme laskareissa Javalle tarkoitettuun *Mockito*-kirjastoon

Riippuvuudet yksikkötesteissä: mockito

- Esimerkki viikon 2 laskareista (Verkkokauppa)
- Ostotapahtuman yhteydessä kaupan tulisi veloittaa asiakkaan tililtä ostosten hinta *kutsumalla luokan pankki metodia tilisiirto*:

```
Pankki myNetBank = new Pankki();
```

```
Viitegeneraattori viitteet = new Viitegeneraattori();
```

```
Kauppa kauppa = new Kauppa(myNetBank, viitteet);
```

```
kauppa.aloitaOstokset();
```

```
kauppa.lisaaOstos(5);
```

```
kauppa.lisaaOstos(7);
```

```
kauppa.maksa("1111");
```

- Miten varmistamme, että *tilisiirron* suorittavaa metodia on kutsuttu?
- Käytetään *mockito*-kirjastoa

Riippuvuudet yksikkötesteissä: mockito

- Luodaan testissä kaupan riippuvuuksista mock-oliot:

@Test

```
public void kutsutaanPankkiaOikeallaTilinumeroJaSummalla() {
```

```
    Pankki mockPankki = mock(Pankki.class);
```

```
    Viitegeneraattori mockViite = mock(Viitegeneraattori.class);
```

```
    kauppa = new Kauppa(mockPankki, mockViite);
```

```
    kauppa.aloitaOstokset();
```

```
    kauppa.lisaaOstos(5);
```

```
    kauppa.lisaaOstos(5);
```

```
    kauppa.maksa("1111");
```

```
    verify(mockPankki).tilisiirto(eq("1111"), eq(10), anyInt());
```

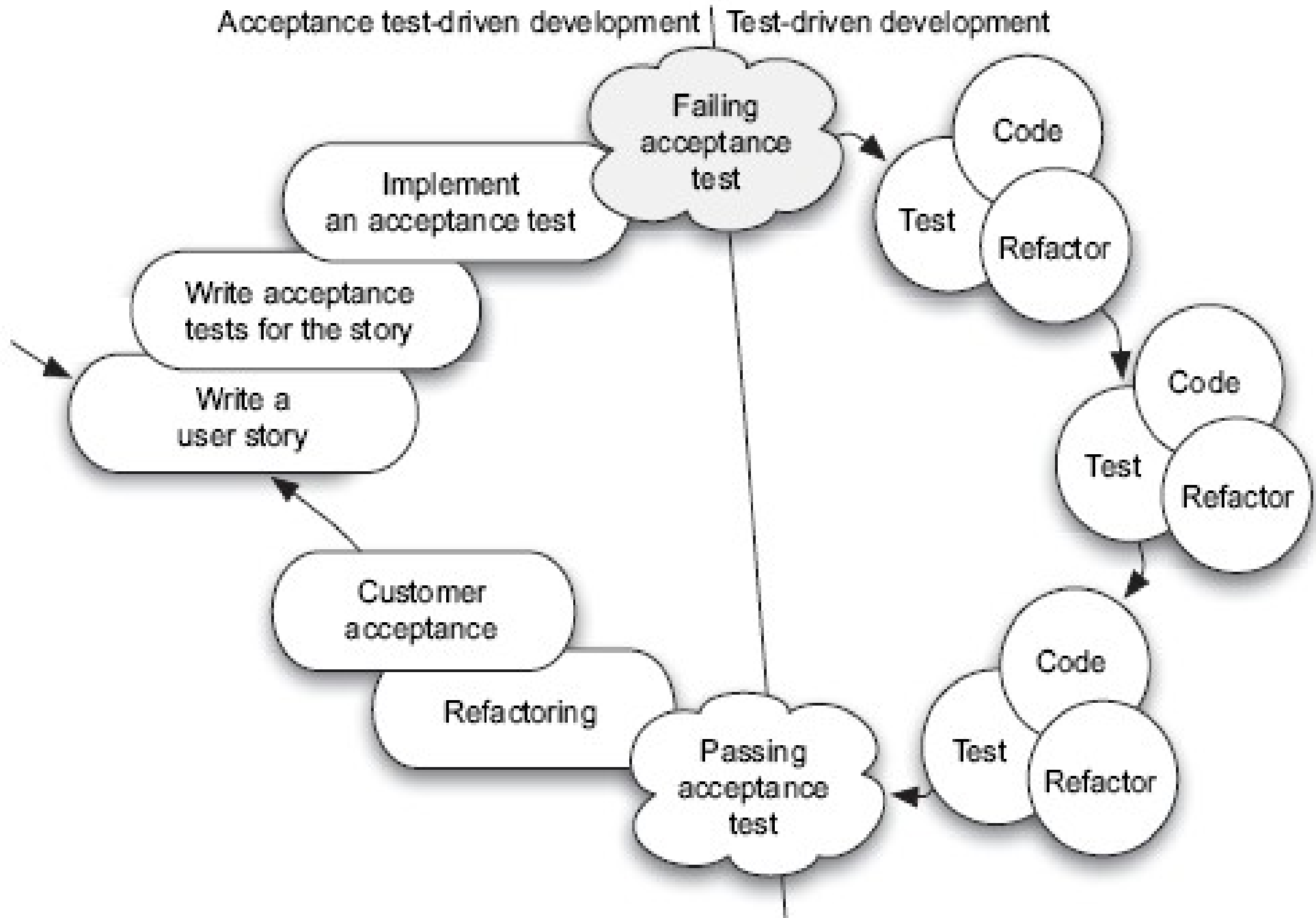
```
}
```

- Pankkia edustavalle mock-oliolle on asetettu *ekspektaatio*, eli vaatimus joka varmistaa, että metodia *tilisiirto* on kutsuttu testin aikana sopivilla parametreilla

User Storyjen testaaminen

- Luennon 2 kalvolla 16 mainittiin, että tärkeä osa User Storyn käsitettä ovat Storyn hyväksymätestit (tai hyväksymäkriteerit), eli Mike Cohnin sanoin:
 - *Tests that convey and document details and that will be used to determine that the story is complete"*
- User Storyt kuvaavat loppukäyttäjän kannalta arvoa tuottavia toiminnallisuuksia, esim:
 - *Asiakas voi lisätä oluen ostoskoriin*
- Myös hyväksymätestit on tarkoituksenmukaista ilmaista käyttäjän kielellä
 - Usein pidetään hyvänä asiana, että asiakas on mukana laatimassa hyväksymätestejä
- Edellisen User storyn hyväksymätestejä voisivat olla
 - Ollessaan tuotelistauksessa ja valitessaan tuotteen jota on varastossa, menee tuote ostoskoriin ja ostoskorin hinta sekä korissa olevien tuotteiden määrä päivittyy oikein
 - Ollessaan tuotelistauksessa ja valitessaan tuotteen jota ei ole varastossa, pysyy ostoskorin tilanne muuttumattomana
- Storyn hyväksymätestit on tarkoituksenmukaista kirjoittaa heti Storyn toteuttavan sprintin alussa

- Jos näin tehdään voidaan sprintissä tapahtuva ohjelmistokehitys ajatella hyväksymätestien tasolla tapahtuvana TDD:nä



User Storyjen testaaminen

- Tällaisesta käytännöstä käytetään nimitystä *Acceptance Test Driven Development, ATDD*
 - ATDD:stä käytetään myös muutamaa muuta nimeä, ks. esim.
 - <http://testobsessed.com/wp-content/uploads/2011/04/atddexample.pdf>
 - <http://www.methodsandtools.com/archive/archive.php?id=23>
 - www.industriallogic.com/papers/storytest.pdf
- Osittain sama idea kulkee nimellä *Behavior Driven Development, BDD*
 - <http://dannorth.net/introducing-bdd/>
- Myös joidenkin käyttämä nimike Specification by Example tarkoittaa käytännössä aivan samaa asiaa
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Specification_by_example
- ATDD:ssä sovelluskehityksen lähtökohta on User story eli asiakkaan tasolla mielekäs toiminnallisuus
 - Asiakkaan terminologialla yhdessä asiakkaan kanssa kirjoitetut hyväksymätestit määrittelevät toiminnallisuuden ja näin ollen korvaavat perinteisen vaatimusdokumentin
 - Testien kirjoittamisprosessi lisää asiakkaan ja tiimin välistä kommunikaatiota

Hyväksymätestauksen työkalut

- Ideaalitilanteessa hyväksymätesteistä tehdään automaattisesti suoritettavia
- Automaattisen hyväksymätestauksen työkaluja mm:
 - Fitnesse, FIT, Robot (ATDD)
 - Cucumber ja JBehave (BDD)
- ATDD:ssä ja BDD:ssä on kyse lähes samasta asiasta pienin painotuseroin
 - BDD kiinnittää testeissä käytettävän terminologian tarkemmin, BDD ei mm. puhu ollenkaan testeistä vaan spesifikaatioista
 - BDD:llä voidaan tehdä myös muita kuin hyväksymätason testejä
 - kurssilla käytämme pääosin BDD:n nimentäkäytäntöjä
- Tutustumme johtavaan BDD-työkaluun Cucumberiin
 - <https://cucumber.io>
- Kuten kaikissa ATDD/BDD-työkaluissa, Cucumberissa testit kirjoitetaan asiakkaan kielellä
- Ohjelmoija kirjoittaa testeistä mäppäyksen koodiin, näin testeistä tulee automaattisesti suoritettavia

Cucumber

- Tarkastellaan esimerkkinä käyttäjätunnuksen luomisen ja sisäänkirjautumisen tarjoamaa palvelua
- Palvelun vaatimuksen määrittelevät User Storyt
 - A new user account can be created if a proper unused username and a proper password are given
 - User can log in with a valid username/password-combination
- Cucumberissa jokaisesta User Storystä kirjoitetaan oma *.feature*-päätteinen tiedosto, joka sisältää
 - nimen ja
 - joukon storyyn liittyvä hyväksymätestejä joita Cucumber kutsuu *skenaarioiksi*
- Storyn hyväksymätestit eli *skenaariot* kirjoitetaan *Gherkin*-kielellä, muodossa
 - *Given [initial context], when [event occurs], then [ensure some outcomes]*
- Esimerkki seuraavalla sivulla

Feature: User can log in with valid username/password-combination

Scenario: user can login with correct password

Given command login is selected

When username "pekka" and password "akkep" are entered

Then system will respond with "logged in"

Scenario: user can not login with incorrect password

Given command login is selected

When username "pekka" and password "wrong" are entered

Then system will respond with "incorrect username or password"

Scenario: nonexistent user can not login to

Given command login is selected

When username "nonexisting" and password "wrong" are entered

Then system will respond with "incorrect username or password"

Cucumber: skenaarioiden mäppäys koodiksi

- Ideana on että asiakas tai product owner kirjoittaa tiimissä olevien testaajien tai tiimiläisten kanssa yhteistyössä Storyyn liittyvät testit
 - Samalla Storyn haluttu toiminnallisuus tulee dokumentoitua sillä tarkkuudella, että ohjelmoijat toivon mukaan ymmärtävät mistä on kyse
- Skenaariot muutetaan automaattisesti suoritettaviksi testeiksi kirjoittamalla niistä *mäppäys* ohjelmakoodiin
 - Ohjelmoijat tekevät mäppäyksen siinä vaiheessa, kun tuotantokoodia on tarpeellinen määrä valmiina
- Esimerkki seuraavalla sivulla
- Käytännössä jokaista testin *given*, *when* ja *then*-askelta vastaa oma metodinsa
 - Metodit kutsuvat ohjelman luokkia simuloiden käyttäjän syötettä
 - varmistaen että ohjelma reagoi käyttäjän toimiin halutulla tavalla
- Palaamme cucumberiin laskareissa

```
public class Stepdefs {  
    App app;  
    StubIO io;  
    AuthenticationService auth = new AuthenticationService(new InMemoryUserDao());  
    List<String> inputLines = new ArrayList<>();  
  
    @Given("^command login is selected$")  
    public void command_login_selected() throws Throwable {  
        inputLines.add("login");  
    }  
  
    @When("^username \"([^\"]*)\" and password \"([^\"]*)\" are entered$")  
    public void a_username_and_password_are_entered(String username, String password) {  
        inputLines.add(username);  
        inputLines.add(password);  
  
        io = new StubIO(inputLines);  
        app = new App(io, auth);  
        app.run();  
    }  
  
    @Then("^system will respond with \"([^\"]*)\"$")  
    public void system_will_respond_with(String expectedOutput) {  
        assertTrue(io.getPrints().contains(expectedOutput));  
    }  
}
```

Websovellusten testien automatisointi

- Olemme jo nähneet, miten dependency injectionin avulla on helppo tehdä komentoriviltä toimivista ohjelmista testattavia
- Myös Java Swing, JavaFX ja muilla käyttöliittymäkirjastoilla sekä web-selaimella käytettävien sovellusten automatisoitu testaaminen on mahdollista
- Tutustumme laskareissa Web-sovellusten testauksen automatisointiin käytettävään Selenium 2.0 WebDriver -kirjastoon
 - http://seleniumhq.org/docs/03_webdriver.html
- Selenium tarjoaa rajapinnan, jonka avulla on mahdollisuus simuloida ohjelmakoodista tai testikoodista käsin selaimen toimintaa, esim. linkkien klikkauksia ja tiedon syöttämistä lomakkeeseen
 - Selenium Webdriver -rajapinta on käytettävissä lähes kaikilla ohjelmointikielillä
- Seleniumia käyttävät testit voi tehdä normaalin testikoodin tapaan joko JUnit- tai Cucumber-testeinä
- Katsotaan esimerkkinä käyttäjätunnuksista ja sisäänkirjautumisesta huolehtivan järjestelmän web-versiota
 - Asiaan tutustutaan tarkemmin viikon 3 laskareissa

```

public class Stepdefs {
    WebDriver driver = new ChromeDriver();
    String baseUrl = "http://localhost:4567";

    @Given("^login is selected$")
    public void login_selected() throws Throwable {
        driver.get(baseUrl);
        WebElement element = driver.findElement(By.linkText("login"));
        element.click();
    }

    @When("^username \"([^\"]*)\" and password \"([^\"]*)\" are given$")
    public void username_and_password_are_given(String username, String password) {
        WebElement element = driver.findElement(By.name("username"));
        element.sendKeys(username);
        element = driver.findElement(By.name("password"));
        element.sendKeys(password);
        element = driver.findElement(By.name("login"));
        element.submit();
    }

    @Then("^system will respond \"([^\"]*)\"$")
    public void system_will_respond(String pageContent) {
        assertTrue(driver.getPageSource().contains(pageContent));
    }
}

```

Ohjelmiston integraatio

- Vesiputousmallissa eli lineaarisesti etenevässä ohjelmistotuotannossa ohjelmiston toteutusvaiheen päättää integrointivaihe
 - yksittäin testatut komponentit integroidaan yhdessä toimivaksi kokonaisuudeksi
 - suoritetaan integraatiotestaus, joka varmistaa yhteistoiminnallisuuden
- Perinteisesti juuri integrointivaihe on tuonut esiin suuren joukon ongelmia
 - tarkasta suunnittelusta huolimatta erillisten tiimien toteuttamat komponentit rajapinnoiltaan tai toiminnallisuudeltaan epäsoivia
- Suurten projektien integrointivaihe on kestänyt ennakoimattoman kauan
 - integrointivaiheen ongelmat ovat aiheuttaneet ohjelmaan suunnittelutason muutoksia
- Integraatio on ollut perinteisesti niin hankala vaihe, että sitä kuvaamaan on lanseerattu termi *integration hell*
 - <http://wiki.c2.com/?IntegrationHell>

Pois integraatiohelvetistä

- 90-luvulla alettiin huomaamaan, että riskien minimoimiseksi integraatio kannattaa tehdä useammin kuin vain projektin lopussa
- best practiceksi muodostui päivittäin tehtävä koko projektin kääntäminen *daily/nightly build* ja samassa yhteydessä *ns. smoke test*:in suorittaminen
- Smoke test:
 - The smoke test should exercise the entire system from end to end. It does not have to be exhaustive, but it should be capable of exposing major problems
- Daily buildia ja smoke testiä käytettäessä järjestelmän integraatio tehdään (ainakin jollain tarkkuustasolla) joka päivä
 - Komponenttien yhteensopivuusongelmat huomataan nopeasti ja niiden korjaaminen helpottuu
 - Tiimin moraali paranee, kun ohjelmistosta on olemassa päivittäin kasvava toimiva versio

Päivittäisestä jatkuvaan integraatioon

- Mahdollisimman usein tapahtuva integraatiovaihe todettiin hyväksi käytännöksi. Tästä syntyi idea toistaa integraatiota vielä päivittäistä sykliäkin useammin: **jatkuva integraatio** eli **continuous integration**
- Integraatiovaiheen yllätysten minimoinnin lisäksi jatkuvassa integraatiossa on tarkoitus eliminoida "but it works on my machine"-ilmiö
- Integraatiosta tarkoitus tehdä todella vaivaton operaatio, ohjelmistosta koko ajan olemassa integroitu ja testattu tuore versio
- Ohjelmisto ja kaikki konfiguraatiot pidetään keskitetyssä repositoriossa
- Koodi sisältää kattavat automatisoidut testit
 - Yksikkö-, integraatio- ja hyväksymätason testejä
- Yksittäinen palvelin, jonka konfiguraatio vastaa mahdollisimman läheisesti tuotantopalvelimen konfiguraatiota, varattu CI-palvelimeksi
- CI-palvelin tarkkailee repositoriota ja jos huomaa siinä muutoksia, hakee koodin, kääntää sen ja ajaa testit
 - Jos koodi ei käänny tai testit eivät mene läpi, seurauksena poikkeustilanne joka korjattava välittömästi: **do not break the build**

Jatkuva integraatio – Continuous Integration

- Sovelluskehittäjän työprosessi etenee seuraavasti
 - Haetaan repositoriosta koodin uusi versio
 - Toteutetaan työn alla oleva toiminnallisuus ja sille automatisoidut testit
 - Integroidaan kirjoitettu koodi suoraan muun koodin yhteyteen
 - Kun työ valmiina, haetaan repositorioon tulleet muutokset ja ajetaan testit
- Kun kehittäjän omalla koneella kaikki testit menevät läpi ja koodi on integroitu muuhun ohjelmakoodiin, pushaa kehittäjä koodin repositorioon
- CI-palvelin huomaa tehdyt muutokset, hakee koodit ja suorittaa testit
- Näin minimoituu mahdollisuus sille, että lisätty koodi toimii esim. konfiguraatioerojen takia ainoastaan kehittäjän paikallisella työasemalla
- Tarkoituksena on, että jokainen kehittäjä integroi tekemänsä työn muuhun koodiin mahdollisimman usein, *vähintään* kerran päivässä
 - CI siis rohkaisee jakamaan työn pieniin osiin, sellaisiin jotka saadaan testeineen ”valmiiksi” yhden työpäivän aikana
 - CI-työprosessin noudattaminen vaatii kurinalaisuutta

Jatkuva integraatio – Continuous Integration

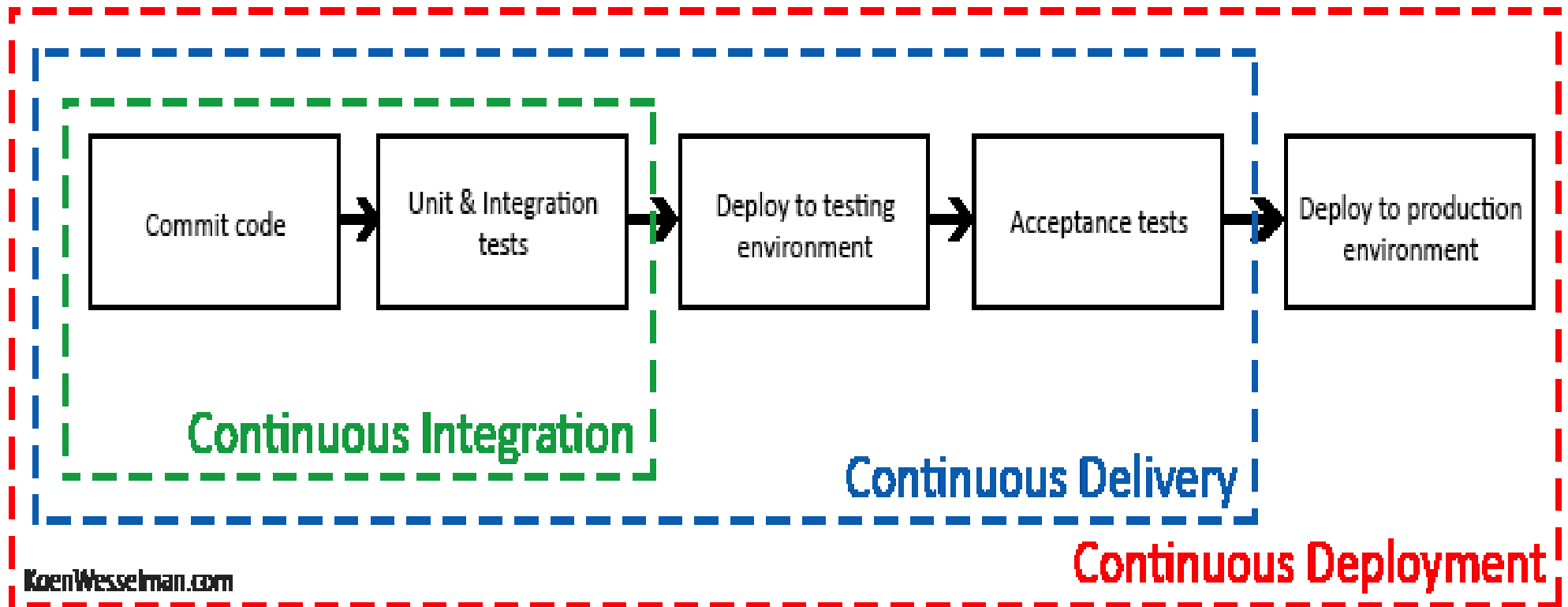
- Jotta CI-prosessi toimisi joustavasti, tulee testien ajamisen tapahtua suhteellisen nopeasti, maagisena rajana pidetään usein kymmentä minuuttia
- Jos osa testeistä on hitaita, voidaan testit konfiguroida ajettavaksi kahdessa (tai tarvittaessa useammassakin) vaiheessa
 - *commit build*:in läpimeno antaa kehittäjälle oikeuden pushata koodi repositorioon
 - CI-palvelimella suoritetaan myös hitaammat testit sisältävä *secondary build*
- Ensimmäisellä viikolla käyttämämme *Travis* on tämän hetken ehkä eniten huomiota saanut CI-palvelinohjelmisto
 - Eräs travisin suurista eduista on se, että ohjelmisto toimii pilvessä ja tarvetta oman CI-palvelimen asentamiselle ei ole
- Travisia paljon vanhempi *Jenkins* lienee edelleen maailmalla eniten käytetty CI-palvelinohjelmisto
 - Tällä hetkellä ei taida olla olemassa yhtään ilmaista verkossa olevaa Jenkins-palvelua. Jenkinsin käyttö siis edellyttää sen asentamista omalle palvelimelle

Jatkuva toimitusvalmius ja käyttöönotto

- Viime aikoina nousseen trendin mukaan CI:tä viedään vielä askel pidemmälle ja integraatioprosessiin lisätään myös automaattinen ”deployaus”
 - käännetty ja testattu koodi siirretään suoritettavaksi ns. *staging*- eli testipalvelimelle
- **Staging-palvelin**, on ympäristö, joka on konfiguraatioidensa ja myös sovelluksen käsittelemän datan osalta mahdollisimman lähellä varsinaista tuotantoympäristöä
- Kun ohjelmiston uusi versio on viety eli deployattu staging-palvelimelle, suoritetaan sille hyväksymätestit
- Hyväksymätestien suorittamisen jälkeen uusi versio voidaan siirtää tuotantopalvelimelle
- Parhaassa tapauksessa myös staging-ympäristössä tehtävien hyväksymätestien suoritus on automatisoitu, ja ohjelmisto kulkee koko **deployment pipeline** läpi, eli sovelluskehittäjän koneelta CI-palvelimelle, sieltä stagingiin ja lopulta tuotantoon, automaattisesti
 - Termillä deployment pipeline siis tarkoitetaan niitä ohjelman käännöksen ja testauksen vaiheita, joiden suorittamista edellytetään, että ohjelma saadaan siirrettyä tuotantoympäristöön asiakkaan käyttöön

Jatkuva toimitusvalmius ja käyttöönotto

- Käytännöstä, jossa jokainen CI:n läpäisevä ohjelmiston uusi versio viedään staging-palvelimelle ja siellä tapahtuvan hyväksymätestauksen jälkeen tuotantoon, käytetään nimitystä **jatkuva toimitusvalmius** engl. **continuous delivery**
- Jos staging-palvelimella ajettavat testit ja siirto tuotantopalvelimelle tapahtuvat automattisesti, puhutaan **jatkuvasta käyttöönotosta** engl. **continuous deployment**
- Viime aikoina on ruvettu suosimaan tyyliä, jossa web-palveluna toteutettu ohjelmisto julkaistaan tuotantoon jopa useita kertoja päivästä



Tutkiva testaaminen

- Jotta järjestelmä saadaan niin virheettömäksi, että se voidaan laittaa tuotantoon, on testauksen oltava erittäin perusteellinen
- Perinteinen tapa järjestelmätestauksen suorittamiseen on ollut laatia ennen testausta hyvin perinpohjainen testaussuunnitelma
 - Jokaisesta testistä on kirjattu testisyötteet ja odotettu tulos
 - Testauksen tuloksen tarkastaminen on suoritettu vertaamalla järjestelmän toimintaa testitapaukseen kirjattuun odotettuun tulokseen
- Automatisoitujen hyväksymätestien luonne on täsmälleen samanlainen, syöte on tarkkaan kiinnitetty samoin kuin odotettu tuloskin
- Jos testaus tapahtuu pelkästään etukäteen mietittyjen testien avulla, ovat ne kuinka tarkkaan tahansa harkittuja, ei kaikkia yllättäviä tilanteita osata välttämättä ennakoida
- Hyvät testaajat ovat kautta aikojen tehneet ”virallisen” dokumentoidun testauksen lisäksi epävirallista ”ad hoc”-testausta
- Pikkuhiljaa ”ad hoc”-testaus on saanut virallisen aseman ja sen strukturoitua muotoa on ruvettu nimittämään **tutkivaksi testaamiseksi** (exploratory testing)

Tutkiva testaaminen

- *Exploratory testing is simultaneous learning, test design and test execution*
 - www.satisfice.com/articles/et-article.pdf
 - http://www.satisfice.com/articles/what_is_et.shtml
- Ideana on, että testaaja ohjaa toimintaansa suorittamiensa testien tuloksen perusteella
- Testitapauksia ei suunnitella kattavasti etukäteen, vaan testaaja pyrkii kokemuksensa ja suoritettujen testien perusteella löytämään järjestelmästä virheitä
- Tutkiva testaus ei kuitenkaan etene täysin sattumanvaraisesti
- Testaussessiolle asetetaan jonkinlainen tavoite
 - Mitä tutkitaan ja minkälaisia virheitä etsitään
- Ketterässä ohjelmistotuotannossa tavoite voi hyvin jäsentyä yhden tai useamman User storyn määrittelemän toiminnallisuuden ympärille
 - Esim. testataan ostosten lisäystä ja poistoa ostoskorista

Tutkiva testaaminen

- Tutkivassa testauksessa keskeistä on kaiken järjestelmän tekemien asioiden havainnointi
 - Normaaleissa etukäteen määritellyissä testeissähän havainnoidaan ainoastaan reagoiko järjestelmä odotetulla tavalla
 - Tutkivassa testaamisessa kiinnitetään huomio myös varsinaisen testattavan asian ulkopuoleisiin asioihin
- Esim. jos huomattaisiin selaimen osoiterivillä URL
<http://www.kumpulabiershop.com/ostoskori?id=10>
voitaisiin yrittää muuttaa käsin ostoskorin id:tä ja yrittää saada järjestelmä epästabiiliin tilaan
- Tutkivan testaamisen avulla löydettyjen virheiden toistuminen jatkossa kannattaa eliminoida lisäämällä ohjelmalle sopivat automaattiset regressiotestit
 - Tutkivaa testaamista ei siis kannata käyttää regressiotestaamisen menetelmänä vaan sen avulla kannattaa ensisijaisesti testata sprintin yhteydessä toteutettuja uusia ominaisuuksia
- Tutkiva testaaminen siis ei ole vaihtoehto normaaleille tarkkaan etukäteen määritellyille testeille vaan niitä täydentävä testauksen muoto