

Naslov članka/Article:

Teorija kognitivne obremenitve v praksi: kako lahko učencem pomagamo, da se učijo učinkoviteje

Cognitive Load Theory in Practice: How We Can Help Learners to Learn More Effectively

Avtor/Author:

Monika Klojčnik

<https://doi.org/10.59132/viz/2021/6/6-9>

CC licenca



Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav



Vzgoja in izobraževanje 6/2021, letnik 52

ISSN 0350-5065

Izdal in založil: Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Kraj in leto izdaje: Ljubljana, 2021

Spletna stran revije:

<https://www.zrss.si/strokovne-revije/vzgoja-in-izobrazevanje/>

TEORIJA KOGNITIVNE OBREMENITVE V PRAKSI KAKO LAHKO UČENCEM POMAGAMO, DA SE UČIJO UČINKOVITEJE

Cognitive Load Theory in Practice

How We Can Help Learners to Learn More Effectively

IZVLEČEK

Teorija kognitivne obremenitve uporablja znanje o človeških možganih za oblikovanje strategij, ki bodo povečale učinkovitost učenja. V pomoč je lahko pri optimizaciji obremenitve delovni spomin učencev, da bi kar najbolj povečali njihovo učenje. Med učenjem moramo informacije hraniti v delovnem spominu, dokler niso dovolj obdelane, da preidejo v naš dolgoročni spomin. Kapaciteta našega delovnega pomnilnika je zelo omejena, in ko je sočasno predstavljenih preveč informacij, postane naš delovni spomin preobremenjen in večina teh informacij se izgubi. Razumevanje, kako se naši možgani učijo, lahko pomaga učiteljem pri uporabi učinkovitejših učnih pristopov. Strokovni prispevek je zasnovan z namenom pomagati učiteljem pri vključevanju teorije kognitivnih obremenitev v svojo učno prakso in vključuje praktični vidik uporabe teorije kognitivne obremenitve pri organizaciji pouka.

Ključne besede: teorija kognitivne obremenitve, učenje učenja, učinkovito učenje

ABSTRACT

Cognitive Load Theory applies the knowledge of the human brain to design strategies that increase the effectiveness of learning. It can aid in optimizing the learners' working memory load in order to maximally improve their learning. When learning, we have to store information in our working memory until it has been sufficiently processed and enters our long-term memory. Our working memory capacity is very limited and when too much information is presented at the same time, our working memory becomes overloaded and most of the information is lost. The understanding of how our brain learns can help teachers to use more effective learning approaches. The expert paper has been written with the intention of helping teachers to incorporate the Cognitive Load Theory into their learning practice; it also covers the practical aspect of applying the Cognitive Load Theory to organizing lessons.

Keywords: Cognitive Load Theory

SPOMINSKI SISTEM

Teorija kognitivne obremenitve temelji na splošno sprejetem modelu obdelave človeških informacij (Atkinson in Shiffrin, 1968), ki naš spomin deli na senzorični, delovni in dolgoročni spomin. Naša čutila ves čas sprejemajo informacije. Senzorični spominski sistem ima ogromno zmogljivost – vizualni in slušni sistemi zaznajo veliko informacij, vendar lahko ohranjajo kateri koli podatek za le zelo kratko obdobje (od manj kot 0,25 do 2 sekundi) (Mayer, 2010). Senzorični pomnilnik tako filtrira večino teh informacij in ohranja najpomembnejše elemente, da lahko ti preidejo v delovni pomnilnik. Učenec mora imeti ohranjeno sposobnost pozornosti, da odstrani nepomembne dražljaje (npr. žvrgolenje ptičev zunaj ali ignoriranje vrstnika, ki med šolsko uro brska po nahrbtniku) in procesira ustrezne besede in slike iz senzoričnega spominskega sistema v delovni spomin, kjer se bodisi obdelajo

bodisi zavržejo (Mayer, 2010). Kapaciteta delovnega spomina je omejena in lahko shrani največ 7 ± 2 informacijskih elementov hkrati (Miller, 1956) ter lahko aktivno predeluje (organizira, primerja) največ dva do štiri elemente v trenutku (Kirschner, Sweller in Clark, 2006). Ko naši možgani obdelajo informacije, jih kategorizirajo in premaknejo v dolgoročni spomin, kjer so shranjene v strukturah znanja, imenovanih tudi sheme. Za razliko od delovnega spomina je dolgoročni teoretično neomejen v svoji zmogljivosti shranjevanja informacij. Dolgoročni spomin vsebuje kognitivne sheme, ki se med seboj razlikujejo po stopnji kompleksnosti in avtomatizacije (Van Merriënboer in Sweller, 2005). Sheme so specifične strukture znanja in organizirajo več elementov informacij glede na to, kako so ti elementi med seboj povezani. Tako se vsebinsko zmanjša obremenitev delovnega pomnilnika, saj je celo zelo zapleteno shemo mogoče obnoviti in obdelati kot en informacijski element v delovnem spominu.

TEORIJA KOGNITIVNE OBREMENTIVE

Kognitivna obremenitev se tako nanaša na količino informacij, ki jih lahko hkrati shrani delovni pomnilnik, in je osrednji pojem teorije kognitivne obremenitve, katere avtor je John Sweller (1988). Sweller je na odnosih te teorije oblikoval priporočilo, da se morajo zaradi omejene zmogljivosti delovnega spomina metode poučevanja izogibati preobremenjenosti z dodatnimi aktivnostmi, ki neposredno ne prispevajo k učenju. Razlika v zmogljivosti delovnega spomina je namreč eden glavnih razlogov, zakaj se nekateri učenci naučijo manj kot drugi, kljub temu da jih poučuje isti učitelj. Zavedati pa se moramo tudi, da je zmogljivost delovnega spomina vseh ljudi zelo majhna, tudi tistih z večjo zmogljivostjo od povprečne.

Informacije, ki se zadržujejo v našem delovnem spominu, lahko delimo na notranjo, zunanjo in namensko obremenitev (*angl. germane load*), kar skupaj sestavlja zmogljivost delovnega pomnilnika (Sweller, 2010). Kognitivna preobremenitev se pojavi, ko je presežena zmogljivost delovnega pomnilnika. Ko se to zgodi, verjetno ne bomo mogli prenesti novih informacij v svoj dolgoročni spomin, naše učenje pa je takrat nizko učinkovito.

Notranja obremenitev je povezana s težavnostjo tematike, ki se je učimo. Na njo vplivata zapletenost snovi in prehodno znanje. Na primer, $2 + 2 + 4$ ima manj notranje obremenitve kot 93×543 , medtem ko ima razumevanje delovanja človeškega dihalnega sistema več obremenitve, kot vedeti, kje so pljuča v človeškem telesu. Notranja obremenitev je fiksna in nespremenljiva, pri čemer pa obstajajo načini, kako lahko pomagamo zmanjšati njen vpliv.

V nasprotju z notranjo obremenitvijo je zunanja obremenitev povezana z načinom, na katerega je snov predstavljena, ne pa s težavnostjo tematike (Paas, Renkl in Sweller, 2003). Vsako dodatno in nepotrebno razmišljanje, ki ga morajo opraviti učenci, nič ne prispeva k prenosu informacij v dolgoročni spomin. Tako lahko učitelji z načinom poučevanja precej povečajo ali zmanjšajo učinek učenja. Nekatere informacije so na primer bolj razumljive, če so prikazane vizualno namesto besedno. Kroženje Lune okoli Zemlje je na primer lažje razumljivo, če ga vizualno prikažemo z uporabo modela sončnega sistema ali videoposnetka, ne pa v pisni obliki brez vizualne predstavitve. Vizualna predstavitve konceptov, kot je na primer sončni sistem, pomeni, da učencu ni treba zadržati idej, razloženih že v odstavku besedila v delovnem spominu, da bi razumel zadnji stavek, ampak se lahko nanj sklicuje s pomočjo ilustracije.

Namenska obremenitev pa predstavlja namerno uporabo kognitivnih strategij učenca za reorganizacijo informacij, da so primerne za shranjevanje v dolgoročni spomin (Young idr., 2014). Kognitivna obremenitev je posledica konstruktivne metode ravnanja z informacijami, kar prispeva k učenju. Zato se namenska obremenitev nanaša na proces, ki je namenjen oblikovanju dolgotrajne zaloge znanja ali shem (Paas, Renkl in Sweller, 2003). Tipičen primer bi bil ustvarjanje diagramov ali miselnih vzorcev kot pomoč za razlago zapletenih konceptov. Sistematična organizacija informacij namreč olajša učenje in pomnjenje. Namensko kognitivno obremenitev je mogoče spodbujati tudi z uporabo mnemotehnik, vključno z akronimi, rimami in metodo zgodbe. Npr. če si moramo zapomniti 6 najdaljših rek v Sloveniji, bomo to lažje storili, če si zapomnimo akronim »SSSDKK« ali 3 x S, D, 2 x K. Tako bomo s pomočjo prvih črk rek le-te takoj znali naštetih (Sava, Savinja, Soča, Drava, Kolpa, Krka).

Za učinkovito poučevanje bi tako morali zmanjšati zunanjo obremenitev, biti pozorni na notranjo obremenitev (npr. poenostavitev nalog, če je potrebno) in optimizirati splošno obremenitev (spodbujati uporabo kognitivnih strategij, ki olajšajo gradnjo shem). Kadar so informacije zelo zapletene ali nove, je namreč pomembno, da učitelji čim bolj zmanjšajo obremenitev delovnega spomina učencev, da maksimirajo učenje. Ko so učencem informacije enostavne za razumevanje, lahko učitelji postopoma povečujejo zapletenost snovi ter tako povečajo učenje (Carlson, Chandler in Sweller, 2003).

UPORABNOST TEORIJE KOGNITIVNE OBREMENTIVE PRI UČENJU IN ORGANIZACIJI POUKA

Teorija kognitivne obremenitve nam lahko pomaga organizirati proces poučevanja na način, ki zmanjša zahteve oz. pritiske na delovni spomin učencev, da se bodo lahko učinkoviteje učili. V nadaljevanju navajamo nekaj strategij uporabe koncepta kognitivne obremenitve:

Strategija 1: Prilaganje zahtevnosti snovi glede na obstoječe znanje in spretnosti učencev

Razlog, da je pouk najučinkovitejši, če je prilagojen obstoječemu znanju učencev, je v tem, da lahko človeški možgani naenkrat obdelajo le majhno količino novih informacij, lahko pa obdelajo zelo velike količine že shranjenih informacij. Iz tega razloga črpanje informacij, ki so že shranjene v dolgoročnem spominu učencev, lahko pomaga zmanjšati kognitivno obremenitev in tako privede do učinkovitejšega učenja.

Več kot izgradimo strokovnega znanja na določenem področju, več informacij imamo na voljo v svojih shemah. Ne glede na to, kako zapletena je shema, šteje kot en element v našem delovnem pomnilniku. Zato je dobro, da učitelj svoje navodilo prilagodi ravni strokovnosti ljudi, ki jih poučuje. To lahko opravimo z oceno potreb po usposabljanju ali prosimo učence, naj opišejo, kako dobro so seznanjeni s temo. Uporabimo lahko Bloomovo taksonomijo izobraževalnih ciljev (Bloom, 1956; Anderson, Krathwohl idr., 2016) in s tem zagotovimo, da bodo informacije predstavljene na učencem ustrezni ravni – namreč kar se nam zdi očitno, drugim morda ni. Zelo učinkoviti pristopi za preverjanje predznanja učencev so bili razviti in vzpostavljeni tudi v okviru modelov in projektov formativnega spremljanja, ki je opredeljeno kot proces stalnega spremljanja napredovanja pri učenju oziroma preverjanja doseganja ciljev po zastavljenih kriterijih uspešnosti. Gre za proces vrednotenja znanja, ki vključuje ugotavljanje predznanja, pojasnjevanje namenov učenja z načrtovanjem osebnih učnih ciljev, načrtovanje strategij za uspešno in učinkovito doseganje učnih ciljev ter za (samo)evalvacijo uspešnosti učenja in znanja učencev in posledično za uspešnost učiteljevega poučevanja (Brodnik, 2015)¹.

1 Več o tem najdete v Holcar Brunauer idr. (2017). *Formativno spremljanje v podporo učenju*. Zavod RS za šolstvo.

Strategija 2: Postopoma povečujte samostojno reševanje problemov, ko učenci postanejo bolj usposobljeni

Čeprav so popolnoma vodena navodila zelo učinkovita za poučevanje učencev, ki se srečujejo z novim gradivom, lahko ta postanejo manj učinkovita, ko učenci postajajo strokovnjaki za določeno spretnost. Ko se znanje in spretnosti učencev povečujejo, lahko učitelji uporabljajo kombinacijo vođenih navodil in prakse reševanja problemov. Ko učenci postanejo zelo usposobljeni, pa lahko učitelji zagotavljajo minimalno natančna navodila in jim s tem omogočajo, da svoje veščine krepijo z veliko nalogami za reševanje problemov. Nekateri učenci bodo hitreje kot drugi napredovali do samostojnega reševanja problemov.

Strategija 3: Uporaba že rešenih primerov

Pri že rešenih primerih je vsak korak v celoti razložen in jasno prikazan. Raziskave dosledno dokazujejo, da se učenci, ki dobijo veliko obdelanih primerov, nove vsebine naučijo učinkoviteje kot učenci, ki morajo isti problem rešiti sami (Sweller, 2006). Vnaprej rešeni primeri so učinkoviti, ker zagotavljajo vodena navodila, kar zmanjšuje nepotrebno obremenitev delovnega spomina učencev. Popolnoma vodena navodila z uporabo rešenih primerov so pri poučevanju učencev, kadar gre za novo gradivo, učinkovitejša, saj nestrukturirano reševanje problemov močno obremeni delovni spomin. Učenec, ki je z minimalnimi navodili reševal novo vrsto problema, bi ga morda lahko rešil pravilno, ker pa je bil njegov delovni pomnilnik preobremenjen, se morda ne bo spomnil postopka, ki bi mu omogočil, da hitro reši isti problem.

Ob tem se je vredno zavedati tako imenovanega učinka obratne ekspertize (Kalyuga idr., 2003) – pojava, ko didaktični pristopi, ki so zelo učinkoviti pri manj izkušenih učencih, izgubijo učinkovitost ali postanejo celo neučinkoviti pri bolj veščih učencih z več predznanja na določenem strokovnem področju. V takih primerih (npr. pri pedagoškem delu s strokovnjaki na določenem področju, pri delu s skupinami učencev in dijakov, ki imajo o določenih vsebinah že veliko znanja, pri delu s študenti na višjih stopnjah izobraževanja) so za spodbujanje kakovostnega učenja učinkovitejši pristopi k poučevanju, ki omogočajo več samostojnega, problemsko zasnovanega učenja z odkrivanjem.

Strategija 4: Izvzemite nebitvene informacije

Včasih domnevamo, da je zagotavljanje dodatnih informacij za učence koristno ali vsaj neškodljivo. Vendar lahko predstavitev nebitvenih informacij ovira učenje. Nebistvene informacije so informacije, ki jih učenci že poznajo, ali dodatne informacije, ki niso neposredno pomembne za lekcijo, ali iste informacije, predstavljene v več oblikah. Ko učenci prejmejo nebitvene informacije, morda ne bodo mogli razlikovati med takimi, ki jih potrebujejo za razumevanje navodil ali naloge, in med nebitvenimi, ki ne prispevajo k njihovemu učenju. Pri nalogah ali razlagah, ki se učencem zdijo zelo zahtevne, je tako smiselno zmanjšati dodatne informacije, ki niso neposredno pomembne za nalogo. Kadar gre za manj zapletene snovi, pa to ni tako pomembno.

Strategija 5: Zmanjšajte učinek razdeljene pozornosti

Razdeljena pozornost se pojavi, kadar morajo učenci svojo pozornost razdeliti na dva ali več medsebojno odvisnih virov informacij (npr. besedilo in diagram) (Schroeder in Cencki, 2018). Če so informacije vsakega vira bistvene za razumevanje teme, mora učenec vse dane informacije miselno integrirati, da pride do učenja. Vendar ta postopek prisilne integracije obremenjuje vire učenčevega delovnega spomina in lahko negativno vpliva na učenje. Naš delovni spomin ima dva ločena kanala – enega za obravnavo vizualnih informacij in drugega za obravnavo slušnih informacij. S procesiranjem informacij po obeh kanalih hkrati lahko učitelji obvladujejo kognitivno obremenitev in učencem olajšajo učenje (Ayres in Cierniak, 2012).

Eden izmed načinov premagovanja učinka razdeljene pozornosti je zamenjava nekaterih vizualnih informacij z zvočnimi informacijami. To zmanjša kognitivno obremenitev vidnega delovnega spomina z uporabo slušnega kanala, ki ima svoj spominski prostor. V študiji Mayerja in Morena (1998) je bilo na primer ugotovljeno, da se učenci najučinkoviteje učijo, ko jim je bila prikazana animacija, ki jo je spremljala pripoved, namesto da bi uporabljali isto animacijo z dodanim besedilom na zaslonu.

Kadar prejmemo informacije iz več virov vizualnih informacij, kot so na primer diagrami in obrazložitevno besedilo, je naša pozornost med njimi razdeljena, kar otežuje ustvarjanje novih shem. Ta učinek se zmanjša, če integriramo vizualne informacije. Na primer, integrirano obliko lahko dosežemo z vključitvijo pisnih navodil v diagram (izogibanje prostorski ločitvi) ali uskladimo izgovorjeno besedilo s ciljno sliko.

Učinki razdeljene pozornosti veljajo tudi za več virov zvočnih informacij. Če na primer govorite z učenci o določeni temi, poskusite odstraniti kakršne koli tuje vire hrupa, na primer druge ljudi, ki govorijo, ali glasbo, ki se predvaja v ozadju.

Strategija 6: Izbira individualne ali skupinske oblike učenja

Kognitivno obremenitev je mogoče zmanjšati tudi s pristopi sodelovalnega učenja. Po načelu medsebojne kognitivne soodvisnosti ustrezno sodelovalno učenje uvaja kolektivni delovni spomin (Kirschner, Paas in Kirschner, 2010), ki sicer ne obstaja. Ta kolektivni delovni spomin je del skupnega delovnega prostora, ki je ustvarjen s komuniciranjem in usklajevanjem znanj, ki jih ima vsak posamezni član skupine. S komunikacijo in posledičnimi kognitivnimi procesi znotraj skupine se oblikuje kolektivna struktura znanja ali medsebojno deljena spoznanja, sestavljena iz skupnih miselnih modelov. Pri individualnem učenju morajo biti vsi interaktivni elementi obdelani v enem delovnem spominu tega posameznika, v okviru skupnega učenja pa lahko različne interaktivne elemente razporedimo med več delovnih spominov in tako zmanjšamo kognitivno obremenitev posameznega delovnega spomina. Ta učinek kaže, da je učenje v skupini učinkovitejše od individualnega učenja, če je zahtevnost gradiva, ki ga je treba učiti, tako velika, da presega meje delovnega spomina vsakega posameznega učenca (Dirkx, Kester in Kirschner, 2014).

S tega vidika lahko sodelovalno učenje štejemo za učinkovito tehniko upravljanja posameznih obremenitev delovnega spomina. Učenci lahko v skupinskih oblikah dosejajo bistveno boljše rezultate v primerjavi z učenci z individualnim pristopom. Pojasnjevanje stvari drug drugemu in razprava o temah lahko privede do globljega razumevanja, prepoznavanja napačnih predstav in krepitev povezav med novimi informacijami in predhodno naučenimi informacijami.

Obenem moramo poudariti, da izbira sodelovalnega učenja v vseh okoliščinah ni dobra praksa. Izzivi, ki jih naloga predstavlja učenčevim kognitivnim sposobnostim, in količina kognitivne obremenitve, ki jo naloga prinaša, bi morali biti odločilni dejavniki pri izbiri individualnega ali skupinskega učnega okolja. Večja kot je obremenitev učnih nalog, večja je verjetnost, da bo sodelovanje privedlo do boljših učnih rezultatov (Kirschner, Paas in Kirschner, 2010). To pomeni, da morajo pri oblikovanju sodelovalnega učenja kot izobraževalnega pristopa učitelji sami zagotoviti, da so učne naloge dovolj zapletene, da jih posamezno ni mogoče zlahka izvajati. Tako je namesto izključne izbire za individualno ali sodelovalno učenje bolje ohraniti fleksibilnost in spreminjati pristop glede na zahtevnost in kompleksnost učnih nalog.

KLJUČNA SPOROČILA

- Kognitivna teorija obremenitve temelji na uveljavljenem modelu človeškega spomina, ki vključuje senzorični, delovni in dolgoročni spomin.
- Delovni pomnilnik lahko obdeli v povprečju samo 7 informacij. Ta omejitev ustvarja „ozko grlo“ za učenje.
- Ločimo med tremi vrstami kognitivnih obremenitev, ki vplivajo na delovni spomin: notranja (bistvena za nalogo), zunanja (ni nujno povezana z nalogo) in namenska (naložena obremenitev z učenčevim namerno uporabo kognitivnih strategij za olajšanje učenja).
- Kadar kognitivna obremenitev presega zmogljivost delovnega spomina, sta uspešnost učenca in učenje oslabljeni.
- Za lažje učenje se je smiselno osredotočiti na tehnike, ki zmanjšujejo zunanjo obremenitev (npr. rešeni primeri), prilagodimo notranjo obremenitev glede na strokovno znanje učenca (npr. poenostavitev naloge) in s tem zagotovimo, da je neizkoriščena zmogljivost delovnega pomnilnika namenjena splošni obremenitvi, torej kognitivnim strategijam, ki olajšajo učenje.

VIRI IN LITERATURA

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. idr. (2016). *Taksonomija za učenje, poučevanje in vrednotenje znanja. Revidirana Bloomova taksonomija izobraževalnih ciljev*. Zavod RS za šolstvo.

Atkinson, R. C., Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. *Psychology of Learning and Motivation*, 2, 89–195.

Ayres, P., Cierniak, G. (2012). Split-Attention Effect. V: Seel, N. M. (ur.) *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_19.

Bloom, B. S. IDR. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Book I: Cognitive Domain*. David McKay Company.

Brodnik, V. (2015). Sprotno (formativno) spremljanje znanja. V: *Izzivi razvijanja in vrednotenja znanja v gimnazijski praksi. Zgodovina*. Zavod RS za šolstvo, 65–140.

Carlson, R., Chandler, P., Sweller, J. (2003). Learning and understanding science instructional material. *J Educ Psychol* 95: 629–640.

Carlson, R., Chandler, P., Sweller, J. (2003). Learning and understanding science instructional material. *Journal of Educational Psychology*, 95 (3), 629–640. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.3.629>.

Dirkx, K. J. H., Kester, L., Kirschner, P. A. (2014). The Testing Effect for Learning Principles and Procedures from Texts. *The Journal of Educational Research*, 107, 357–364.

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist* 38(1): 23–31.

Kirschner, P., Sweller, J., Clark, R. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75–86.

Kirschner, F., Paas, F., Kirschner, P. A. (2010). Task complexity as a driver for collaborative learning efficiency: The collective working-memory effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 615–624.

Mayer, R., Moreno, R. (1998). A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology*, Volume 90, Number 2.

Mayer, R. E. (2010). Applying the science of learning to medical education. *Medical Education*, 44, 543–549.

Schroeder, N. L., Cenki, A. T. (2018). Spatial Contiguity and Spatial Split-Attention Effects in Multimedia Learning Environments: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 30 (3): 679–701.

Paas, F., Renkl, A., Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.

Sweller, J. (2006). The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, 16(2) 165–169.

Young, J. Q., Van Merriënboer, J., Durning, S., Cate, O. T. (2014). Cognitive Load Theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Med Teach*, 36(5), 371–84.

Van Merriënboer, J. G., Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147–177.