

MĀCĀM DABASZINĀTNĒS UN MATEMĀTIKĀ LIETOT IEPRIEKŠ APGŪTO¹

Teaching to Use in Science and Mathematics Previously Acquired Skills²

Ilze France

Dace Namsone

Līga Čakāne

Uldis Dzērve

Jānis Vilciņš

Latvijas Universitāte, Latvija

Abstract. *Goal of the research is to analyse how students currently succeed in using basic skills acquired in mathematics, in science and real-life contexts, before new reforms in Latvia for the development of students' competence have been started. Only about 20% of students in the national testing for 9th grade were able to do it. The research analysed students' papers, results, and study aids, as well as teacher performance in lessons.*

Keywords: *science and mathematics teaching, basic skills in a new context, teacher collaboration.*

Ievads

Introduction

Latvijā, līdzīgi kā citviet pasaulē (Bernholt et al., 2012), mācību saturu plānots veidot, attīstot skolēnu kompetences, sauktas arī par 21. gadsimta pamatprasmēm. Kompetence kā skolēna mācīšanās rezultāts ir sasniedzams mācību procesā, kurā īstenotā pedagoģiskā pieeja atbilst dziļas mācīšanās uzdevumiem - *deep learning*, *deeper learning*, *visible learning* (Fullan, Langworthy, 2014; Hattie, 2012), kas ietver apzinātu kognitīvo un metakognitīvo stratēģiju darbināšanu zināšanu konstruēšanai dažādos kontekstos un situācijās. Piemēram, mācoties matemātiku, skolēns ne tikai atrisina konkrēto uzdevumu, bet arī apzinātā līmenī reflektē par risināšanas stratēģiju, tās izmantošanas iespējām citās situācijās.

¹ Šis pētījums ir veikts sadarbībā ar Valsts pētījumu programmu VPP 2014-2017

² This research is supported by National Research Program Project VPP 2014-2017

Virziens uz pamatprasmju attīstīšanu Latvijā ir uzsākts 1998.gadā (IZM ISEC, 1998. Ar 2006. gadu tas nostiprināts mācību satura dokumentos (MK, 2006; MK, 2014), akcentējot analītiskās un kritiskās domāšanas, radošuma un pašizpaušmes, komunikācijas, sadarbības un mācīšanās prasmes, kā arī, piemēram, matemātisko pamatprasmju starpdisciplināro raksturu, kā matemātikas mācīšanas mērķi definējot nepieciešamību “veidot skolēnu izpratni par matemātiskām metodēm un attīstīt prasmes tās lietot pasaules izzināšanā, citos mācību priekšmetos un daudzveidīgā darbībā”. Mācību priekšmetu programmās un mācību līdzekļos matemātikā un dabaszinātnēs, īstenojot reformu projektus 2006. – 2011.gadā, starp prioritātēm tika izvirzīta matemātikas sasaiste ar dabaszinātnēm un apgūtā lietošana arī reālās dzīves kontekstā. Praktiski tam būtu jāizpaužas mācību procesā apskatāmajos piemēros, uzdevumos.

Padomju perioda metodiskajā skolā Latvijā fizikas un ķīmijas mācīšanā īpaša loma tika pievērsta tipveida aprēķinu uzdevumu risināšanai. Tas ievērojami atšķīrās no rietumos sastopamās metodiskās tradīcijas, kur šāds aprēķinu īpatsvars skolas mācību saturā nav sastopams. Cita veida uzdevumi mūsu mācīšanas kultūrā parādījās ar starptautiskajiem OECD PISA testiem. Salīdzinot dažādos avotos (Černobeļskaja, 1987; Labudde, 2010) minēto par uzdevumu izmantošanas nolūkiem, izdalāmas tradicionāla un mūsdienīga uzdevuma pazīmes atbilstoši vairākiem kritērijiem, no kuriem pētījuma kontekstā atlasītie apkopoti 1.tabulā. Pamatatšķirība ir pāreja no satura akcentēšanas - *ko zinām*, uz procesu - zināšanu iegūšanas ceļa nozīmīgumu - *kā zinām* (Kegan, 2002).

1.tabula. **Tradicionāla un mūsdienīga uzdevuma salīdzinājums**

Table 1 Comparison of traditional and contemporary task

Kritērijs	Tradicionālais	Mūsdienīgais
Situācija jeb teksts + konteksts	Uzdevuma situāciju veido jēdzieni, fakti, likumi, šaurā zinātnes kontekstā. Atsevišķos gadījumos sadzīvisks (reāls, bet nebūtisks) konteksts.	Jēdzieni, fakti, likumi, teorijas + starpdisciplinārs konteksts, reālās dzīves situācijas, sociāli nozīmīgs konteksts.
Kognitīvais līmenis, uzdevumu risināšanas paņēmieni	Risinot tipveida uzdevumus, atceras procedūras, izpilda rutīnas darbības. Ir uzdevumi ar augstāku grūtības pakāpi – “cietie rieksti”.	Attīsta kognitīvās stratēģijas, lasītprasmes stratēģijas. Procedurālas (rutīnas) un nestandarta darbības, rīcība jaunā situācijā.

2015.gadā valsts pārbaudījumā dabaszinātņu priekšmetos (fizikā, ķīmijā, bioloģijā un ģeogrāfijā) 9.klasi beidzot, bija iekļauti arī uzdevumi, kuru izpildei nepieciešams lietot matemātikā apgūtās prasmes.

Uzdevumu analīze rosināja pētījuma mērķi – pirms jauno reformu uzsākšanas padziļināti analizēt, kā šobrīd skolu praksē Latvijā matemātikā apgūtās pamatprasmes tiek lietotas dabaszinātņu kontekstos.

Pētījumam izvirzītie jautājumi:

- 1) Kādu sniegumu pārbaudījumā 9.klasei uzrāda skolēni uzdevumos, kuros nepieciešams lietot matemātiskas prasmes dabaszinātņu kontekstos?
- 2) Kā skolēni 9.klases pārbaudījumā izmanto matemātikā un dabaszinātņu priekšmetos apgūtos paņēmienus?
- 3) Kā daļu un procentu aprēķinu mācīšana atsegta mācību grāmatās? Kā notiek mācīšana klasē?

Metodoloģija
Research Methodology

Pētījuma instrumenti

1. Valsts pārbaudījuma rezultātu analīze. Diagnosticējošo darbu pildīja 14600 skolēni. Noteikta katra uzdevuma grūtības pakāpe, uzdevuma izšķirtspējas koeficients, kā uzdevuma izpilde veikusies skolēnu grupai ar augstiem un zemiem sasniegumiem darbā kopumā. Apstrādei izmantota ITEMAN programmatūra. Lai novērtētu darba piemērotību skolēnu kopai, izmantots IRT RASCH modelis.
2. Skolēnu darbu analīze. Padziļināti analizēti 300 skolēnu darbi no 8 skolām, kuru skolotāji atsaucās aicinājumam darbus iesniegt. Pārbaudes darbā bija iekļauts uzdevums, kas mēra, kā jaunā kontekstā skolēni prot atrast daļas, kas dota procentos, vērtību. Šis uzdevums bija padziļinātas izpētes objekts.
3. Mācību līdzekļu (ML) analīze. Pētījumam izmantoti mācību priekšmetu programmu paraugi matemātikā un ķīmijā, mācību grāmatas matemātikā 3.- 8. klasei, ķīmijā 8., 9. klasei un uzdevumu krājumi ķīmijā³. Veicot ML izpēti, fiksēts, kā autori piedāvā apgūt

³Autoru kolektīvs, (2005). Ar gudru ziņu, 3.klasei 2.daļa. R: RaKa.

Brangule, A., Namsonē, D. (2013). *Ķīmija 8.klasei. Mācību grāmata*. Lielvārde: Lielvārds.

Drille, M., Kakse, V. (2013). *Ķīmija 8.klasei. Mācību grāmata*. R: Zvaigzne ABC.

France, I., Lāce, G. (2015). *Matemātika 6.klase*. Lielvārde: Lielvārds.

Jansons, E. (1998). *Ķīmija 8. un 9. klasei*. Aizkraukle: Krauklītis.

Lude, I., Lapiņa, J. (2012). *Matemātika 6.klasei*. R: Pētergailis.

Nātra, Dz., Nātra, E. (1996). *Ķīmijas uzdevumi un vingrinājumi pamatskolai*. R: Zvaigzne ABC.

Trepšs, I. (1972). *Ķīmijas uzdevumi un vingrinājumi 7. – 11.klasei*. R: Zvaigzne.

Ozols S., Liepiņš E. (1996). *Ķīmija pamatskolai*. R: Mācību grāmata.

Mencis, J., Sūniņa, V. (2009). *Matemātika, 3.klase*. R: Zvaigzne ABC.

Mencis, J. (sen.), Krastiņa, E., Mencis, J. (jun.), Oliņa, D. (2008). *Matemātika, 3.klase*. R: Zvaigzne ABC.

Mencis, J. (sen.), Mencis, J. (jun.). (2008). *Matemātika 5. klasei*. R: Zvaigzne ABC.

Mencis, J. (sen.), Mencis, J. (jun.). (2009). *Matemātika 6. klasei*. R: Zvaigzne ABC.

Mencis, J. (sen.), Mencis, J. (jun.). (2010). *Matemātika 4. klasei*. R: Zvaigzne ABC.

Valtasa, I. (2009). *Matemātika 3.klasei*. R: Pētergailis.

Valtasa, I., Lude, I. (2005). *Matemātika 4.klasei*. R: Pētergailis.

konkrētos jautājumus – daļas un procenti, proporcijas matemātikā, uzdevumi par šķīduma sastāvu procentos ķīmijā; kādi ir mācību grāmatās, uzdevumu krājumos iekļautie uzdevumi atbilstoši izvēlētiem kritērijiem (uzdevuma konteksts; uzdevumu risināšanas paņēmieni, kognitīvās stratēģijas).

4. Mācību stundu transkripciju analīze. Izmantotas Latvijas Universitātes Dabaszinātņu un matemātikas izglītības centra vēroto stundu datu bāzē pieejamās transkripcijas, kas iegūtas laikā no 2013.g. februāra līdz 2014.g. janvārim un attiecas uz pētījuma jautājumiem. Stundu transkripcijas un analīzi elektroniskā formā veica centra eksperti (ar 10 – 15 gadu stundu vērošanas un analīzes pieredzi, kas iegūta video un regulārā reālu stundu analīzē gan ekspertu grupās gan individuāli), izmantojot kritēriju un līmeņu aprakstu rubrikas, vērtējums skalā 0 – 3 pamatojot ar komentāriem. Pētījumam atbilstošo transkripciju skaits 9 (mācību stundas 4.-6.klasē, kurās skolēni mācās risināt daļu un procentu uzdevumus). Stundu dati analizēti atbilstoši izvēlētiem kritērijiem (izmantoto uzdevumu konteksts; uzdevumu risināšanas paņēmieni, kognitīvās stratēģijas; metakognitīvās stratēģijas; mērķtiecība).

Rezultāti un diskusija ***Results and discussion***

Ko rāda darba analīze kopumā

Diagnosticējošo darbu dabaszinātnēs 9. klasei veido 12 uzdevumi, kuri sadalās 40 testelementos. Darbā maksimāli iespējams iegūt 45 punktus. Maksimālais iegūto punktu skaits darbā bija 42 punkti, minimālais – 1 punkts. Izmantojot IRT RASCH modeli, redzams, ka piedāvātais darbs kopumā ir vērtējams kā vidēji grūts. Skolēnus, pēc to spējas veikt šo darbu, var nosacīti sadalīt četrās grupās (skat. 2.tab.).

Skolēniem salīdzinoši labi veicas uzdevumos, kuru izpildei nepieciešams parādīt vienkāršu atsevišķu prasmi darbā ar informāciju, piemēram, atrast tekstā teikumu, nolasīt skaitļus (lielumus) no grafika.

Uz pētījuma jautājumu (matemātikas lietojums dabaszinātņu kontekstā) attiecas trīs testelementi – 5.2., 6.2. un 10.4. To grūtības pakāpes atbilstoši ir 0,36; 0,22 un 0,17. Salīdzinot ar kopējiem rezultātiem (darba grūtības pakāpe 0,43), redzams, ka šie trīs uzdevumi ir izrādījušies skolēniem grūti.

2.tabula. Skolēnu grupas atbilstoši IRT RASCH modelim
Table 2 Groups of pupils according to the IRT RASCH model

Grupa	Skolēnu snieguma raksturojums
III grupa (ap 15% no skolēnu skaita)	Skolēni spēj lietot zināšanas un algoritmus nepazīstamās (jaunās) situācijās, citos kontekstos; analizēt kompleksu informāciju; radīt risinājumus.
II grupa (ap 50% no skolēnu skaita)	Skolēni spēj skaidrot vai lietot zināšanas pazīstamās standartsituācijās, izvēlas atbilstošus paņēmienus vai procedūras (ar diviem vai vairākiem soļiem), strukturē (organizē) un interpretē vienkāršus datus.
I grupa un 0 grupa (ap 35% no skolēnu skaita)	Skolēni spēj parādīt elementāras prasmes, atcerēties vai atpazīt vienkāršus faktus, jēdzienus vai procedūras. Skolēni nespēj parādīt elementāras prasmes, atcerēties vai atpazīt vienkāršus faktus, jēdzienus vai procedūras.

Tālākam pētījumam izvēlēts testelements 10.4.: *Aprēķini vajadzīgo kristāliskā nātrija hlorīda masu, lai pagatavotu 500 g fizioloģisko šķīdumu - 0,9% NaCl šķīdumu. Parādi risinājumu!*

Šī uzdevuma rezultāti ir vissliktākie (rezultātu analīze nerāda, ka iemesls varētu būt nepietiekams laiks uzdevuma izpildei), kaut gan konkrētā satura mācīšana matemātikā sākas ar izpratnes par daļām veidošanu 3., 4.klasē, turpinās 5.un 6. klasē, kad apgūst visu veidu daļu un procentu aprēķinus; procentu aprēķināšana tiek mācīta arī ķīmijā 8. klasē. Dati rāda - no skolēnu grupas ar augstiem sniegumiem darbā kopumā šo uzdevumu veikuši tikai 46%, no grupas ar zemiem rezultātiem darbā kopumā – 6%. Tas uzrāda nepieciešamību iedziļināties, kādi varētu būt šādu rezultātu cēloņi un iespējami problēmas risinājumi nākotnē.

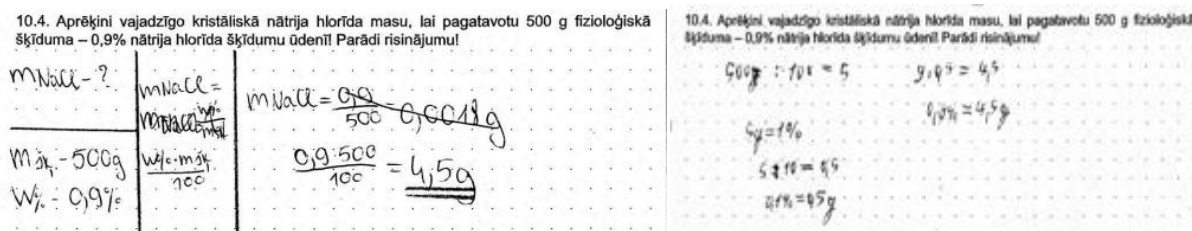
Veiksmīgai uzdevuma izpildei: lasot tekstu (reālās dzīves kontekstu), jāsaprot jēga, ka nepieciešamā vielas masa ir daļa no veselā - no šķīduma masas; jāsaprot, kas ir % (kas ir daļa) no veselā un kas ir procenta daļa; jāprot aprēķinot daļas vērtību, lietojot algoritmu, spriežot; jāprot izpildīt darbības ar skaitļiem.

Kā skolēni izmanto matemātikā un ķīmijā apgūtos paņēmienus

Iepazīstoties ar skolēnu darbiem, kuri šo uzdevumu ir risinājuši, redzams, ka tikai atsevišķi skolēni ir risinājuši uzdevumu, izmantojot ķīmijā piedāvāto formulu un atbilstošu risinājuma pierakstu (skat. 1.att.), skolēni pārsvarā izmanto matemātikā apgūto, izmantojot dažādus paņēmienus:

- Atrisinājuma gaitā tiek aprēķināta un tālāk izmantota 1% vērtība.
- Skolēni uzreiz aprēķina 0,9% no šķīduma masas, pārejot uz reizinājumu ($0,9\% \text{ no } 500 = 0,009 \cdot 500$).
- Tiek izmantota proporcionalitāte spriežot.
- Lieto formulu proporcijas nezināmā locekļa aprēķināšanai.

Otrs piemērs risinājumam (skat. 1.att.), kā skolēns spriež ķīmijai netradicionāli.



1.attēls. Skolēnu risinājuma piemēri
Figure 1. Examples of students' solutions

Redzams, ka skolēns sapratis uzdevumu, kontekstu (neierastā terminoloģija nav traucējusi). Skolēnam ir pilnīga izpratne par procentiem. Aprēķini pareizi veikti. Pieraksts neformāls - demonstrē gan jēgas izpratni, gan domāšanas/risināšanas procesu, pieraksts nav "izcili korekts" (vienādības zīmes lietojums).

Iezīmējas nepieciešamība matemātikā apgūtos risināšanas paņēmienus turpināt izmantot mācot dabaszinātnes, jo līdzšinējā prakse – mācīt, piemēram, ķīmijā jaunus paņēmienus neattiecas.

Kā daļu un procentu aprēķinu mācīšana atsegta mācību līdzekļos

- Risināšanas paņēmieni, kognitīvās stratēģijas ķīmijā

Starp prasmēm, kas skolēnam jāapgūst ķīmijā saistībā ar matemātiku, maz kas mainījies ilgā periodā. Piemēram, tiek sagaidīts, lai skolēns *prastu aprēķināt vielas masas daļu šķīdumā, kā arī izšķīdušās vielas masu, ja zināma tās masas daļa šķīdumā* (VISC, 2011). Salīdzinot matemātiskās un kognitīvās stratēģijas šādu uzdevumu risināšanā, ko iesaka dažādi autori laikā no 1972. līdz 2015.gadam (skat. 3. tab.) var secināt:

- Ieteiktajos risinājumos mainās matemātiskais paņēmiens - izmantotās matemātikas zināšanas un prasmes (tiešā proporcionalitāte, attiecība, proporcijas pamatīpašība, % kā simtdaļa, lielumu izteikšana no formulas).
- Laikā līdz 20.gs. 80. gadu vidum kā kognitīva stratēģija (vairāk vai mazāk algoritmiski) tiek darbināta analogiska spriešana, kas balstās uzdevuma situācijas izpratnē un zināmu matemātikas paņēmienu lietošanā. Ieviešot formulu $w\% = \frac{m(v.)}{m(\text{šķ.})} \cdot 100$, kas atbilst vielas masas daļas definīcijai, netiek izmantota tieša pēctecība ar iepriekš matemātikā apgūto (1% jēgu vai izpratni par proporcionāliem lielumiem). Tā tiek aizstāta ar lielumu izteikšanu no formulas. Bieži vienas formulas vietā (no kuras iespējams izteikt meklējamo lielumu

un tādējādi tiktu darbināta matemātikā apgūstama prasme) katra lieluma aprēķināšanai tiek dota sava formula, mākslīgi palielinot iegaumējamo faktu skaitu. Tiek sagaidītas zema līmeņa kognitīvas darbības – atcerēšanās (formulas, algoritma) un vajadzīgās formulas izvēle.

- ML vārdiska spriešana pamatā izmantota atsedzot uzdevuma saturisko jēgu (kura ir izšķīdusī viela, kas ir šķīdums, to masas) un to, ka procents ir simtdaļa. Matemātiskie aprēķini tiek doti pamatā kā gatavi algoritmi. Nav spriedumu par tiešās proporcionalitātes izmantošanu, kas ir neizmantotā iespēja risinot uzdevumu (ja viens lielums ir 2 reizes lielāks, tad otrs arī būs 2 reizes lielāks; netiek skaidrota proporcijas pamatīpašības izmantošana (kas ļauj aprēķināt nezināmo). Nav saprotama šāda autoru rīcība, jo procenti un proporcija abi ir matemātikas satura jautājumi, kuri tiek pārnesti uz ķīmijas kontekstu.

3.tabula. **Risināšanas paņēmieni, kognitīvās stratēģijas un matemātiskās prasmes**
Table 3 Solving approaches, cognitive strategies and mathematical skills

Uzdevuma risinājums	Kognitīvā stratēģija	Matemātikas lietojums
Cik gramu nātrija hlorīda satur 200g 10% šķīduma? 100 g šķīduma satur 10 g nātrija hlorīda 200 g šķīduma satur x g nātrija hlorīda $100/200 = 10/x$ $x = 200 \cdot 10/100 = 20$ g (Trepšs, 1972)	Raksta jautājumus. Spriešana, balstoties uz % jēgas izpratni.	Proporcijas uzrakstīšana. Proporcijas pamatīpašības izmantošana.
100 g šķīduma ir 10 g sāls 200 g šķīduma ir x g sāls $X = 200 \cdot 10/100 = 20$ g (Ozols & Liepiņš, 1996)	Spriešana, balstoties uz % jēgas izpratni. Algoritma atcerēšanās.	Proporcijas pamatīpašības izmantošana, bet kā gatavs algoritms.
Risinājumam var izmantot sakarību: $w\% = m$ izšķīdviela/ m šķīd $\cdot 100$, no kuras izsaka m izšķīdviela= $w\% \cdot m$ šķīd/ 100 m NaCl = $200 \cdot 10/100 = 20$ g (Nātra & Nātra, 1996)	Masas daļas definīcijai atbilstošās formulas atcerēšanās.	Meklējamā lieluma izteikšana no formulas.
Var atrast vienu simtdaļu (vienu procentu) no šķīduma masas. Pēc tam to pareizina ar simtdaļu (procentu) skaitu. m izšķīd.v.= $200g/100 \cdot 10=20g$ (Jansons, 1998)	Procenta definīcijas atcerēšanās.	Procentu vērtības aprēķināšana, vispirms aprēķinot 1 % vērtību.
$w = m(\text{vielai}) / m(\text{šķīdumam})$ $m(\text{šķīdumam}) = m(\text{ūdenim}) \cdot m(\text{vielai})$ 1.Nosaki dotos un aprēķināmos lielumus.	Formulu atcerēšanās.	Procentu izteikšana decimāldaļskaitļa formā.

<p>2. Izvēlies aprēķinu formulu. 3. Veic aprēķinus $m(\text{NaCl}) = w(\text{NaCl}) \cdot m(\text{NaCl šķ.}) = 0,1 \cdot 200\text{g} = 20\text{g}$ (Drille & Kakse, 2013)</p>		
--	--	--

3. tabulā apkopoti ML izmantoti paņēmieni, kā autori iesaka aprēķināt izšķīdušās vielas masu. Tabulā ir tikai tipiski un atšķirīgi paņēmieni. ML atrodami arī apakšgadījumi, kas atšķiras ar niansēm. Kā piemērs izmantots viens un tas pats uzdevums: *Cik gramu nātrija hlorīda satur 200 g 10% šķīduma?*

Ieviešot dabaszinātņu kursā dažādas formulas, to jēga ir matemātiski aprakstīt dabā esošas sakarības, procesus, kas ir nākamais līmenis pēc tam, kad sajūtu un taustāmajā līmenī apgūta būtība. Kā norāda Černobeļskaja (1987): *Skolēniem pamatskolas vecumā nav pietiekami attīstīta abstraktā domāšana, process jāatvieglo, padarot uzskatāmāku, visas formulas skolēniem jālieto apzināti. Formulas vienmēr ir abstraktas, izsaka vispārinātu pieeju risinājumam, katrā uzdevumā tās konkretizējas.* Formalizējot mācīšanu, notiek pārāk tāla atkāpšanās no būtības. Tiek, piemēram, ieviestas daudzas formulas, kurās jēga ir viena un tā pati, tās izsaka daļu no veselā. Faktiski ķīmijas skolotājs, kurš 8. klasē izmanto formālo ceļu, māca šo saturu kā pilnīgi jaunu.

Turpinot mācīt dažādos priekšmetos vienu un to pašu dažādos veidos, problēmu atrisināt nebūs iespējams. Problēmas risinājums ir mācīt skolēniem pārnesumu no matemātikā apgūtā (daļas, sakarības u.c.) uz tā lietošanu dabaszinātņu kontekstā. Veidojot mācīšanās procesu, balstīties konstruktīvisma pieejā - aktualizēt iepriekšējo pieredzi, veidot sasaisti ar iepriekš apgūto (*kur šis jau ir bijis? ar ko šis paņēmieni līdzinās iepriekšējam u.c.*), darbinot jau apgūtās kognitīvās un metakognitīvās stratēģijas. Kā norāda Cvetkovs (1981): *Lai matemātikas lietošana sekmētu skolēna ķīmijas izziņas procesu, jāzina, kurā klasē skolēni apguva to vai citu matemātikas jēdzienu un kā tas bija formulēts. Veiksmīgai jēdzienu "procents", "proporcija" izmantošanai nepieciešams tikai atkārtot šo jēdzienu matemātisko jēgu un pēc tam īstenot pārnesi uz ķīmijas saturu.* To, diemžēl nerespēktē vairums mācību grāmatu autoru.

- Daļu un procentu vērtības aprēķināšana matemātikas mācību grāmatās

Formāli dabaszinātņu mācību priekšmetos nepieciešamie jēdzieni un prasmes matemātikā tiek apgūti. Skatoties detalizētāk, kā tas tiek mācīts, redzams, ka dominē tipveida uzdevumu risināšana. Matemātikas ML analīze parāda tendenci arī matemātikas ietvaros akcentēt formālās procedūras un algoritmus, pie kuriem nonāk ātri "pārskrienot" jēdzienu un darbību jēgas izpratnei. Risinājuma pieraksts pārāgri tiek formalizēts, tas precīzi neatbilst spriešanai, piemēram, algoritms, kurā skaidri saskatāmi divi soļi, tiek uzreiz pierakstīts izteiksmes veidā. Kā argumentu skolotāji min iespēju "mazāk rakstīt,

īsāk pierakstīt”, kas būtu atbalstāmi, bet skolēnam parādot risinājuma soļus. Pietrūkst pēctecīgas balstīšanās uz jau apgūtajiem paņēmieniem, to izmantošana jaunā situācijā, piemēram, visu veidu daļu un procentu uzdevumos izmantot ideju, kas pamatā daļas vērtības aprēķināšanai. Tā vietā piedāvāti jauni paņēmieni, skolēns mehāniski atceras un lieto jaunu algoritmu. Piemēram, procents tiek definēts kā simtdaļa, bet definīcijas izmantošana tiešā veidā netiek izmantota, demonstrējot paņēmienus, kā tiek risināti procentu uzdevumi. Gandrīz nemaz netiek izmantota procenta jēdziena interpretācija, kas tieši aizved pie proporciju izmantošanas (uz ko, savukārt, balstās tradicionālā pieeja ķīmijā): 5% nozīmē – ja viss daudzums būtu 100, tad interesējošā daļa būtu 5. Diskutabla ir pāragra formālas simbolu valodas ieviešana 5.un 6.klasē, ja uzdevumus iespējams atrisināt vārdiski spriežot.

Piemērs, kā tiek mācīts aprēķināt skaitļa procentu vērtību, divās mācību grāmatās, kuras tiek plaši lietotas Latvijas skolās (Mencis & Mencis, 2008; Mencis & Mencis, 2009). Ieteikums 5.klasē: *Vispirms aprēķini 1% vērtību, izdalot doto skaitli ar 100, pēc tam šo daļījumu reizini ar procentu skaitu. 13% no 400 = 400 : 100 · 13 = 52.* Gandrīz uzreiz balstīšanos uz procenta definīciju nomaina pieeja, kas balstās prasmē aprēķināt daļas vērtību no skaitļa kā reizinājumu:

$$75\% \text{ no } 12 = \frac{3}{4} \cdot 12 = 12 \div 4 \cdot 3 = 9$$

Citāts no 6.klases mācību grāmatas: *Atceroties, ka reizināt skaitli ar daļu ir tas pats, kas aprēķināt skaitļa daļas vērtību, sakarību starp visu skaitli x , tā daļu $\frac{m}{n}$ un šīs daļas vērtību v var izteikt ar daļu un procentu rēķinu pamatformulu $\frac{m}{n} \cdot x = v$*

No šīs pamatformulas viegli var izteikt un ar vienu darbību aprēķināt (kā nezināmo reizinājumu vai reizinātāju) jebkuru no trim lielumiem – visu skaitli x , tā daļu $\frac{m}{n}$ vai šīs daļas vērtību v . Turklāt aprēķinu gaitā daļu $\frac{m}{n}$ var izteikt procentos (%).

1) *Aprēķināt $\frac{4}{9}$ no Ls 144.*

$$v = \frac{m}{n} \cdot x \quad v = \frac{4}{9} \cdot 144 = \frac{4 \cdot 144}{9} = 64 \text{ (Ls)}$$

Par pārāk formālu pieeju, ne jēgas izpratnes veicināšanu nākas secināt, meklējot ML, kā skolēns nonāk pie veselā un daļas (%) jēdziena izpratnes, kā mācās saskatīt daļu, sadalīt daļās. Problēmas var radīt jēdziena “veselais” izpratne - sākumskolā nenodalot situācijas, kad veselais ir tiešām viens un vismaz sākotnēji nedalīts, kad veselo veido elementu kopums (no vienas puses tas tiek raksturots ar skaitli 1, bet vienlaikus arī ar skaitli, kas atbilst elementu

skaitam), kad veselais ir viens (piemēram nogrieznis), bet to var izmērīt, iegūstot skaitli. Tālāks vispārinājums notiek, kad veselo veido daļas, kas ir “neredzamas”, piemēram, šķīdums.

- Mainot kontekstu tipveida uzdevums kļūst par problēmuzdevumu

Uzdevuma kognitīvo dziļumu raksturo situācija (skolēnam pazīstama/jauna) un kompleksums, ko var vērtēt atbilstoši SOLO taksonomijai (Biggs & Collis, 1982). Mācoties ķīmiju, matemātikā risinātie procentu uzdevumi tiek aplūkoti jaunā kontekstā. Ķīmijas stundās šāda veida uzdevumus vēsturiski risina tikai ķīmijas kontekstā (*Cik gramu nātrija hlorīda nepieciešams, lai pagatavotu 200 g 10% NaCl šķīduma?*). Analizēto pārbaudes darba uzdevumu sarežģītā, ka ir dots reālās dzīves konteksts par fizioloģisko šķīdumu - 0,9% NaCl šķīdumu. Tas liek domāt, ka, piešķirot uzdevumam kontekstu, kādu skolēns nav agrāk redzējis, tiek radīta skolēnam jauna situācija un uzdevums ar tipveida algoritmu pamatā (no skolotāja pozīcijām raugoties) kļūst par uzdevumu, kurš ir komplekss (ietver vairākus struktūrelementus) un kura atrisināšana prasa zināšanu lietošanu jaunā situācijā – tāpat citu kognitīvo dziļumu. Pārbaudes darba uzdevuma par fizioloģisko šķīdumu kompleksums atsegts 4.tabulā. Šāds uzdevums nav uzskatāms par risināmu pēc apgūtā parauga (lai arī tajā ir rutīnas darbības) un kļūst par problēmu skolēnam, kuram regulārajā mācību procesā ir tikusi “drillēta” atsevišķu, savstarpēji nesaistītu algoritmu apguve.

Skatoties ML no kompetenču aspekta – skolēnam faktiski nav iespēju vingrināties jaunos kontekstos, jo uzdevumi ar vismazākajām atšķirībām uzrādīti kā atsevišķi gadījumi, piemēram: *izšķīdušās vielas un šķīdinātāja masas aprēķināšana šķīdumam; izšķīdināmās vielas un šķīdinātāja masas aprēķināšana, pagatavojot noteiktu šķīduma masu*. Ar identisku tekstu doti desmitiem paraugu. Piemēram, uzdevumu krājumā (Nātra & Nātra, 1996) starp 30 uzdevumiem 29 piemēros ir identisks teksts “*Cik liela masa ir vielai un ūdenim, kas nepieciešami, lai pagatavotu...*”, atšķiras tikai skaitļi, mērvienības, vielu formulas un nosaukumi. Tas ir konceptuāli atšķirīgi no dziļmācīšanās pieejas, kas rosina pārnesi uz jaunu situāciju saskatot analogo.

4.tabula. Uzdevuma struktūrelementi un kompleksums
Table 4. Structural complexity of the task

Prasmju joma	Zināšanas un prasmes, kas nepieciešamas, lai izpildītu uzdevumu	Konteksta ienestā jaunā situācija
Ķīmija (terminoloģija, uzdevuma jēgas izpratne)	Jāatpazīst un jāsaprot “vārdi” – <i>nātrijs hlorīds, šķīdums</i> .	“Vārdu salikums” <i>kristāliskā nātrijs hlorīds</i> vairāk tiek lietots eksperimentu kontekstā, ne aprēķinu uzdevumos.
	Saprot, kas veido šķīdumu, ka šķīdums ir veselais, NaCl – daļa no veselā; ka jāaprēķina nepieciešamā vielas masa, lai tās daļa šķīdumā būtu prasītā.	
Matemātika (aprēķinu veikšanai)	Izpratne par to, kas ir daļa no <i>veselā</i> , kas ir % no <i>veselā</i> .	Procenta daļa (0,9%) – matemātiski (zinātnisks) jauns* konteksts, kas nav ienests pašmērķīgi, bet atbilst reālās dzīves situācijai.
	Prasme aprēķināt daļas vērtību no <i>veselā</i> – algoritma lietošana, spriešana.	Matemātiska prasme citas zinātnes / reālās dzīves kontekstā.
	Prasme izpildīt darbības ar skaitļiem (reizināt daļskaitli ar veselu skaitli).	
Lasītprame (lasīšanas startēģijas, kas var palīdzēt uztvert tekstu)	Prasme saskatīt tekstā ietvertu nezināmu jēdzienu skaidrojumu (domuzīmes nozīme), atrast atslēgas vārdus.	

*mācību priekšmeta standarts to neprasa

Matemātikas ML konteksts lielākoties ir matemātisks, formāls (*aprēķini, cik ir 2% no 50; aprēķini proporcijas nezināmo locekli*). Pārējos uzdevumos konteksts pārsvarā sadzīviska rakstura. Piemēram, par daļām un procentiem, kur parādās cits konteksts, 5.klasē ap 45% ir uzdevumu, kuros jāaprēķina daļa no priekšmetu, cilvēku, stundu, dienu skaita, attāluma - it kā par reālo dzīvi, bet reālajā dzīvē tādās situācijās procentus parasti pat nelieto (*korī 15% zēnu*); 20% gadījumu tas ir saistībā ar naudu, cenām; 20% uzdevumu ir par masu un tilpumu, t.sk. par sakausējumiem, žāvēšanu; ap 15% uzdevumu ir ģeometrijas konteksts. Samērā daudz uzdevumu ar ķīmijas saturu parādās 6.klases mācību grāmatās, kad diskutabli – vai skolēnam jau ir saprotams šis konteksts, piemēram, metāls kā maisījums, skābe, sāls, cēlmetāls. Vairumā ML kontekstu uzdevumu risināšana netiek skaidrota vispār, savukārt, ja tiek - pastāv aplamu priekšstatu veidošanās riski, iestrādājot nepareizu jēdzienu (koncentrācija,

daudzums) skaidrojumu. Piemēram: *Dažādu maisījumu un šķīdumu koncentrāciju norāda procentos izteikta tīrās vielas masas attiecība pret maisījuma vai šķīduma kopējo masu. Ja 100 gramos ūdens izšķīdina 5 g sāls (tīrā viela), tad kopējā masa ir 105 g un šāda šķīduma koncentrācija ir $5 : 105 = 0,0476... \approx 4,8\%$* (Mencis & Mencis, 2009).

Kā notiek mācīšana klasē

Būtu labi, ja mācoties valodu, tiktu apgūtas lasītprasmes stratēģijas, t.sk. saskatīt teksta jēgu; matemātikā būtu apgūtas dažādas uzdevumu risināšanas stratēģijas, no kurām skolēns lietotu sev ērtāko, bet ķīmijā tiktu mācīta dabaszinātniskā jēga un prasme saskatīt pārnese. Šāds modelis var darboties tikai tad, ja skolotāji – valodas, matemātikas un ķīmijas savā starpā sadarbojas un mācīšanās sākas ar iepriekšējā aktualizēšanu un pārnesuma veidošanu.

Vēroto stundu transkripcijas rāda tendenci par nepietiekamu stundas mērķtiecību un iespēju skolēniem konstruēt jaunas zināšanas - stundā plānotā rezultāta komunicēšana skolēniem analizētajās stundās vērtējama vidēji ar 1,6 (skalā 0 - 3); stundā sasniegtā rezultāta konstatēšana ar 1,7; iepriekšējo prasmju aktualizēšana ar 1,5.

Ir veiksmīgi piemēri, kas liecina par kognitīvo prasmju attīstīšanu - skolēni skaidro (*kā risināja, kāpēc tas dod pareizu rezultātu, kā vēl citādāk varētu pierakstīt*), skolēni izvēlas sev saprotamāko risinājuma ceļu u.tml. Taču piecās no deviņām stundām skolēni veic tikai reproduktīvas darbības – klausās, noraksta no tāfeles, izpilda darbības ar skaitļiem, skolotājs akcentē “*jāiemācās no galvas!*”, “*kurš pateiks likumu?*”, “*vai pierakstīji?*” u.tml. Divās transkripcijās fiksēts, ka stundā skolēniem netiek dots laiks domāšanai, notiek tikai atprasīšana. Divās stundās vispār nenotiek mācīšana, skolēni vienkārši lieto jau esošās prasmes, piem., skolotāja saka, ka skolēni stundā mācīsies strādāt ar tekstu, viņi tiešām tekstā meklē prasīto informāciju, to arī veiksmīgi atrod, bet mācīšanās, kā to darīt, šajā stundā, nenotiek. Mācību darbību produktivitāte analizētajās stundās kopumā vērtējama vidēji ar 1,5 (skalā 0 -3).

Trešdaļā analizēto stundu fiksēts, ka stundā notiek refleksija - tiek pārrunātas veiktās darbības (*kā domāji; kā rīkojies; kur vēl šo varētu izmantot*) - tiek pilnveidotas skolēnu metakognitīvās prasmes.

Stundās redzami sekojoši uzdevumu konteksti: vienā matemātikas stundā ļoti veiksmīgi tiek izmantoti reāli preču iepakojumi, kas satur informāciju par produktu sastāvu; vienā stundā daļu uzdevumi tiek saistīti ar mērvienībām; divās stundās ir tikai formāls matemātikas konteksts; četrās stundās konteksts it kā no reālās dzīves, bet nebūtisks, piem., kāda daļa katra veida instrumentu ir orķestrī, situācijas nav autentiskas; dabaszinību stunda ir par šķīdumu procentuālo sastāvu.

Ilustrācijai piemērs no dabaszinību skolotājas G 01.02.2013. stundas 6.klasē – transkripcijas fragments.

Skolotāja stāsta, kā aprēķināt, cik g vielas ir šķīdumā. Uz ekrāna redzama formula ar vārdiem: izšķīdušās vielas masas daļa = masa vielai / šķīduma masa. Skolotāja aicina pierakstīt formulu kladē un saka, ka pēc formulas varēsīm noskaidrot, cik g vielas ir šķīdumā.

Aicina pildīt darba lapā 3. un 4. uzdevumu, sakot: ņemam formulu un mēģinām atbildēt. Izsauc vienu skolēnu pie tāfeles risināt piemēru "Vienā kilogramā okeāna ūdens ir 35 grami vārāmā sāls. Cik liela ir izšķīdušā sāls masas daļa okeāna ūdenī?" Skolēns raksta, sajaucot, kas skaitītājā, kas saucējā. Skolotāja jautā, ar ko dalīsi? Atgādina, ka augšā bija izšķīdušā viela jāraksta. Jautā klasei, vai Jūs domājat tāpat? Saka, ka viņa dzird pareizo atbildi. Paslavē. Aicina pie tāfeles otru skolēnu risināt "Vienā kilogramā kokakolas ir 100 grami cukura. Cik liela ir cukura masas daļa?" Jautā, vai zina, kā procentus rēķināt. Rāda uz ekrāna ar vārdiem formulu - liek to norakstīt. Aicina pamēģināt izrēķināt darba lapā 5. un 6. uzdevumu "Cik g joda jāņem, lai pagatavotu šķīdumu ar joda masas daļu viena divdesmitā? Cik % ir šķīdums?" Jautā, kurš izdomāja, kāda darbība būs - kas ar ko ir jādala?"

Skolotāja saka: nu jau jūs esat iemanījušies aprēķināt masas daļu un procentus, tagad es pārbaudīšu, cik labi jūs to protat.

Ja dabaszinātņu stundā skolotājs ir darbojies pēc iepriekš aprakstītās pieejas – nevis fokusējoties uz izpratni par šķīdumiem, bet dodot matemātiskus uzdevumus ar līdzīgu tekstu, tad skolēnam, ieraugot citu saturu, situāciju, var rasties objektīvas grūtības. Iespējams, skolēns to pat nelasa, jo nav trenēts lasīt ķīmijas uzdevumos dažādu kontekstu, nav apguvis lasītprasmes stratēģijas. Izaicinājums ikvienam skolotājiem, kā mācīšanās procesā praktiski realizēt vingrināšanos lietot apgūto jaunos kontekstos, tas nozīmē skolēnam, sākot risināt uzdevumu, nevis atpazīt ko? (*šis ir tāds pats uzdevums, kā ...*), bet atpazīt kā? (*šeit varētu izmantot ... paņēmienu*). Tas nozīmē mācīt augstāka līmeņa domāšanu, kas kā pētījumi rāda skolotājiem veicas grūti (Barak et al., 2007).

Secinājumi **Conclusions**

Skolēnu rezultāti uzdevumos, kuru izpildei ir nepieciešams dabaszinātniskā kontekstā lietot matemātiskās prasmes, ir zemi. Mācību līdzekļu analīze rāda, ka viens no iemesliem neprasmei izmantot daudzus gadus mācību procesā lietotu algoritmu varētu būt tas, ka mācīšana gan matemātikā gan dabaszinātnēs ir pārprasti formalizējusies, priekšplānā neizvirzot dziļas izpratnes veidošanu.

Lai skolēniem būtu iespēja iegūt pieredzi kompleksu problēmu ar dažādiem kontekstiem risināšanā, veidojot pārnesumu no zināmām situācijām uz svešām, darbināt kognitīvās un metakognitīvās stratēģijas, jāmainās mācību procesam klasē, kas aktualizē skolotāju prasmju pilnveidošanas nepieciešamību. Sekmējama sadarbība starp matemātikas un dabaszinātņu skolotājiem skolā, nepalikot tikai sarunu un plānošanas līmenī, bet skatoties stundās - kādas

stratēģijas katrs izmanto, kā māca tās atpazīt un pārnest. Skolotāju sadarbības loks vēl vairāk paplašināms, iesaistot savstarpējā pieredzes apmaiņā un pilnveidē arī sākumskolas un citu mācību priekšmetu skolotājus, kas svarīgi sekmējot skolēniem nepieciešamo lasīšanas stratēģiju, argumentēšanas u.c. prasmju apguvi.

Ir veikts aprakstošs pētījums, kas konstatē svarīgus faktus, kas turpmāk būtu padziļināti pētāmi eksperimentālu vai korelatīvu pētījumu ietvaros, piemēram, veicot salīdzināšanu: skolēnu sniegums procentu noteikšanas uzdevumos bez dabaszinātņu konteksta, uzdevumos ar dažādu dabaszinātņu kontekstu, uzdevumos ar semantiski skaidrāku un abstraktāku formulējumu, lai droši ticami konstatētu, vai problēma ir tieši dabaszinātņu kontekstā, procentu izpratnē vai semantikā un kādi akcenti nepieciešami mācību procesā.

Summary

Deep learning means to use cognitive and meta-cognitive strategies to construct knowledge and use it in different contexts. It means in subjects like chemistry and physics students should use their math skills that they acquired during their previous schooling in solving problems in science or real life context. The research shows that in chemistry teaching practice traditionally the new strategies are introduced.

The research concluded that the focus should be on collaboration between mathematics and science teachers and understanding of how to teach to students to transfer math skills that must be used in a new context and to unknown situations by focusing on the process of how knowledge is acquired (how we know) rather than a focus only on accumulated subject matter content (what we know).

Literatūra References

- Barak, M., Ben-Chaim, D., & Zoller, U. (2007). Purposely Teaching for the Promotion of Higher-order Thinking Skills: A Case of Critical Thinking. *Research in Science Education - RES SCI EDUC*, 37 (4), 353-369.
- Bernholt, S., Neumann, K., & Nentwig, P. (2012). *Making it tangible: Learning outcomes in science education*. Münster, München, Berlin, Germany; New York, USA: Waxmann.
- Biggs, J.B., Collis, K.F. (1982). *Evaluating the Quality of Learning – the SOLO Taxonomy*. New York, USA: Academic Press.
- Cvetkov, A., Ivanova, R., Polosin, V. i dr. (1981). *Obščaja metodika obučeņija himiji*. Pod red. Cvetkova. M: Prosveščenijs.
- Černobeļskaja, G.M. (1987). *Osnovi metodiki obučeņija himiji*. M: Prosveščenijs.
- France, I., Namšone, D., & Čakane, L. (2015). What Research Shows about Mathematics Teachers' Learning Needs: Experience from Latvia. In *SOCIETY, INTEGRATION, EDUCATION*, 2, 45–55. Retrieved from <http://journals.ru.lv/index.php/SIE/article/view/457>
- Fullan, M., Langworthy, M. (2014). *A Rich Seam. How New pedagogies Find Deep Learning*. London, England: Pearson

- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers. Maximizing impact of learning*. London, England and New York, USA: Routledge.
- Hoskins, B., Deakin Crick, R. (2010). Competences for learning to learn and active citizenship: different currencies or two sides of the same coin? *European Journal of education*, 45 (1,II), 121-138.
- IZM ISEC. (1998). *Valsts pamatizglītības standarts*. Lielvārde, Latvija: Lielvārds.
- Kegan, P. (2002) *Mental demands of modern life: Implications for defining competencies*, keynote address DeSeCo Symposium, Geneva, February 11 – 13, 2002.
- Labudde, P. (2010). *Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr*. Bern: Haupt Verlag.
- Ljapin, S.E. (1965). *Metodika prepodavanija matematiki b 8-letnei skole*. M: Procvescenije.
- MK, (2006). Ministru kabineta noteikumi Nr.1027. Noteikumi par valsts standartu pamatizglītībā un pamatizglītības mācību priekšmetu standartiem. Retrieved from <http://m.likumi.lv/doc.php?id=150407>
- MK, (2014). Ministru kabineta noteikumi Nr.468. Noteikumi par valsts pamatizglītības standartu, pamatizglītības mācību priekšmetu standartiem un pamatizglītības programmu paraugiem. Retrieved from <http://likumi.lv/doc.php?id=268342>
- National Research Council. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- VISC (2011). *Ķīmija 8.-9.klase. Mācību priekšmeta programma*. Retrieved from <http://visc.gov.lv/vispizglitiba/saturs/programmas.shtml>
- Volkinsteine, J., Namsone, D., Cakane, L. (2014). Latvian chemistry teachers' skills to organize student scientific inquiry. *Problems of education in the 21st Century*, 59, 86 – 98.
- World Economic Forum (2015). *New Vision for Education*. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf