

| Id | Titel opgave                                             | nr opg  | Klas    | NOVA          | Chemie        | Chemie Overall |
|----|----------------------------------------------------------|---------|---------|---------------|---------------|----------------|
| 1  | Printen met water                                        | 1406-01 | 5v      | 5v,H8         | 5v,H10        | 5v,H10         |
| 2  | Propyleenglycoldamp met nicotine                         | 1406-10 | 4hv     | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H2/5v,H10  | 4h,H7/4v,H6    |
| 3  | Stabiele prestaties van suikerbieten                     | 1406-11 | 3hv     | 3h,H6/3v,H2   | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H4/3v,H4    |
| 4  | Vier ozonvreters in atmosfeer                            | 1406-12 | 5,6v    | 6v,H12        | 5v,H10        | 5v,H10         |
| 5  | Zoek het polonium                                        | 1406-13 | 4,5v    | 4h,H1/4v,H1   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2    |
| 6  | Elektriciteit uit afvalgas                               | 1406-14 | 5v      | 5v,H9         | 6v,H16        | 6v,H20         |
| 7  | Ik voorzie een CO <sub>2</sub> tekort                    | 1406-15 | 4hv     | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H1/4v,H7    |
| 8  | Argon in de ruimte                                       | 1406-02 | 4hv     | 4h,H1/4v,H1   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2    |
| 9  | Schone kleding zonder palmolie                           | 1406-03 | 5hv     | 5h,H10/6v,H13 | 5h,H14/6v,H17 | 5h,H7/4v,H6    |
| 10 | Mosterdgas zoekt opruimdienst                            | 1406-04 | 5v      | 5v,H10        | 5v,H10        | 6v,H20         |
| 11 | Minisyn gasgenerator                                     | 1406-05 | 3v, 4hv | 3v,H5/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H1/4v,H7    |
| 12 | Imazalil                                                 | 1406-06 | 4hv     | 4v,H3         | 4v,H3         | 4v,H6          |
| 13 | Zuurstof in ruimtestation ISS                            | 1406-07 | 3hv     | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4    |
| 14 | Radicale chemie                                          | 1406-08 | 5,6v    | 5v,H10        | 5v,H10        | 5v,H12         |
| 15 | Arseen maakt waterstof                                   | 1406-09 | 5v      | 5v,H9         | 6v,H16        | 6v,H17         |
| 16 | Kevertruc verdedigt pinautomaten                         | 1408-01 | 4hv     | 4h,H6/4v,H5   | 5h,H9/4v,H7   | 4h,H1/4v,H1    |
| 17 | Contactlens Google meet bloedsuiker                      | 1408-10 | 5v      | 5v,H9         | 6v,H17        | 6v,H19         |
| 18 | Superkatalysator zet CO <sub>2</sub> om in CO            | 1408-02 | 4hv     | 4h,H6/4v,H5   | 5h,H9/4v,H7   | 5h,H9/4v,H7    |
| 19 | Lignineprobleem opgelost                                 | 1408-03 | 5v      | 5v,H8         | 5v,H12        | 5v,H15         |
| 20 | Serieus afbreekbaar bioplastic                           | 1408-04 | 5v      | 6v,H11        | 6v,H19        | 6v,H18         |
| 21 | Goedkoop struviet                                        | 1408-05 | 4hv     | 4h,H4/4v,H4   | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4    |
| 22 | Productie duurzame energie stijgt, maar niet snel genoeg | 1408-06 | 4hv     | 4v,H3         | 4v,H3         | 4v,H7          |
| 23 | Groen, goud, blond                                       | 1408-07 | 4hv     | 4h,H6/4v,H5   | 5h,H9/4v,H7   | 5h,H9/4v,H7    |

|     |                                                                  |          |             |              |               |               |
|-----|------------------------------------------------------------------|----------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| 24  | Bodem boert CO <sub>2</sub> weer omhoog                          | 1408-08  | 5,6v        | 6v,H14       | 6v,H19        | 6v,H20        |
| 25  | Meer ozon door alcoholauto                                       | 1408-09  | 5,6v        | 5v,H10       | 6v,H16        | 6v,H20        |
| 26  | Robotpil kan injecties overbodig maken                           | 1409-01  | 4,5hv       | 5h,H7/5v,H6  | 4h,H8/4v,H8   | 4h,H1/4v,H1   |
| 27  | Efficiënte elektrolysetechniek voor waterstofproductie           | 1409-02  | 5v          | 5v,H9        | 6v,H16        | 6v,H20        |
| 28  | De kat op de tumor binden                                        | 1409-03  | 5v          | 5v,H8        | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 29a | Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie I       | 1409-04a | 5v          | 6v,H12       | 6v,H16        | 6v,H20        |
| 29b | Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie II      | 1409-04b | 5v          | 5v,H8        | 6v,H16        | 6v,H20        |
| 30  | Onze slinkende energievoorraad                                   | 1409-05  | 4hv         | 4v,H3        | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   |
| 31a | Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie I   | 1409-06a | 5hv         | 6v,H13       | 6v,H17        | 5v,H14        |
| 31b | Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie II  | 1409-06b | 3-6hv       | 5v,H8        | 5v,H10        | 5v,H14        |
| 31c | Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie III | 1409-06c | 5,6v        | 5v,H8        | 5v,H10        | 5v,H14        |
| 32  | Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierindustrie       | 1409-07  | 4,5hv       | 4h,H3/4v,H2  | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H7/4v,H6   |
| 33  | Solarjet maakt kerosine uit zonlicht                             | 1409-08  | 3hv         | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   |
| 34  | Power-to-gas-installatie                                         | 1409-09  | 5hv         | 5h,H8/5v,H9  | 5h,H14/6v,H16 | 5h,H9/6v,H17  |
| 35a | 3D geprinte fopframboos versie I                                 | 1410-01a | 3,4hv       | 3h,H6/4v,H2  | 3h,H6/3v,H6   | 3h,H8/3v,H8   |
| 35b | 3D geprinte fopframboos versie II                                | 1410-01b | 5h;<br>5,6v | 5h,H9/6v,H11 | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H11/6v,H19 |
| 36  | Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?                  | 1410-02  | 4,5hv       | 4h,H2/4v,H1  | 4h,H5/4v,H4   | 4h,H3/4v,H3   |
| 37  | Planten maken groene stroom                                      | 1410-03  | 5v          | 5v,H9        | 6v,H16        | 5h,H9/6v,H17  |
| 38  | Waar komt de batterij vandaan?                                   | 1410-04  | 5v          | 5v,H9        | 5v,H11        | 6v,H17        |

|     |                                            |          |      |             |               |               |
|-----|--------------------------------------------|----------|------|-------------|---------------|---------------|
| 39  | Nano-ui                                    | 1410-05  | 5,6v | 6v,H13      | 6v,H19        | 6v,H18        |
| 40  | Centraal verwarmd nanodeeltje              | 1410-06  | 5,6v | 6v,H11      | 6v,H15        | 6v,H15        |
| 41  | Gas uit licht en water                     | 1410-07  | 5v   | 5v,H9       | 6v,H16        | 6v,H15        |
| 42  | Doodzonde om op te stoken                  | 1410-08  | 5,6v | 6v,H14      | 6v,H16        | 6v,H15        |
| 43  | Bioaromaten in opmars                      | 1410-09  | 5,6v | 6v,H11      | 6v,H15        | 6v,H15        |
| 44  | Kat maakt etheen van methaan               | 1411-01  | 5,6v | 5v,H8       | 5v,H14        | 4v,H6         |
| 45a | Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie I   | 1411-02a | 5v   | 6v,H13      | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 45b | Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie II  | 1411-02b | 5h   | 5h,H11      | 5h,H14/5v,H16 | 5h,H11/6v,H15 |
| 45c | Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie III | 1411-02c | 5hv  | 5h,H7/5v,H9 | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/5v,H11  |
| 46  | Botten gemaakt van bier                    | 1411-03  | 4hv  | 4h,H4/4v,H4 | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 47  | Zonnepanelen produceren mierenzuur         | 1411-04  | 3hv  | 3h,H4/3v,H4 | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 48  | Tijdelijke tatoeage haalt stroom uit zweet | 1411-05  | 5,6v | 5v,H9       | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 49  | Naar 50km op zoetjes, kaarsvet en lachgas  | 1411-06  | 3hv  | 3h,H2/3v,H2 | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H5/3v,H5   |
| 50  | Krypton dateert eeuwig ijs                 | 1411-07  | 4hv  | 4h,H1/4v,H1 | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 51  | Enzym duikt in furanen                     | 1411-08  | 5,6v | 5v,H8       | 5v,H11        | 5h,H9/5v,H11  |
| 52  | Te simpel                                  | 1411-09  | 5,6v | 5v,H8       | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 53  | Tot het laatste kooltje                    | 1411-10  | 3hv  | 3h,H4/3v,H5 | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H5/3v,H5   |
| 54  | Ethanol kraakt lignine                     | 1501-01  | 5hv  | 5v,H8       | 5v,H10        | 4v,H6         |
| 55  | Cholesterol voedt sensor                   | 1501-02  | 5,6v | 5v,H9       | 6v,H17        | 6v,H17        |
| 56  | 600 km op 1 tankbeurt                      | 1501-03  | 5hv  | 5h,H8/5v,H9 | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/56v,H17 |

|     |                                                                                           |          |       |                            |               |               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------------------------|---------------|---------------|
| 57  | Een boodschappentas van vissenslijm                                                       | 1501-04  | 5,6v  | 6v,H13                     | 6v,H17        | 5v,H14        |
| 58a | Mesvrij vest versie I                                                                     | 1501-05a | 3hv   | 3h,H5/3v,H5                | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   |
| 58b | Mesvrij vest versie II                                                                    | 1501-05b | 5hv   | 6v,H11                     | 5v,H12        | 5v,H9         |
| 59  | Complex molecuulontdekt in de ruimte                                                      | 1501-06a | 4hv   | 4h,H5/4v,H3                | 4h,H3/5v,H10  | 4h,H7/4v,H6   |
| 60  | Vertakte moleculen op sterrenstof                                                         | 1501-06b | 4hv   | 4h,H3/4v,H2                | 4h,H3/5v,H10  | 4h,H7/4v,H6   |
| 61  | Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte                                       | 1501-06c | 6v    | 5v,H7                      | 5v,H10        | 4v,H6         |
| 62  | Nieuw kristal neemt zuurstof efficiënt op                                                 | 1501-07  | 5v    | 4v,H6                      | 4v,H7         | 4v,H2         |
| 63  | Het is nu echt tijd voor SMA                                                              | 1501-08  | 5hv   | 5h,H9/6v,H11               | 5h,H12/5v,H10 | 4h,H7/4v,H6   |
| 65  | Magisch zand                                                                              | 1501-09  | 3,4hv | 3h,H1/3v,H1<br>4h,H3/4v,H2 | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H1/3v,H1   |
| 66  | Koning opent DSM-fabriek in VS                                                            | 1501-10  | 5hv   | 5h,H1/5v,H8                | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H11/5v,H15 |
| 67  | Bandje om membraaneiwit                                                                   | 1502-01  | 5v    | 6v,H11                     | 6v,H15        | 5v,H13        |
| 68  | Afgevangen CO <sub>2</sub> input voor nieuwe producten                                    | 1502-02  | 3hv   | 3h,H3/3v,H4                | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 69  | Natuurgetrouw magnetiet                                                                   | 1502-03  | 4hv   | 4h,H6/4v,H6                | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 70  | Het terroir zit vol gele en blauwe poeders                                                | 1502-04  | 4hv   | 4h,H4/4v,H4                | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 71a | AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO <sub>2</sub> chemicaliën maken (versie 3hv) | 1502-05a | 3hv   | 3h,H3/3v,H4                | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 71b | AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO <sub>2</sub> chemicaliën maken (versie 4hv) | 1502-05b | 4hv   | 4v,H3                      | 4v,H7         | 4h,H1/4v,H1   |
| 72  | Schaliegaswinning stinkt                                                                  | 1502-06  | 5v    | 6v,H12                     | 6v,H16        | 4h,H7/4v,H7   |
| 73  | Iets lager suikergehalte in vijfde campagneweek                                           | 1502-07  | 3hv   | 3h,H3/3v,H2                | 3h,H6/3v,H6   | 3h,H2/3v,H2   |

|     |                                                              |          |      |              |               |               |
|-----|--------------------------------------------------------------|----------|------|--------------|---------------|---------------|
| 74  | Wat is CCS?                                                  | 1502-08  | 4hv  | 4v,H3        | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H1/4v,H7   |
| 75  | Nieuwe wet haalt streep door vele koudemiddelen              | 1502-09  | 4hv  | 4h,H5/4v,H3  | 4h,H2/4v,H3   | 4h,H7/4v,H6   |
| 76  | Visie duurzame brandstoffenmix                               | 1502-10  | 5v   | 5v,H9        | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 77  | Hoe kan de zon branden als er geen zuurstof is in de ruimte? | 1503-01  | 4hv  | 4h,H1/4v,H1  | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 78  | Chemisch spaakwiel                                           | 1503-02  | 5,6v | 5v,H7        | 5v,H10        | 4v,H6         |
| 79  | Recycling tandpastatubes met magnetron                       | 1503-03  | 4,5v | 6v,H11       | 6v,H19        | 6v,H11        |
| 80  | Vitamine C                                                   | 1503-04  | 5v   | 5v,H9        | 5v,H13        | 5v,H11        |
| 81a | De suikerbiet als het nieuwe goud                            | 1503-05a | 3hv  | 3h,H7/3v,H7  | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H8/3v,H8   |
| 81b | De suikerbiet als het nieuwe goud                            | 1503-05b | 5hv  | 5h,H9/6v,H11 | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H11/6v,H20 |
| 82  | Teflon helpt palladium                                       | 1503-06  | 5v   | 6v,H11       | 6v,H19        | 6v,H18        |
| 83  | Slimme polymeren repareren je knie                           | 1503-07  | 5hv  | 5h,H9/6v,H11 | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H10/5v,H13 |
| 84  | Suikerunie lonkt naar de chemie                              | 1503-08  | 5v   | 4v,H3        | 5v,H14        | 6v,H18        |
| 85  | Water ouder dan zon                                          | 1503-09  | 4hv  | 4h,H1/4v,H1  | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 86  | Polymeer trouwt spiegelbeeld                                 | 1503-10  | 5,6v | 6v,H11       | 6v,H15        | 5v,H12        |
| 87  | Negenwaardig iridium                                         | 1504-01  | 5,6v | 5v,H7        | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 88  | Nieuwe microben voor Mars                                    | 1504-02  | 3hv  | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   |
| 89  | Witte wijn heeft ook roodpigment                             | 1504-03  | 5,6v | 6v,H12       | 5v,H10        | 5v,H10        |
| 90  | Oostenrijkse onderzoekers veranderen CO2 in alcohol          | 1504-04  | 5,6v | 6v,H14       | 6v,H19        | 6v,H18        |

|      |                                                   |          |        |               |               |               |
|------|---------------------------------------------------|----------|--------|---------------|---------------|---------------|
| 91   | Methaan op Mars                                   | 1504-05  | 4hv    | 4h,H4/4v,H4   | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11  |
| 92   | Pectine en brandstof uit koffiepulp en drab       | 1504-06  | 5hv,6v | 5h,H11/6v,H14 | 5h,H14/6v,H16 | 5h,H11/6v,H20 |
| 93   | Er was vrijwel geen zuurstof voor oerdieren       | 1504-07  | 4hv    | 4h,H1/4v,H1   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 94   | Perovskiet maakt waterstof                        | 1504-08  | 5,6v   | 5v,H9         | 6v,H16        | 5v,H11        |
| 95   | MOF in dunne plakjes                              | 1504-09  | 5,6v   | 5v,H7         | 6v,H18        | 6v,H18        |
| 96   | Ruimtereis op hybride stuwstof                    | 1504-10  | 5v     | 5v,H9         | 6v,H16        | 5v,H11        |
| 97   | Hoe natrium ontploft                              | 1505-01  | 4,5hv  | 4h,H6/4v,H5   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H1/4v,H1   |
| 98   | Natriumexplosie                                   | 1505-02  | 3hv    | 3h,H3/3v,H4   | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H3/3v,H3   |
| 99a  | Zoete rozengeur is pure chemie (versie I)         | 1505-03a | 5,6v   | 5v,H7         | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 99b  | Zoete rozengeur is pure chemie (versie II)        | 1505-03b | 5,6v   | 5v,H7         | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 99c  | Zoete rozengeur is pure chemie (versie III)       | 1505-03c | 5,6v   | 5v,H7         | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 100  | Hoe het leven zich een draai gaf                  | 1505-04  | 5,6v   | 5v,H7         | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 101a | Fortune telling fish (versie I)                   | 1505-05a | 3hv    | 3h,H3/3v,H4   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H1/3v,H1   |
| 101b | Fortune telling fish (versie II)                  | 1505-05b | 5hv    | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H4/4v,H3   |
| 102  | Boor bindt beryllium                              | 1505-06  | 4hv    | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 103  | Manier om ei te 'ontkoken' helpt ook tegen kanker | 1505-07  | 6v     | 6v,H13        | 6v,H17        | 5v,H14        |
| 104  | Recept voor groenere nylon                        | 1505-08  | 5,6v   | 6v,H14        | 6v,H15        | 6v,H11        |

|      |                                                       |          |              |               |               |               |
|------|-------------------------------------------------------|----------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 105  | Hoe azobenzeen werkt                                  | 1505-09  | 5v           | 5v,H7         | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 106a | Da Vinci brug van ijs (versie 1)                      | 1509-01a | 4hv          | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 106b | Da Vinci brug van ijs (versie 2)                      | 1509-01b | 3,4hv        | 3h,H5/3v,H5   | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H1/3v,H1   |
| 107  | Groene PETfles uit afvalhout                          | 1509-02  | 5hv          | 5h,H9/6v,H11  | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H10/5v,H13 |
| 108  | Eeneiige tweelingen uit elkaar houden? Verhit hun DNA | 1509-03  | 4hv;<br>5,6v | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H4/4v,H3   |
| 109  | Bioplastics in melkpakken Friesland Campina           | 1509-04  | 5hv; 6v      | 5h,H9/6v,H11  | 5h,H14/6v,H18 | 5h,H11/6v,H18 |
| 110  | Spelenderwijs stikstof splitsen                       | 1509-05  | 5v           | 5v,H7         | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 111  | Pyrolysefabriek in Hengelo geopend                    | 1509-06  | 3hv          | 3h,H3/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   |
| 112  | Kant en klaar in karton                               | 1509-07  | 5hv          | 6v,H11        | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11  |
| 113  | We gooien voor 48 miljard aan metalen weg             | 1509-08  | 3hv          | 3h,H5/3v,H6   | 3h,H7/3v,H5   | 3h,H6/3v,H6   |
| 114  | Katalysator versnelt omzetting biomassa               | 1509-09  | 5hv          | 5h,H9/5v,H8   | 5h,H11/6v,H16 | 4h,H7/5v,H12  |
| 115a | Dunne film voorkomt verdamping (versie 1)             | 1509-10a | 3-5hv        | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H8/5v,H10  | 5h,H11/6v,H18 |
| 115b | Dunne film voorkomt verdamping (versie 2,3)           | 1509-10b | 3hv          | 3h,H6         | 3h,H6/3v,H6   | 3h,H1/3v,H1   |
| 115c | Dunne film voorkomt verdamping (versie 4)             | 1509-10c | 4hv          | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H4/4v,H3   |
| 115d | Dunne film voorkomt verdamping (versie 5)             | 1509-10d | 4hv          | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H5/4v,H4   | 4h,H3/4v,H3   |
| 116  | Knieschijf uit de printer                             | 1509-11  | 5hv; 6v      | 5h,H9/6v,H11  | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H10/6v,H18 |
| 117  | Schiphol zuivert afvalwater met algen en CO2          | 1510-01  | 3hv          | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 118  | Zesring kopieert zichzelf                             | 1510-02  | 5,6v         | 5v,H9         | 5v,H8         | 5v,H11        |
| 119  | Zink leidt tot nierstenen                             | 1510-03  | 5,6v         | 5v,H9         | 5v,H12        | 5v,H9         |
| 120  | Europium slaat neer (versie 1)                        | 1510-04  | 6v           | 5v,H7         | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 121  | Europium slaat neer (versie 2)                        | 1510-05  | 5hv          | 5h,H7/5v,H9   | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11  |
| 122  | Waterstof uit windenergie                             | 1510-06  | 3hv          | 3h,H3/3v,H4   | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 123  | Enzymcocktail kraakt biomassa                         | 1510-07  | 5hv          | 5h,H10/6v,H13 | 5h,H10/6v,H17 | 4h,H7/5v,H14  |

|      |                                                              |          |         |              |               |               |
|------|--------------------------------------------------------------|----------|---------|--------------|---------------|---------------|
| 124  | Variaties op carbid                                          | 1510-08  | 4,5v    | 5v,H7        | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 125  | De kern van de aarde bevat 90% van al het zwavel op aarde    | 1510-09  | 4hv     | 4h,H3/4v,H2  | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 126  | Membraanloos water splitsen                                  | 1510-10  | 5hv     | 5v,H9        | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 127  | Biobased smartphone                                          | 1511-01  | 5,6v    | 6v,H11       | 6v,H19        | 6v,H18        |
| 128  | Ijsklontjes                                                  | 1511-02  | 3v, 4hv | 4h,H3/4v,H2  | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 129  | Koolzuur in beeld                                            | 1511-03  | 5v      | 5v,H7        | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 130a | Magische kerstboom (versie 1)                                | 1511-04a | 3-6hv   | 3h,H1/3v,H1  | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H1/3v,H1   |
| 130b | Magische kerstboom (versie 2)                                | 1511-04b | 4-6hv   | 4h,H4/4v,H4  | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 131a | Shell geeft toe: niet goed opgelet (versie 1)                | 1511-05a | 4hv     | 4h,H6/4v,H5  | 5h,H9/6v,H19  | 5h,H11/6v,H20 |
| 131b | Shell geeft toe: niet goed opgelet (versie 2)                | 1511-05b | 5hv     | 4v,H5        | 5h,H14/6v,H18 | 5h,H11/5v,H20 |
| 131c | Shell geeft toe: niet goed opgelet (versie 3) Wat voorafging | 1511-05c | 4,5v    | 4v,H5        | 4v,H3         | 4v,H6         |
| 132  | Wetenschappers transformeren CO2 in koolstofvezels           | 1511-06  | 3hv     | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H4/3v,H4   |
| 133  | CO2 is niet vies                                             | 1511-07  | 3,4hv   | 3h,H4/3v,H5  | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H7/3v,H7   |
| 134  | Groene stroom over                                           | 1511-08  | 5hv     | 5h,H7/5v,H9  | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H11/5v,H15 |
| 135  | Ijslandse CO2 recycler gaat de commerciële markt op          | 1511-09  | 4hv     | 4v,H3        | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H7/4v,H7   |
| 136  | MOF zift acetyleen                                           | 1511-10  | 5hv     | 4h,H5/4v,H3  | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   |
| 137a | Tagetesrassen testen op productie luteïne (versie 1)         | 1601-01a | 3hv     | 3h,H7/3v,H7  | 3h,H6/3v,H6   | 3h,H1/3v,H1   |
| 137b | Tagetesrassen testen op productie luteïne (versie 2)         | 1601-01b | 4hv     | 4h,H3/4v,H2  | 5h,H14/6v,H19 | 5h,H11/5v,H15 |
| 138  | Nooit meer de geur van varkens                               | 1601-02  | 3hv     | 3h,H1/3v,H1  | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H2/3v,H2   |
| 139  | Chloortransport op Betuweroute gestopt                       | 1601-03  | 3hv     | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 140  | Koffiecupjes hebben prijs                                    | 1601-04  | 5hv, 6v | 5h,H9/6v,H11 | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H11/5v,H15 |
| 141  | Drinkbaar water                                              | 1601-05  | 3hv     | 3h,H1/3v,H1  | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H2/3v,H2   |

|      |                                                   |          |         |                            |               |               |
|------|---------------------------------------------------|----------|---------|----------------------------|---------------|---------------|
| 142a | Planeet volop peroxide (versie 1)                 | 1601-06a | 3hv     | 3h,H2/3v,H2                | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 142b | Planeet volop peroxide (versie 2)                 | 1601-06b | 5v      | 5v,H7                      | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 142c | Planeet volop peroxide (versie 3)                 | 1601-06c | 4hv     | 4h,H3/4v,H2                | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 143  | Koester onze gascentrales                         | 1601-07  | 5hv     | 5h,H11/6v,H14              | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H7/4v,H7   |
| 144  | Chloorvrij rood is niet lelijk                    | 1601-08  | 5v      | 5v,H7                      | 5v,H10        | 5v,H13        |
| 145  | Kobalt reduceert CO2                              | 1601-09  | 5v      | 5v,H9                      | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 146a | Een lamp laten branden op zout water (versie 1)   | 1602-01a | 5hv     | 5h,H7/5v,H9                | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/6v,H17  |
| 146b | Een lamp laten branden op zout water (versie 2)   | 1602-01b | 3-5hv   | 5h,H7/5v,H9                | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/6v,H17  |
| 147  | Kooldioxide gebonden in cement                    | 1602-02  | 5v      | 5v,H9                      | 6v,H19        | 5h,H11/5v,H15 |
| 148  | Bliksemsnelle manier om mierenzuur te maken       | 1602-03  | 5v      | 6v,H14                     | 6v,H16        | 6v,H15        |
| 149  | Plastic flessendoppen omsmelten tot skateboards   | 1602-04  | 5hv, 6v | 5h,H9/6v,H11               | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H10/5v,H15 |
| 150  | Waterzuivering kan nog klimaatvriendelijker       | 1602-05  | 5,6v    | 5v,H9                      | 6v,H19        | 5v,H12        |
| 151  | Aardolievrije PET-fles komt eraan                 | 1602-06  | 5hv     | 5h,H9/6v,H11               | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H11/5v,H15 |
| 152  | Creatief met hout                                 | 1602-07  | 5v      | 6v,H11                     | 5v,H10        | 5v,H15        |
| 153  | OCI Nitrogen opent haventerminal                  | 1602-08  | 5v      | 4v,H4                      | 4v,H5         | 4v,H4         |
| 154  | Weerbarstige stikstofoxides                       | 1602-09  | 4hv     | 4h,H6/4v,H5                | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H3/4v,H3   |
| 155  | AkzoNobel werkt aan businesscase recyclingfabriek | 1602-10  | 5v      | 6v,H14                     | 5v,H14        | 5v,H15        |
| 156  | Smartphone werkt week op brandstofcel             | 1602-11  | 5hv     | 5h,H8/5v,H9                | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/6v,H17  |
| 157  | Lancering studentenraket TU-Delft mislukt         | 1602-12  | 5v      | 5v,H9                      | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 158  | Lovejoy                                           | 1603-01  | 5,6v    | 5v,H7                      | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 159  | Fruitbedrijf Stevensbeek gaat zelf drank stoken   | 1603-02  | 3,4hv   | 3h,H2/3v,H2<br>4h,H6/4v,H5 | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |

|      |                                                           |          |         |                            |               |               |
|------|-----------------------------------------------------------|----------|---------|----------------------------|---------------|---------------|
| 160  | Grootste cellulose-ethanolfabriek                         | 1603-03  | 4v, 5hv | 4h,H2/4v,H1                | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   |
| 161  | Eiwit maakt Stevia minder bitter                          | 1603-04  | 6v      | 6v,H13                     | 6v,H17        | 5v,H14        |
| 162  | Eierdoos vangt CO2 weg uit fabrieksrook voor hergebruik   | 1603-05  | 3,4hv   | 3h,H3/3v,H4<br>4h,H6/4v,H5 | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H8/3v,H8   |
| 163  | Polymeer tegen kerosinebrand                              | 1603-06  | 4hv     | 4h,H3/4v,H2                | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H10/5v,H13 |
| 164a | Warmtebatterij voor opslag zonne-energie (versie 1)       | 1603-07a | 3hv     | 3h,H4/3v,H5                | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H5/3v,H5   |
| 164b | Warmtebatterij voor opslag zonne-energie (versie 2)       | 1603-07b | 4hv     | 4h,H6/4v,H5                | 5h,H9/4v,H7   | 5h,H11/6v,H20 |
| 165  | Silicium smelten voor energie-opslag                      | 1603-08  | 4v      | 4v,H5                      | 4v,H3         | 4v,H7         |
| 166  | De schone schijn van volkswagen                           | 1603-09  | 4hv     | 4h,H5/4v,H3                | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H7/4v,H7   |
| 167  | Glycerol omgekat tot methanol                             | 1603-10  | 5hv     | 5v,H8                      | 5h,H9/5v,H14  | 4h,H7/4v,H6   |
| 168  | COPS vervangt PT                                          | 1603-11  | 4hv     | 4h,H3/4v,H2                | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H7/4v,H7   |
| 169  | Magische stiften                                          | 1604-01  | 5hv     | 5h,H8/5v,H9                | 4h,H7/4v,H9   | 5h,H8/5v,H8   |
| 170  | Periodiek systeem verwelkomt vier nieuwe elementen        | 1604-02  | 4hv     | 4h,H1/4v,H1                | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 171  | Gezocht: een atoomnaam die wat beter bekt dan ununtritium | 1604-03  | 4hv     | 4h,H1/4v,H1                | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 172  | Van visnet naar bikini                                    | 1604-04  | 5hv     | 5h,H9/6v,H11               | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H10/5v,H13 |
| 173  | Onwel door dampen                                         | 1604-05  | 4hv     | 4h,H6/4v,H6                | 5h,H13/5v,H8  | 5h,H8/5v,H9   |
| 174  | Kabelbacterie redt Grevelingenmeer                        | 1604-06  | 5hv     | 5h,H8/5v,H9                | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11  |
| 175  | Nooit meer poetsen                                        | 1604-07  | 5,6v    | 6v,H11                     | 6v,H19        | 5h,H10/6v,H18 |
| 176  | Metaalpoeder: de nieuwe brandstof?                        | 1604-08  | 3hv,4hv | 3h,H2/3v,H2<br>4h,H6/4v,H5 | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   |
| 178  | Warmte in kalk                                            | 1604-09  | 4hv     | 4h,H6/4v,H5                | 5h,H9/4v,H7   | 5h,H11/6v,H20 |
| 179  | Nanodestillatie                                           | 1604-10  | 3hv     | 3h,H1/3v,H1                | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H2/3v,H2   |
| 180  | Carbidschieten                                            | 1604-11  | 4hv     | 4h,H2/4v,H1                | 4h,H5/4v,H4   | 4h,H1/4v,H1   |

|      |                                                                           |          |       |               |               |               |
|------|---------------------------------------------------------------------------|----------|-------|---------------|---------------|---------------|
| 181a | Slimme jongens: Neanderthalers maakten vuur met mangaanoxide (versie 1)   | 1605-01a | 3hv   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H5/3v,H5   |
| 181b | Slimme jongens: Neanderthalers maakten vuur met mangaanoxide (versie 2)   | 1605-01b | 4hv   | 4h,H6/4v,H5   | 5h,H9/4v,H7   | 4h,H1/4v,H1   |
| 181c | Slimme jongens: Neanderthalers maakten vuur met mangaanoxide (versie 3)   | 1605-01c | 4hv   | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H8/4v,H1   | 4h,H1/4v,H1   |
| 182  | Splijttingsproces thoriumreactor                                          | 1605-02  | 4hv   | 4h,H1/4v,H1   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 183a | Kassabon (versie 1)                                                       | 1605-03a | 3hv   | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H1/3v,H1   |
| 183b | Kassabon (versie 2)                                                       | 1605-03b | 3hv   | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H5/3v,H5   |
| 184  | Accu met thermostaat                                                      | 1605-04  | 4,5hv | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 185  | Flesjes maken uit fructose                                                | 1605-05  | 5,6v  | 6v,H11        | 6v,H15        | 5v,H18        |
| 186  | Extra supersterke vezel                                                   | 1605-06  | 5hv   | 5h,H9/6v,H11  | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H10/6v,H18 |
| 187  | CO <sub>2</sub> als ontsnappingskunstenaar                                | 1605-07  | 5hv   | 5h,H7/5v,H6   | 4h,H7/5v,H9   | 5h,H8/5v,H9   |
| 188  | Zijn synthetische vitamines net zo gezond als natuurlijke?                | 1605-08  | 5,6v  | 5v,H7         | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 189  | Nieuwe regels voor hydrocrackerkat                                        | 1605-09  | 5hv   | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H7/4h,H7   |
| 190  | Pyrolysefabriek voor duurzame recycling autobanden                        | 1605-10  | 5,6v  | 6v,H11        | 6v,H19        | 6v,H18        |
| 191  | Kobaltkat tegen broeikasgas                                               | 1605-11  | 5v    | 4v,H5         | 4v,H7         | 4v,H7         |
| 192a | Zijdeachtige coating houdt aarbeien langer vers zonder koeling (versie 1) | 1609-01a | 3hv   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H6/3v,H6   | 3h,H4/3v,H4   |
| 192b | Zijdeachtige coating houdt aarbeien langer vers zonder koeling (versie 2) | 1609-01b | 6v    | 6v,H13        | 6v,H17        | 5v,H14        |
| 193  | Peroxide voor de kleine man                                               | 1609-02  | 4,5hv | 4h,H6/4v,H5   | 5h,H9/4v,H7   | 4h,h1/4v,H1   |
| 194  | DSM levert materiaal voor smartwatch                                      | 1609-03  | 3hv   | 3h,H5/3v,H5   | 3h,H7/3v,H5   | 3h,H6/3v,H6   |
| 195  | Lactide en aminozuren                                                     | 1609-04  | 5hv   | 5h,H9/6v,H11  | 5h,H10/6v,H10 | 4h,H7/4v,H6   |
| 196  | Bipolair membraan                                                         | 1609-05  | 5,6v  | 5v,H9         | 6v,H16        | 5v,H11        |
| 197  | Waterstofproductie krijgt boost                                           | 1609-06  | 5v    | 5v,H9         | 6v,H16        | 5v,h11        |
| 198  | Creatief met DNA                                                          | 1609-07  | 5hv   | 5h,H10/6v,H13 | 5h,H10/6v,H17 | 5h,H7/5v,H14  |

|      |                                                                  |          |      |              |               |               |
|------|------------------------------------------------------------------|----------|------|--------------|---------------|---------------|
| 199  | Mossellijm lapt wonden pijnsnel op                               | 1609-08  | 5,6v | 6v,H13       | 6v,H19        | 5v,H14        |
| 200  | Staalproductie zonder CO <sub>2</sub> -uitstoot                  | 1609-09  | 3hv  | 3h,H5/3v,H6  | 3h,H3/3v,H5   | 3h,H6/3v,H6   |
| 201  | Meer staal, minder CO <sub>2</sub>                               | 1609-10  | 5hv  | 5h,H8/5v,H9  | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11  |
| 202  | Recycling preparative HPLC                                       | 1609-11  | 5,6v | 6v,H12       | 5v,H10        | 5v,H10        |
| 203a | Eigen brandstof met bionisch blaadje en zon (versie 1)           | 1610-01a | 3hv  | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 203b | Eigen brandstof met bionisch blaadje en zon (versie 2)           | 1610-01b | 4hv  | 4h,H6/4v,H5  | 5h,H9/4v,H7   | 5h,H9/4v,H7   |
| 204  | Anorganisch anti-aromatisch                                      | 1610-02  | 6v   | 5v,H7        | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 205  | Stap voor stap                                                   | 1610-03  | 5,6v | 5v,H7        | 6v,H18        | 5v,h12        |
| 206  | Kat kent zijn alkanen                                            | 1610-04  | 5,6v | 5v,H7        | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 207  | Wetenschappers produceren stroom uit zeewater met nieuwe methode | 1610-05  | 3hv  | 3h,H3/3v,H4  | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 208  | Biodiesel uit magnetron                                          | 1610-06  | 5hv  | 5h,H11/4v,H3 | 5h,H11/5v,H14 | 4h,H7/4v,H6   |
| 209  | Armband toont je promillage                                      | 1610-07  | 5hv  | 5h,H8/5v,H9  | 5h,H11/5v,H10 | 5h,H9/5v,H11  |
| 210  | Deze tattooo waarschuwt je wanneer je dronken bent               | 1610-08  | 5v   | 5h,H8/5v,H9  | 6v,H16        | 5v,H11        |
| 211  | Ammoniak als energieopslag                                       | 1610-09  | 5v   | 5v,H9        | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 212  | Minder NOx aan de uitlaat                                        | 1610-10  | 5hv  | 4h,H6/4v,H5  | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H11/6v,H20 |
| 213  | Scheidsrechter geeft kersttintje aan toss                        | 1610-11  | 5,6v | 5v,H7        | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 214  | Plant-E                                                          | 1611-01  | 5v   | 5v,H9        | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 215  | Groene polyamides stap dichterbij                                | 1611-02  | 5hv  | 5h,H9/6v,H11 | 5h,H14/6v,H19 | 5h,H11/5v,H15 |
| 216  | Nieuwe bus stoot alleen water uit                                | 1611-03  | 5hv  | 5h,H8/5v,H9  | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/6v,H20  |
| 217  | Zetmeel geeft PE-folie betere barrière-eigenschappen             | 1611-04  | 5hv  | 5h,H9/6v,H11 | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H11/6v,H18 |
| 218  | Folie van zetmeel en polyethyleen                                | 1611-05  | 5hv  | 5h,H9/6v,H11 | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H11/6v,H20 |
| 219  | Jupiter bevriest eigen maan tijdens zonsverduistering            | 1611-06  | 3hv  | 3h,H1/3v,H1  | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H1/3v,H1   |

|      |                                                                     |            |      |             |               |               |
|------|---------------------------------------------------------------------|------------|------|-------------|---------------|---------------|
| 220  | Meer elektriciteit door koolstofdioxide                             | 1611-07    | 5,6v | 5v,H9       | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 221  | Metathese tegen plastic soap                                        | 1611-08    | 5v   | 5v,H8       | 5v,H10        | 4v,H6         |
| 222  | Gemuteerde rups spint het kogelvrije vest van de toekomst           | 1611-09    | 6v   | 6v,H13      | 6v,H19        | 6v,H18        |
| 223  | Maagzuur brandt niet, maar ontsteekt                                | 1611-10    | 5hv  | 5h,H7/5v,H6 | 4h,H7/5v,H9   | 5h,H8/5v,H9   |
| 224  | Generatie aangebakken                                               | 1611-11    | 5hv  | 5h,H9/5v,H8 | 5h,H12/5v,H10 | 4h,H7/4v,H6   |
| 225  | Nederlander Feringa wint Nobelprijs voor scheikunde                 | 1612-01    | 3hv  | 3h,H1/3v,H1 | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H3/3v,H3   |
| 226  | Nederlandse hoogleraar Ben Feringa krijgt Nobelprijs voor de chemie | 1612-02    | 4hv  | 4h,H6/4v,H5 | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 227  | Nobelprijs 2016 chemie                                              | 1612-03    | 5,6v | 5v,H7       | 6v,H19        | 5v,H12        |
| 228  | Moleculaire motor I                                                 | 1612-04    | 5,6v | 5v,H7       | 6v,H19        | 5v,H12        |
| 229  | Moleculaire motor II                                                | 1612-05    | 5,6v | 5v,H7       | 6v,H19        | 5v,H12        |
| 230  | Chiraal in de sterren geschreven                                    | 1701 -09   | 5,6v | 5v,H7       | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 231  | Eerste jeansblauw is 6000 jaar oud                                  | 1701-01    | 5,6v | 5v,H10      | 6v,H18        | 6v,H18        |
| 232a | Actie tegen koolmonoxide I                                          | 1701-02 I  | 3hv  | 3h,H2/3v,H2 | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H5/3v,H5   |
| 232b | Actie tegen koolmonoxide II                                         | 1701-02 II | 5v   | 5v,H9       | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 233  | Productie van waterstof via elektrolyse                             | 1701-03    | 5hv  | 5h,H8/5v,H9 | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/6v,H20  |
| 234  | Idyllisch meer is een tijdbom                                       | 1701-04    | 4hv  | 4h,H2/4v,H1 | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H3/4v,H3   |
| 235  | Membraan maakt benzeen van methaan                                  | 1701-05    | 5,6v | 5v,H8       | 5v,H10        | 4v,H6         |
| 236  | Bacterie vreet batterij op                                          | 1701-06    | 5hv  | 5h,H7/5v,H6 | 4h,H7/5v,H9   | 5h,H8/5v,H9   |
| 237  | Power to liquids                                                    | 1701-07    | 5hv  | 5h,H10      | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H11/5v,H15 |
| 238  | Self-healing aircraft wings                                         | 1701-08    | 5,6v | 6v,H11      | 6v,H19        | 6v,H18        |
| 239  | Energie uit koolstofdioxide                                         | 1701-10    | 5v   | 5v,H9       | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 240  | Struviet duurzame vervanger kunstmestfosfaat                        | 1702-01    | 5hv  | 4h,H4/4v,H4 | 5h,H13/5v,H8  | 5h,H11/5v,H15 |

|      |                                                             |            |          |               |               |               |
|------|-------------------------------------------------------------|------------|----------|---------------|---------------|---------------|
| 241  | Eutectisch oplosmiddel vangt zware metalen                  | 1702-02    | 5hv      | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H4/4v,H3   |
| 242  | Goedkoop recept voor aldehydes                              | 1702-03    | 5,6v     | 5v,H8         | 5v,H10        | 4v,H6         |
| 243  | Wetenschap maakt melkchocola net zo gezond als pure chocola | 1702-04    | 4hv      | 4h,H3/4v,H2   | 5h,H10/5v,H10 | 5v,H12        |
| 244  | Mobiele machine raffineert gras tot grondstof               | 1702-05    | 3hv      | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H6/3v,H6   |
| 245a | CO <sub>2</sub> verandert in alcohol I                      | 1702-06 I  | 3hv      | 3h,H3/3v,H4   | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 245b | CO <sub>2</sub> verandert in alcohol II                     | 1702-06 II | 5hv      | 5h,H8/5v,H9   | 5h,H11/5v,H10 | 5h,H9/5v,H11  |
| 246  | Wat was die groene gloed boven Engeland?                    | 1702-07    | 4hv      | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 247  | Reactor van de toekomst vreet kernafval                     | 1702-08    | 4,5hv    | 4h,H1/4v,H1   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 248  | Investerings in chloorindustrie lopen gevaar                | 1702-09    | 5hv      | 5h,H8/5v,H9   | 5h,H14/6v,H19 | 5h,H9/5v,H11  |
| 249  | Partij kiezen rond cellulose                                | 1702-10    | 5hv      | 5h,H9/5v,H8   | 5h,H12/5v,H10 | 5h,H11/5v,H15 |
| 250  | Recept voor amorfe siliciumanode                            | 1702-11    | 4,5hv    | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 251a | Stoppen we straks ijzer in de tank? I                       | 1703-01 II | 3hv      | 3h,H6/3v,H5   | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   |
| 251b | Stoppen we straks ijzer in de tank? II                      | 1703-01 II | 4,5hv    | 4h,H6/4v,H5   | 5h,H9/4v,H7   | 4h,H1/4v,H7   |
| 252  | Corbion en Total werken samen in bioplastic                 | 1703-02    | 5hv      | 5h,H9/6v,H11  | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H11/6v,H18 |
| 253  | Milieuvriendelijkere autoband                               | 1703-03    | 5v       | 6v,H11        | 6v,H15        | 5v,H13        |
| 254  | Kooldioxide als grondstof voor plastic                      | 1703-04 A  | 5,6v     | 6v,H11        | 6v,H15        | 5v,H13        |
| 255  | PUR kan een stuk groener                                    | 1703-04 B  | 5,6v     | 5h,H11/6v,H14 | 5h,H14/6v,H19 | 5h,H11/5v,H15 |
| 256  | Methaan pulsend vloeibaar maken                             | 1703-05    | 5v       | 5v,H8         | 5v,H10        | 4v,H6         |
| 257a | Nieuwe flowbatterij I                                       | 1703-06 I  | 3hv      | 3h,H3/3v,H4   | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 257b | Nieuwe flowbatterij II                                      | 1703-06 II | 5h, 5,6v | 5h,H8/5v,H9   | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/5v,H11  |
| 258  | Oude banden, gloednieuwe cabon black                        | 1703-07    | 3hv      | 3h,H5/3v,H5   | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H6/3v,H6   |
| 259a | Methaan legt koolstofdioxide vast I                         | 1703-08 A  | 5hv      | 4h,H6/4v,H6   | 5h,H9/5v,H8   | 4h,H1/4v,H7   |

|      |                                                           |           |       |              |               |              |
|------|-----------------------------------------------------------|-----------|-------|--------------|---------------|--------------|
| 259b | Methaan legt koolstofdioxide vast II                      | 1703-08 A | 5hv   | 4h,H6/4v,H6  | 5h,H9/4v,H7   | 4h,H1/4v,H7  |
| 260  | Methaan valoriseert koolstofdioxide                       | 1703-08 B | 5hv   | 4h,H6/4v,H6  | 5h,H9/5v,H10  | 4h,H6/4v,H6  |
| 261  | Recep-t voor veilige rookgranaat                          | 1703-09   | 5hv   | 5h,H8/5v,H9  | 5h,H11/6v,H19 | 5h,H9/5v,H11 |
| 262  | Nanoraket met rem                                         | 1704-01   | 5,6v  | 5v,H10       | 6v,H15        | 5v,H13       |
| 263  | Elektriciteitsopslag en waterstofproductie ineen          | 1704-02   | 5,6hv | 5h,H8/5v,H9  | 5h,H11/6v,H16 | 5h,H9/5v,H11 |
| 264  | Grote vaart vanaf 2020 op zwavelarme brandstof            | 1704-03   | 3hv   | 3h,H4/3v,H5  | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4  |
| 265  | Reststroom van kerstbomen gebruiken voor duurzaam plastic | 1704-04   | 5,6v  | 6v,H12       | 5v,H10        | 5v,H12       |
| 266  | Anorganisch Zwitsers zakmes zuivert water                 | 1704-05   | 4hv   | 4h,H3/4v,H2  | 4h,H4/4v,H6   | 4h,H5/4v,H4  |
| 267  | Tegengif tegen kolendamp                                  | 1704-06   | 4hv   | 4h,H6/4v,H6  | 5h,H13/5v,H8  | 4h,H7/4v,H7  |
| 268  | Zelfhelend kunstbot van nanodeeltjes                      | 1704-07   | 5hv   | 5h,H9/6v,H11 | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H4/4v,H3  |
| 269  | Organici maken aminozuren van koolstofdioxide             | 1704-08   | 5,6v  | 5v,H7        | 6v,H18        | 5v,H12       |
| 270  | Kristal zuigt koolstofdioxide                             | 1704-09   | 4,5hv | 4h,H3/4v,H2  | 4h,H2/4v,H6   | 4h,H7/4v,H6  |
| 271  | Biocorrosie bedreigt wasmachine                           | 1704-10   | 4hv   | 4h,H3/4v,H2  | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11 |
| 272  | Helium doet het met natrium                               | 1705-01   | 6v    | 5v,H7        | 6v,H18        | 5v,H12       |
| 273  | Eindelijk bestaat het: metaalwaterstof                    | 1705-02   | 4hv   | 4h,H3/4v,H2  | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2  |
| 274  | Bovengrondse goudmijn: je oude mobieltje recyclen         | 1705-03   | 3hv   | 3h,H5/3v,H6  | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H6/3v,H6  |
| 275  | Spier' van textiel                                        | 1705-04   | 5,6v  | 6v,H11       | 6v,H18        | 5v,H12       |
| 276  | Bioplastic oogst grote doorbraak                          | 1705-05   | 3hv   | 3h,H5/3v,H5  | 3h,H7/3v,H7   | 3h,H8/3v,H8  |
| 277  | Duitse tieners in tuinhuisje dood door koolmooxide        | 1705-06   | 3hv   | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4  |
| 278  | Buitenaards gevoelige capillaire elektroforese            | 1705-07   | 5,6v  | 6v,H13       | 5v,H10        | 5v,H12       |
| 279  | Rijden op whiskyafval                                     | 1705-08   | 4hv   | 4h,H5/4v,H3  | 4h,H3/5v,H10  | 4h,H7/4v,H7  |

|      |                                                                                 |          |              |                       |               |               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------|-----------------------|---------------|---------------|
| 280  | Deze nanoballen maken kunstmest overbodig                                       | 1705-09  | 4hv          | 4h,H3/4v,H2           | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 281  | Sensor ruikt griep                                                              | 1705-10  | 5hv          | 5h,H10/6v,H13         | 5h,H10/5v,H10 | 4h,H7/4v,H6   |
| 282  | Vijftig jaar melamine                                                           | 1705-11  | 5hv          | 5h,H9/6v,H11          | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H10/5v,H13 |
| 283  | Kalkaanslag vangt zware metalen                                                 | 1705-12  | 5hv          | 4h,H8/5v,H9           | 4h,H7/5v,H9   | 5h,H8/5v,H9   |
| 284  | Vlamvertragers houden vuur in bedwang                                           | 1705-13  | 5v           | 6v,H11                | 6v,H19        | 6v,H18        |
| 285a | Rupsje nooit genoeg plastic                                                     | 1709-01A | 4,5h<br>4-6v | 4h,H5/4v,H3<br>6v,H12 | 5h,H12/5v,H10 | 5h,H11/6v,H18 |
| 285b | Plastic-etende rups                                                             | 1709-01B | 5v           | 5v,H8                 | 5v,H10        | 5v,H15        |
| 286  | Brandweer rukt uit voor melding van lekkage bij Akzo-Nobel                      | 1709-02  | 4,5hv        | 4h,H5/4v,H3           | 5h,H14/5v,H14 | 5h,H11/5v,H15 |
| 287  | Salpeterzuur op de boerderij                                                    | 1709-03  | 5hv          | 5h,H7/5v,H6           | 4h,H7/5v,H9   | 5h,H8/5v,H9   |
| 288  | Kun je koffie gebruiken als brandstof?                                          | 1709-04  | 5hv, 6v      | 5h,H11/6v,H14         | 5h,H14/5v,H14 | 5h,H11/5v,H15 |
| 289  | Schimmel maakt melkzuur                                                         | 1709-05  | 5v           | 6v,H11                | 6v,H19        | 5v,H13        |
| 290  | Smeulende vrachtwagen met hooi                                                  | 1709-06  | 3hv          | 3h,H2/3v,H2           | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   |
| 291  | Geur van regen                                                                  | 1709-07  | 5,6v         | 6v,H12                | 6v,H18        | 5v,H12        |
| 292  | Ammoniakproductie bij lage temperatuur                                          | 1709-08  | 5hv          | 5h,H11/6v,H14         | 5h,H14/6v,H19 | 5h,H11/5v,H15 |
| 293  | Fluorverbindingen betrapt                                                       | 1709-09  | 5v           | 5v,H8                 | 5v,H10        | 5v,H12        |
| 294  | Kalk wint kalk terug                                                            | 1709-10  | 4hv          | 4h,H3/4v,H2           | 4h,H4/4v,H6   | 4h,H5/4v,H4   |
| 295  | AFM boogiewoogie                                                                | 1709-11  | 5v           | 6v,H11                | 6v,H18        | 5v,H13        |
| 296  | Amsterdams biotechbedrijf bouwt demonstratiefabriek voor vetzuren               | 1710-01  | 5hv, 6v      | 5h,H11/6v,H14         | 5h,H14/6v,H19 | 5h,H11/5v,H15 |
| 297a | Carbidschieten kost geen klap (versie I)                                        | 1710-02A | 3hv          | 3h,H2/3v,H2           | 3h,H3/3v,H3   | 3h,H4/3v,H4   |
| 297b | Carbidschieten kost geen klap (versie II)                                       | 1710-02B | 4hv          | 4h,H6/4v,H5           | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   |
| 298  | Hoe kometen zuurstof vormen                                                     | 1710-03  | 5v           | 5v,H9                 | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 299a | Nederlandse sloten opvallend goed in onschadelijk maken meststoffen (versie I)  | 1710-04  | 4hv          | 4h,H4/4v,H4           | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 299b | Nederlandse sloten opvallend goed in onschadelijk maken meststoffen (versie II) | 1710-04  | 5,6v         | 5v,H9                 | 5v,H11        | 5v,H11        |

|     |                                                            |          |                |                 |                  |                 |
|-----|------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 300 | Basisch bad voor biomethaan                                | 1710-05  | 5v             | 5v,H9           | 5v,H11           | 5v,H11          |
| 301 | Koolstofdioxide-uitstoot door mensen                       | 1710-06  | 4hv            | 4h,H2/4v,H1     | 4h,H5/4v,H3      | 4h,H1/4v,H7     |
| 302 | Covestro wint belangrijke chemische basisstof uit biomassa | 1710-07  | 4,5hv,<br>5,6v | 4v,H3           | 5h,H14/6v,H18    | 5h,H11/5v,H15   |
| 303 | Voltachem schaaft duurzame productie mierenzuur op         | 1710-08  | 5hv            | 5h,H11/6v,H14   | 5h,H14/6v,H16    | 5h,H11/5v,H15   |
| 304 | Vogels verdwijnen van de Veluwe                            | 1710-09  | 5hv            | 5h,H7/5v,H6     | 4h,H7/5v,H9      | 5h,H8/5v,H9     |
| 305 | Water maakt methanol van methaan                           | 1710-10  | 5v             | 5v,H9           | 5v,H11           | 5v,H11          |
| 306 | Zo veel meer dan antiaanbaklaag                            | 1710-11  | 5v             | 6v,H11          | 6v,H15           | 6v,H18          |
| 307 | Nanoraket onploft in tumor                                 | 1711-01  | 5hv            | 5h,H8/5v,H9     | 5h,H11/5v,H11    | 5h,H9/5v,H11    |
| 308 | Een tank vol luiers                                        | 1711-02  | 3hv            | 3h,H5/3v,H5     | 3h,H7/3v,H5      | 3h,H6/3v,H6     |
| 309 | Waarom hydrogelballetjes stuiten in een pan                | 1711-03  | 5hv, 6v        | 5h,H9/6v,H11    | 5h,H12/5v,H19    | 5h,H10/6v,H18   |
| 310 | Gasbrander                                                 | 1711-04  | 4hv            | 4h,H5/4v,H3     | 4h,H3/4v,H3      | 4h,H7/4v,H7     |
| 311 | CO <sub>2</sub> in de glastuinbouw                         | 1711-05  | 4hv            | 4h,H5/4v,H3     | 4h,H3/4v,H3      | 4h,H7/4v,H7     |
| 312 | Cyclodextrine vangt C8                                     | 1711-06  | 5,6v           | 6v,H11          | 6v,H19           | 6v,H18          |
| 313 | Energie uit de muur                                        | 1711-07  | 4hv            | 4h,H6/4v,H6     | 5h,H9/4v,H7      | 4h, H1/4v,H1    |
| 314 | Barnsteen blijkt fosfor (versie 1)                         | 1711-08  | 3hv            | 3h,H2/3v,H2     | 3h,H2/3v,H4      | 3h,H4/3v,H5     |
| 315 | Barnsteen blijkt fosfor (versie 2)                         | 1711-08  | 4hv            | 4h,H6/4v,H6     | 5h,H9/4v,H7      | 4h,H1/4v,H1     |
| 316 | Zelfvoorzienend H2-schip start wereldreis                  | 1711-09A | 3hv            | 3h,H2/3v,H2     | 3h,H2/3v,H4      | 3h,H4/3v,H5     |
| 317 | In Duitsland moet waterstof dé nieuwe brandstof worden     | 1711-09B | 3hv            | 3h,H2/3v,H2     | 3h,H2/3v,H4      | 3h,H4/3v,H5     |
| 318 | Hoppende protonen                                          | 1711-10  | 5v             | 5v,H9           | 5v,H11           | 5v,H11          |
| 319 | Duizend liter bakolie in brand bij Aviko                   | 1801-01  | 3hv            | 3h,H2/3v, H2    | 3h, H2/3v, H4    | 3h, H4/3v, H5   |
| 320 | Je eigen formaldehyde                                      | 1801-02  | 5v             | 5v, H10         | 5v, H10          | 5v, H12         |
| 321 | Het was pionieren                                          | 1801-03  | 5hv            | 5h, H10/5v, H14 | 5h, H10/6v, H 17 | 5h, H7/5v, H14  |
| 322 | PLA van gecertificeerd suikerriet                          | 1801-04  | 5hv            | 5h, H9/6v, H11  | 5h, H12/6v, H15  | 5h, H10/5v, H13 |

|     |                                                                 |            |         |                            |                            |                            |
|-----|-----------------------------------------------------------------|------------|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 323 | Goudvissen makewn zelf alcohol aan om te overleven ijn ijsmeren | 1801-05    | 5,6v    | 5v H7                      | 5v, H12                    | 6v, H16                    |
| 324 | Water haalt de smaak van je whisky op                           | 1801-06    | 4hv     | 4h, H3/4v, H2              | 4h, H6/4v, H6              | 4h, H4/4v, H3              |
| 325 | Kunstenaar maakt water met water                                | 1801-07    | 3hv     | 3h,H1/3v,H1                | 3h,H1/3v,H1                | 3h,H2/3v,H1                |
| 326 | Een chip vol ionensensoren                                      | 1801-08    | 5v      | 5v,H9                      | 5v,H11                     | 5v,H11                     |
| 327 | Groene CO <sub>2</sub> bij BioMCN                               | 1801-09    | 5hv     | 5h,H11/6v,H14              | 5h,H14/5v,H14              | 5h,H11/6v,H20              |
| 328 | Suikers, het nieuwe zwarte goud                                 | 1801-10    | 5h/5,6v | 5h,H11/6v,H14              | 5h,H14/5v,H14              | 5h,H11/6v,H20              |
| 329 | Ook KNSB maakt medailles van mobieltjes                         | 1802-01    | 3hv     | 3h,H5/3v,H6                | 3h,H7/3v,H5                | 3h,H7/3v,H7                |
| 330 | Groen gassen 1                                                  | 1802-02I   | 3hv     | 3h,H4/3v,H5                | 3h,H4/3v,H4                | 3h,H5/3v,H5                |
| 331 | Groen gassen 2                                                  | 1802-02II  | 4hv     | 4h,H5/4v,H3                | 4h,H3/4v,H3                | 4h,H7/4v,H7                |
| 332 | Groen gassen 3                                                  | 1802-02III | 5hv     | 5h,H11/6v,H14              | 5h,H11/5v,H14              | 5h,H9/5v,H11               |
| 333 | Er zit leven in de oersoep (versie 1)                           | 1802-03    | 3,4hv   | 3h,H6/3v,H5<br>4h,H5/4v,H3 | 3h,H6/3v,H6<br>4h,H2/4v,H3 | 3h,H4/3v,H4<br>4h,H7/4v,H6 |
| 334 | Er zit leven in de oersoep (versie 2)                           | 1802-03    | 5h      | 5h,H10                     | 5h,H10                     | 5h,H7                      |
| 335 | Er zit leven in de oersoep (versie 3)                           | 1802-03    | 5,6v    | 6v,H13                     | 6v,H17                     | 6v,H19                     |
| 336 | A new way to harness wasted methane                             | 1802-04    | 5v      | 4v,H3                      | 4v,H3                      | 4v,H7                      |
| 337 | Mild proces om een gewoon mineraal om te zetten in kunstmest    | 1802-05    | 4hv     | 4h,H4/4v,H4                | 4h,H4/4v,H5                | 4h,H5/4v,H4                |
| 338 | Je plastic flesje kan binnenkort van suiker zijn (versie 1)     | 1802-06    | 5,6v    | 6v,H11                     | 6v,H15                     | 6v,H18                     |
| 339 | Je plastic flesje kan binnenkort van suiker zijn (versie 2)     | 1802-06    | 5h      | 5h,H9                      | 5h,H12                     | 5h,H10                     |
| 340 | Stallucht wassen geeft geen milieuwinst                         | 1802-07    | 5v      | 5v,H6                      | 5v,H9                      | 5v,H9                      |
| 341 | Onderzoeker TU Delft tovert lucht om in alcohol                 | 1802-08    | 5v      | 5v,H9                      | 5v,H11                     | 5v,H11                     |
| 342 | Organisch zuur lost boom op                                     | 1802-09    | 4v      | 4v,H3                      | 4v,H3                      | 4v,H6                      |

|     |                                                                        |           |       |               |               |               |
|-----|------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|---------------|---------------|---------------|
| 343 | De kracht van ammoniak                                                 | 1802-10   | 4hv   | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   | 5h,H9/4v,H7   |
| 344 | Hoogoven voor tonerpoeder I                                            | 1803-01I  | 3hv   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 345 | Hoogoven voor tonerpoeder II                                           | 1803-01II | 4hv   | 4h,H2/4v,H1   | 4h,H5/4v,H4   | 4h,H3/4v,H3   |
| 346 | Waarom maakt water papier zo zwak?                                     | 1803-02   | 4,5hv | 4h,H3/4v,H2   | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H4/4v,H3   |
| 347 | Gesmolten metaal kraakt methaan                                        | 1803-03   | 4hv   | 4h,H6/4v,H5   | 5h,H9/4v,H7   | 5h,H9/4v,H7   |
| 348 | Recycling broomhoudend piepschuim                                      | 1803-04   | 5,6v  | 6v,H11        | 6v,H15        | 6v,H18        |
| 349 | G-Star verft spijkerbroeken                                            | 1803-05   | 4,5hv | 5h,H11/6v,H14 | 5h,H14/6v,H19 | 5h,H11/6v,H20 |
| 350 | Zo worden spiegels gemaakt                                             | 1803-06   | 5v    | 5v,H9         | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 351 | Koper kleurde Egyptisch schrift                                        | 1803-07   | 4hv   | 4h,H4/4v,H4   | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 352 | Deze vlieg kan duiken zonder nat te worden                             | 1803-08   | 4,5hv | 5h,H7/5v,H6   | 4h,H7/5v,H9   | 5h,H8/5v,H9   |
| 353 | Fosfaattekort intensief bedrijf                                        | 1803-09   | 5hv   | 5h,H7/5v,H6   | 4h,H7/5v,H9   | 5h,H8/5v,H9   |
| 354 | Kleine hoeveelheden ruthenium in de lucht                              | 1803-10   | 4hv   | 4h,H1/4v,H1   | 4h,H2/4v,H2   | 4h,H2/4v,H2   |
| 355 | <b>Zonlicht ontzilt water</b>                                          | 1803-11   | 4,5hv | 5h,H7/5v,H6   | 4h,H7/5v,H9   | 5h,H8/5v,H8   |
| 356 | Beregenen bij vorst                                                    | 1803-12   | 3hv   | 3h,H3/3v,H4   | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H5/3v,H5   |
| 357 | <b>Biogas</b>                                                          | 1804-01   | 4v    | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H3/5v,H14  | 4h,H7/4v,H7   |
| 358 | <b>Yoghurtafval wordt vliegtuigbrandstof</b>                           | 1804-02   | 5,6v  |               |               |               |
| 359 | <b>Zelf Herstellend glas binnen handbereik I</b>                       | 1804-03I  | 5h    | 5h,H11        | 5h,H12        | 5h,H10        |
| 360 | <b>Zelf Herstellend glas binnen handbereik II</b>                      | 1804-03II | 5,6v  | 6v,H11        | 6v,H19        | 6v,H18        |
| 361 | <b>Studie naar waterstof</b>                                           | 1804-04   | 4hv   | 5h,H11        | 4h,H3/5v,H14  | 5h,H9/4v,H7   |
| 362 | <b>BOBwijn</b>                                                         | 1804-05   | 3hv   | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H1/3v,H1   | 3h,H2/3v,H2   |
| 363 | <b>Rioolzuiveringsinstallatie in puin na explosie methaangas in VS</b> | 1804-06   | 3hv   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |

|     |                                                                    |            |      |             |               |              |
|-----|--------------------------------------------------------------------|------------|------|-------------|---------------|--------------|
| 364 | <b>Nieuw systeem zet broeikasgas om in brandstof</b>               | 1804-07    | 5,6v | 6v,H14      | 6v,H16        | 6v,H20       |
| 365 | Dankzij deze korrels blijven groente en fruit 2,5 keer langer vers | 1804-08    | 5hv  | 5h,H8/5v,H9 | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11 |
| 366 | Coli valoriseert koolstofdioxide                                   | 1804-09    | 5hv  | 4h,H6/4v,H6 | 5h,H9/5v,H8   | 5h,H9/4v,H7  |
| 367 | Kameleonprint door nieuwe techniek II                              | 1805-01 II | 5,6v | 6v,H11      | 6v,H19        | 6v,H18       |
| 368 | Kameleonprint door nieuwe techniek I                               | 1805-01 I  | 5h   | 5h,H9       | 5h,H12        | 5h,H10       |
| 369 | Persoonlijke voeding als motor voor succes in de sport             | 1805-02    | 3hv  | 3h,H6/3v,H1 | 3h,H6/3v,H6   | 3h,H1/3v,H1  |
| 370 | Alternatief voor vancomycine                                       | 1805-03    | 6v   | 6v,H13      | 6v,H17        | 6v,H19       |
| 371 | Waterstof als alternatief voor Gronings gas                        | 1805-04    | 3hv  | 3h,H4/3v,H5 | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H5/3v,H5  |
| 372 | Injectie voorziet bloed van zuurstof                               | 1805-05    | 4,5v | 4v,H2       | 4v,H6         | 4v,H3        |
| 373 | Injectie tegen hiv werkt maand                                     | 1805-06    | 5v   | 6v,H11      | 6v,H15        | 6v,H18       |
| 374 | Chemisch hardhout                                                  | 1805-07    | 6v   | 6v,H13      | 6v,H17        | 6v,H19       |
| 375 | Recept voor groene spijkerbroek                                    | 1805-08    | 5,6v | 6v,H14      | 6v,H19        | 6v,H18       |
| 376 | Duitse kogel van silicium verkocht aan Taiwan I                    | 1805-09 I  | 4h   | 4h,H3       | 4h,H2         | 4h,H3        |
| 377 | Duitse kogel van silicium verkocht aan Taiwan II                   | 1805-09 II | 4v   | 4v,H2       | 4v,H6         | 4v,H2        |
| 378 | Benzonitril uit de ruimte                                          | 1805-10    | 5,6v | 6v,H12      | 5v,H13        | 5v,H10       |
| 379 | <b>FDCA-race naar de markt</b>                                     | 1805-11    | 5,6v | 6v,H14      | 6v,H19        | 6v,H18       |
| 380 | <b>Hydrozine</b>                                                   | 1805-12    | 5hv  | 5h,H8/5v,H9 | 5h,H11/5v,H14 | 5h,H9/5v,H11 |

|     |                                                                     |           |             |               |               |               |
|-----|---------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| 381 | Lubrizol onderzoekt elektrolyse reststroom zoutzuur                 | 1805-13   | 5hv         | 5h,H8/5v,H9   | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11  |
| 382 | Zomerweer: zeevonk zorgt voor magische taferelen I                  | 1809-01I  | 3hv         | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 383 | Zomerweer: zeevonk zorgt voor magische taferelen II                 | 1809-01II | 5,6v        | 6v,H13        | 6v,H17        | 6v,H19        |
| 384 | Net zolang kauwgom blijven kauwen tot je een schoenzool hebt        | 1809-02I  | 3hv         | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 385 | Net zolang kauwgom blijven kauwen tot je een schoenzool hebt        | 1809-02II | 5h;<br>5,6v | 5h,H9/56v,H11 | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H10/6v,H18 |
| 386 | Fabriek gaat afval omzetten in methanol                             | 1809-03   | 5(h)v       | 5h,H11/4v,H3  | 5h,H14/5v,H14 | 5h,H11/6v,H15 |
| 387 | Van het gas af met de NAM                                           | 1809-04I  | 3hv         | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 388 | Van het gas af met de NAM                                           | 1809-04II | 4hv         | 4h,H6/4v,H5   | 5h,H9/4v,H7   | 5h,H9/4v,H7   |
| 389 | Een snufje zout uit kilo's magneet                                  | 1809-05   | 5v          | 5v,H9         | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 390 | De weg van ammoniumnitraat                                          | 1809-06   | 5hv         | 5h,H8/5v,H9   | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H11/5v,H11 |
| 391 | Etheen elektrificatie                                               | 1809-07   | 5hv         | 5h,H8/5v,H9   | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H11/5v,H11 |
| 392 | Nieuw plastic helemaal recyclebaar                                  | 1809-08   | 5h; 5,6v    | 5h,H9/6v,H11  | 5h,H12/6v,H19 | 5h,H10/6v,H18 |
| 393 | Groene waterstof als brandstof                                      | 1809-09   | 5v          | 5v,H9         | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 394 | Kraken tot in perfectie                                             | 1809-10   | 4hv         | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H7/4v,H7   |
| 395 | Weidegang voor vergeten melkkoe                                     | 1809-11   | 6v          | 6v,H14        | 6v,H14        | 6v,H20        |
| 396 | Nanopalladium maakt ammoniak                                        | 1809-12   | 5v          | 5v,H9         | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 397 | 100 jaar zoutwinning in Twente                                      | 1810-01   | 5v          | 5v,H9         | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 398 | Gaat de natuur ons een handje helpen om plastic afval op te ruimen? | 1810-02   | 5,6v        | 6v,H13        | 6v,H17        | 6v,H19        |
| 399 | Dieselboemeltjes worden vervangen door schone treinen op waterstof  | 1810-03   | 5v          | 5v,H9         | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 400 | Tempo maken met elektrochemie                                       | 1810-04   | 5v          | 5v,H9         | 6v,H16        | 6v,H17        |
| 401 | Zweedse straaljager gooit bom op brand                              | 1810-05   | 3hv         | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H5/3v,H5   |

|     |                                                                          |            |       |               |               |               |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| 402 | Vattenfall start met aanleg van fossielvrije staalfabriek-I              | 1810-06I   | 3hv   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 403 | Vattenfall start met aanleg van fossielvrije staalfabriek-II             | 1810-06II  | 5hv   | 5h,H11/6v,H14 | 5h,H14/5v,H14 | 5h,H11/6v,H15 |
| 404 | Pleister meet stress                                                     | 1810-07    | 5,6v  | 5h,H9/6v,H11  | 5h,H12/5v,H19 | 5h,H10/6v,H18 |
| 405 | Broeikasgas wordt voedingssuplement                                      | 1810-08    | 5,6v  | 5h,H10/6v,H13 | 5h,H10/6v,H17 | 4h,H7/6v,H19  |
| 406 | Kalk wordt perovskiet                                                    | 1810-09    | 4v    | 4v,H4         | 4h,H4         | 4v,H4         |
| 407 | Waterstof maakt opgang                                                   | 1810-10    | 5v    | 5v,H9         | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 408 | Eerste sla uit voedselprinter                                            | 1811-01    | 5,6v  | 6v, H14       | 6v,H17        | 6v,H19        |
| 409 | Nafta I                                                                  | 1811-02 I  | 3hv   | 3h,H4/3v,H5   | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H8/3v,H8   |
| 410 | Nafta II                                                                 | 1811-02 II | 4hv   | 4h,H5/4v,H3   | 4h,H3/4v,H3   | 4h,H7/4v,H6   |
| 411 | Nieuwe methode om PEF te maken                                           | 1811-03    | 5,6v  | 6v,H12        | 6v,H15        | 6v,H18        |
| 412 | Wonderproduct uit de grond                                               | 1811-04    | 4hv   | 4h,H4/4v,H4   | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 413 | Plastic produceert methaan                                               | 1811-05    | 4-6hv | 5h,H9/6v,H12  | 5h,H11/5v,H14 | 5h,H11/5h,H14 |
| 414 | Uraan uit de oceanen                                                     | 1811-06    | 5,6v  | 5h,H9/5v,H10  | 5h,H12/6v,H15 | 4v,H7/5v,H13  |
| 415 | Vuur maken versie 1                                                      | 1811-07    | 3hv   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   | 3h,H5/3v,H5   |
| 416 | Vuur maken versie 2                                                      | 1811-07    | 4hv   | 4h,H6/4v,H5   | 4h,H3/4v,H7   | 5h,H9/5v,H7   |
| 417 | Giftige gassen na inkuilen mais                                          | 1811-08    | 3hv   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 418 | Groen ammoniak                                                           | 1811-09    | 5,6v  | 6v,H15        | 5v, H15       | 5v,H15        |
| 419 | Lego zegt plastic vaarwel                                                | 1901-01    | 5,6hv | 6v,H15        | 5v, H15       | 5v,H15        |
| 420 | Cumapol bouwt pilotplant voor chemische PET-recycling (versie I)         | 1901-02II  | 5v    | 6v,H12        | 6v,H15        | 6v,H18        |
| 421 | <b>Cumapol bouwt pilotplant voor chemische PET-recycling (versie II)</b> | 1901-02II  | 5v    | 6v,H12        | 6v,H15        | 6v,H18        |

|     |                                                       |           |       |              |               |               |
|-----|-------------------------------------------------------|-----------|-------|--------------|---------------|---------------|
| 422 | Chemistry of Venus flytraps                           | 1901-03   | 6v    | 5v,H8        | 5v,H10        | 5v, H12       |
| 423 | Tanken we binnenkort gerycled plastic? (versie 1)     | 1901-04   | 3hv   | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 424 | Tanken we binnenkort gerycled plastic? (versie 2)     | 1901-04   | 5,6v  | 5v,H9        | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 425 | Wat is mierenzuur - het geloosde drugsafval?          | 1901-05   | 6v    | 6v,H15       | 5v, H15       | 5v, H15       |
| 426 | Kunnen suikermoleculen de bedreigde ozonlaag redden?  | 1901-06   | 5,6v  | 6v, H12      | 6v,H15        | 6v,H18        |
| 427 | Ketchup-afstotend plastic                             | 1901-07   | 5hv   | 4h,H3/5v,H8  | 4h,H6/4v,H6   | 4h,H5/4v,H3   |
| 428 | Voorbeeld van industriële symbiose                    | 1901-08   | 4hv   | 4h,H5/4v,H3  | 4h,H3/4v,H7   | 5h,H9/4v,H7   |
| 429 | Witte tornado breekt afvalstoffen af                  | 1901-09   | 5v    | 5v,H8        | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 430 | Zink-zuurstofbatterij voor Afrika                     | 1902-01   | 5hv   | 5h,H8/5v,H9  | 5h,H11/5v,H11 | 5h,H9/5v,H11  |
| 431 | Accu's van PLA                                        | 1902-02   | 5v    | 5v,H9        | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 432 | Mummificeren in het oude Egypte I                     | 1902-03I  | 3hv   | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 433 | <b>Mummificeren in het oude Egypte II</b>             | 1902-03II | 4hv   | 4h,H4/4v,H4  | 4h,H4/4v,H5   | 4h,H5/4v,H4   |
| 434 | Polymeer haalt CO <sub>2</sub> uit lucht              | 1902-04   | 5,6v  | 6v,H12       | 6v,H15        | 6v,H18        |
| 435 | Ijzer als opslagmedium duurzane energie versie 1      | 1902-05I  | 3hv   | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 436 | Ijzer als opslagmedium duurzane energie versie 2      | 1902-05II | 4,5hv | 4h,H6/4v,H5  | 5h,H9/4v,H7   | 5h,H9/4v,H7   |
| 437 | Simpel 3D-printen met metaal                          | 1902-06   | 4v    | 4v,H2        | 4v,H5         | 4v,H4         |
| 438 | Een korte geschiedenis van bier                       | 1902-07   | 3hv   | 3h,H2/3v,H2  | 3h,H2/3v,H2   | 3h,H4/3v,H4   |
| 439 | Betonrot                                              | 1902-08   | 5v    | 5v,H9        | 5v,H11        | 5v,H11        |
| 439 | PLA uit wei dichtbij                                  | 1902-09   | 5hv   | 5h,H9/6v,H12 | 5h,H12/6v,H15 | 5h,H10/6v,H18 |
| 440 | Nederlandse startup NUUD revolutie in deodorantwereld | 1902-10   | 4hv   | 4h,H3/4v,H2  | 4h,H2/4v,H6   | 4h,H4/4v,H3   |

|     |                                                              |         |          |                              |                                |                              |
|-----|--------------------------------------------------------------|---------|----------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 441 | Propan wordt nieuwe propeen                                  | 1902-11 | 5hv      | 5h,H9/6v,H12                 | 5h,H12/6v,H18                  | 5h,H10/6v,H18                |
| 442 | Natuurlijke pijnstillende gel                                | 1903-01 | 5,6v     | 6v,H14                       | 6v,H17                         | 5v,H14                       |
| 443 | Kunstmest grootste chemische innovatie                       | 1903-02 | 4hv      | 4h,H4/4v,H4                  | 4h,H4/4h,H5                    | 4h,H5/4v,H4                  |
| 444 | Hoe maak je van een cacaoboon chocolade?                     | 1903-03 | 5hv      | 5h,H8/5v,H9<br>5h,H10/6v,H14 | 5h,H11/5v,H11<br>5h,H10/6v,H17 | 5h,H9/5v,H11<br>5h,H7/5v,H14 |
| 445 | Elements in the spotlight: beryllium                         | 1903-04 | 4hv      | 4h,H1/4v,H1                  | 4h,H2/4v,H2                    | 4h,H2/4v,H2                  |
| 446 | Waterstofauto met alcohol                                    | 1903-05 | 5h, 5,6v | 5h,H11/6v,H15                | 5h,H14/6v,H16                  | 5h,H11/6v,H20                |
| 447 | Kawah Ijen vulkaan                                           | 1903-06 | 3hv      | 3h,H2/3v,H2                  | 3h,H2/3v,H2                    | 3h,H4/3v,H4                  |
| 448 | Tejin aramid en Bio-BTX werken aan biobased supervezel       | 1903-07 | 6v       | 6v,H12                       | 6v,H15                         | 6v,H18                       |
| 449 | Aardgas-reuzenvaartuig moet ons voorzien van groen gas       | 1903-08 | 3,4hv    | 4h,H6/4v,H5                  | 5h,H9/4v,H7                    | 5h,H9/4v,H7                  |
| 450 | Hoogentropische katalyse                                     | 1903-09 | 6v       | 5v,H8                        | 6v,H18                         | 5v,H12                       |
| 451 | Hydride bindt stikstof                                       | 1903-10 | 4hv      | 4h,H6/4v,H5                  | 5h,H9/4v,H7                    | 5h,H9/4v,H7                  |
| 452 | ROR laat kobaltkat voor twee tellen                          | 1903-11 | 5hv      | 5h,H8/5v,H9                  | 5h,H11/5v,H11                  | 5h,H9/5v,H11                 |
| 453 | Bellen tijdens tanken kan brand veroorzaken - klopt dit wel? | 1904-01 | 3hv      | 3h,H2/3v,H2                  | 3h,H2/3v,H2                    | 3h,H5/3v,H5                  |
| 454 | Ijzerhydroxide spaart brandstofcel                           | 1904-02 | 5,6v     | 5v,H9                        | 6v,H16                         | 6v,H17                       |
| 455 | Veel sneller 3D-printen met licht                            | 1904-03 | 6v       | 6v,H12                       | 6v,H15                         | 6v,H18                       |
| 456 | Thermodynamica lest de dorst                                 | 1904-04 | 5,6v     | 6v,H14                       | 6v,H17                         | 6v,H19                       |
| 457 | Spiegeltruc laat bijwerkingen verdwijnen                     | 1904-05 | 5,6v     | 5v,H8                        | 6v,H18                         | 5v,H12                       |
| 458 | Hoe kan zout sneeuw op de weg smelten?                       | 1904-06 | 4hv      | 4h,H6/4v,H6                  | 5h,H13/4v,H8                   | 4h,H5/4v,H7                  |
| 459 | Mijn droom is een goede gel voor elke cel                    | 1904-07 | 5h,56v   | 5h,H10/6v,H14                | 5h,H10/6v,H17                  | 5h,H7/6v,H19                 |
| 460 | Gegarneerd kobalt vermijdt broeikasgas                       | 1904-08 | 5hv      | 5h,H10/6v,H12                | 5h,H12/6v,H15                  | 5h,H10/6v,H18                |

[illegible]























































































| Subdomein                              | Vaardigheid             | Specificaties                                           |
|----------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| Processen en reacties                  | Informatie              | Verbrandingen, organische reacties                      |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie              | Stofeigenschappen                                       |
| Chemisch rekenen                       | Informatie              | Percentages                                             |
| Vakmethodes en veiligheid              | Informatie              | Gaschromatografie, massaspectrometrie                   |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie              | Atoommodel                                              |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Energiebalans, stofkringloop                            |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Verbrandingen, elementkringloop                         |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie              | Atoommodel                                              |
| Duurzaamheid                           | Informatie              | Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren) |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Verbrandingen, organische reacties                      |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Beginstoffen en reactieproducten                        |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie              | Structuurformules                                       |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Reactievergelijkingen                                   |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie              | Bindingen en uv-licht, micro-macro                      |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Elektrochemische cel                                    |
| Energie                                | Informatie              | Exotherm, reactiewarmte, energiediagram, $K_a$          |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Redoxreacties, werking enzym                            |
| Energie                                | Informatie              | Energiediagram, endotherm, duurzaamheid                 |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Zuur-base, organische reacties                          |
| Processen en reacties                  | Informatie, Onderzoeken | Polycondensatie, Practicum                              |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie              | Stofeigenschappen, toepassing zout                      |
| Energie                                | Rekenen                 | Energiebehoud, Brandstoffen en duurzaamheid             |
| Processen en reacties                  | Informatie              | Beginstoffen en reactieproducten                        |

|                                        |                                |                                                                       |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Behoudswetten en kringlopen            | Redeneren mbt tot duurzaamheid | Stofkringloop, elementkringloop                                       |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Analoge reacties ahv gegeven reactie beschrijven, organische reacties |
| Ontwerpen                              | -                              | Programma van eisen                                                   |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Redoxreacties, verbrandingen                                          |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Organische reacties, beginstoffen/reactieproducten                    |
| Vaardigheden                           | Chemische processen            | Natuurwetenschappelijk instrumentarium                                |
| Chemische processen                    | Informatie                     | Elektrolyse                                                           |
| Chemisch rekenen                       | Informatie                     | Bekende chemische berekeningen                                        |
| Vaardigheden                           | Chemie van het leven           | Informatie en communiceren                                            |
| Processen en reacties                  | Onderzoeken                    | Hydrolyse                                                             |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Organische reacties                                                   |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Stofeigenschappen, oplosbaarheid, allerlei mengsels                   |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Reactievergelijkingen, elementbehoud                                  |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Redoxreactie, brandstofcel, verbrandingen                             |
| Processen en reacties                  | Onderzoeken                    | Chemische kennis in voedselproductie                                  |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Communiceren                   | micro-macro structuur                                                 |
| Behoudswetten en kringlopen            | Informatie                     | Stofkringloop, elementkringloop                                       |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Beginstoffen en reactieproducten                                      |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Batterijen, elektrochemische cel, redoxreacties                       |

|                                        |                                |                                                                     |
|----------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie                     | Micro-macro, oplosbaarheid, hydrofiel, hydrofoob                    |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie                     | Macro-micro, biodegradeerbaarheid, polymeren, innovatieve processen |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Verbrandingen, stofkringloop, elementkringloop, energiebalans       |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Organische reacties, polymeren                                      |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Organische reacties, polycondensatie                                |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties               |
| Industriële processen en Groene Chemie | Natuurwetensch instrumentarium | Blokschema, structuren, video proces                                |
| Industriële processen en Groene Chemie | Natuurwetensch instrumentarium | Blokschema, structuren, video proces                                |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Zuur-base; redox                                                    |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie                     | Oplossen, hydrofiel, toepassing zout                                |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Beginstoffen en reactieproducten                                    |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Elektrochemische cel                                                |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Verbranding; beginstoffen en reactieproducten                       |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie                     | Atoommodel                                                          |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties                     |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties                     |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Beginstoffen en reactieproducten                                    |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie                     | Organische naamgeving en structuurformules                          |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | batterijen, redoxreactie, halfreactie                               |
| Processen en reacties                  | Informatie                     | Brandstofcel, redoxreacties                                         |

|                                                                   |              |                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Chemie van het leven                                              | Informatie   | Structuur van eiwitten                                                       |
| Processen en reacties                                             | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten                                             |
| Processen en reacties                                             | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten; zuur-base reacties                         |
| Deeltjesmodellen                                                  | Informatie   | Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie                |
| Deeltjesmodellen                                                  | Informatie   | Structuurformules; structuurisomerie                                         |
| Deeltjesmodellen                                                  | Modelvorming | Organische naamgeving en structuurformules                                   |
| Deeltjesmodellen, Chemisch rekenen; Energie                       | Informatie   | Atoommodel; Bekende chemische berekeningen; Exotherm/endotherm               |
| Deeltjesmodellen                                                  | Informatie   | Organische naamgeving en structuurformules                                   |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                            | Onderzoeken  | Hydrofiel, hydrofoob                                                         |
| Processen en reacties                                             | Informatie   | Organische reacties                                                          |
| Processen en reacties                                             | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten; polyadditie                                |
| Processen en reacties                                             | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten; reactievergelijkingen, massabehoud         |
| Processen en reacties                                             | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten                                             |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                            | Informatie   | Toepassing zout; oplosbaarheid zout                                          |
| Processen en reacties                                             | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten                                             |
| Processen en reacties                                             | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten                                             |
| Vakmethodes en veiligheid; Industriële processen en Groene Chemie | Informatie   | Gaschromatografie, kennis van risico's, waarborging kwaliteit water en lucht |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                            | Informatie   | Stofeigenschappen; mengsels; oplosbaarheid                                   |

|                                                               |                                 |                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Processen en reacties                                         | Informatie                      | Zuurbase; verbrandingen; beginstoffen en reactieproducten                                     |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie                      | Stofeigenschappen; bouw stof                                                                  |
| Processen en reacties                                         | Informatie                      | Batterijen/brandstofcel; milieu; verbrandingen                                                |
| Deeltjesmodellen                                              | Informatie                      | Atoommodel                                                                                    |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties | Informatie                      | Oplosbaarheid, geleidingsvermogen, analoge reactie ahv gegeven reactie; ruimtelijke structuur |
| Duurzaamheid                                                  | Informatie                      | Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren)                                       |
| Processen en reacties                                         | Informatie                      | Redox                                                                                         |
| Vaardigheden                                                  | Natuurwetensch. instrumentarium | Informatie selecteren, analyseren en structureren                                             |
| Vaardigheden                                                  | Natuurwetensch. instrumentarium | Informatie selecteren, analyseren en structureren                                             |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie                      | Roosters en bindingen                                                                         |
| Processen en reacties                                         | Informatie                      | Polycondensatie                                                                               |
| Processen en reacties                                         | Informatie                      | Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties                                         |
| Deeltjesmodellen                                              | Informatie                      | Atoommodel                                                                                    |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties | Informatie                      | Micro-, meso en macroniveau, polymerisatiereacties                                            |
| Deeltjesmodellen                                              | Informatie                      | Atoommodel, namen, Lewisstructuur                                                             |
| Processen en reacties                                         | Informatie                      | Beginstoffen en reactieproducten, verbrandingen                                               |
| Vakmethodes en veiligheid                                     | Informatie                      | Gaschromatografie, zuurbaseindicatoren                                                        |
| Processen en reacties; Industriële processen en Groene Chemie | Informatie                      | Elektrolyse, rendement, ontwikkeling nieuw proces                                             |

|                                                            |                                        |                                                               |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Processen en reacties                                      | Informatie                             | Beginstoffen en reactieproducten, verbrandingen, redox        |
| Industriële processen en Groene Chemie                     | Informatie                             | Biodiesel, biomassa, duurzaamheid, cradle-to-cradle           |
| Atoommodellen; Processen en reacties                       | Informatie                             | Isotopen, verbrandingsreacties                                |
| Processen en reacties                                      | Informatie                             | Redoxreacties                                                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                     | Informatie                             | Microniveau, bouw molecuul                                    |
| Processen en reacties                                      | Informatie                             | Verbrandingen, redoxreacties                                  |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                     | Informatie, Onderzoeken                | Groepen en reactiviteit, Relatie met onderzoek                |
| Deeltjesmodellen; Bindingen, structuren en eigenschappen   | Informatie                             | Atoommodel; Relatie met onderzoek                             |
| Deeltjesmodellen                                           | Informatie                             | Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie |
| Deeltjesmodellen                                           | Informatie                             | Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie |
| Deeltjesmodellen                                           | Natuurwetensch. instrumentarium        | Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie |
| Processen reacties; Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie                             | Organische reacties, Stereo-isomerie                          |
| Vaardigheden                                               | Bindingen, structuren en eigenschappen | Onderzoeken                                                   |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                     | Communiceren                           | Stofeigenschappen, hydrofiel                                  |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                     | Informatie                             | Roosters en bindingen                                         |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                     | Informatie; Onderzoek                  | Structuren van eiwitten                                       |
| Industriële processen en Groene Chemie                     | Informatie; Onderzoek                  | Procesverbetering, duurzaamheid, rendement                    |

|                                                               |             |                                           |
|---------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie  | Stereo-isomerie                           |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie  | Composiet                                 |
| Vaardigheden                                                  | Onderzoeken | Verwerken resultaat, conclusie            |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Polymeren                                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Reactiekinetiek       | Informatie  | Stofeigenschappen                         |
| Industriële processen en Groene chemie; Processen en reacties | Informatie  | Processen en duurzaamheid                 |
| Reactiekinetiek                                               | Informatie  | Reactiemechanisme                         |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Verbrandingen                             |
| Stoffen en reacties                                           | Informatie  | Redox                                     |
| Deeltjesmodellen                                              | Informatie  | Elementbegrip                             |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Estervorming                              |
| Vaardigheden                                                  | Onderzoeken | Onderzoeksvraag; Werkplan                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie  | Oplosbaarheid; Hydrofiel en hydrofoob     |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie  | Oplosbaarheid; Hydrofiel en hydrofoob     |
| Chemisch rekenen                                              | Informatie  | Bekende chemische berekeningen            |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie  | Composiet, vervormbaarheid, crosslink     |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Beginstoffen-reactieproducten             |
| Bindingen, structuur en eigenschappen                         | Informatie  | Bindingen                                 |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Zouten, zuur-base reacties, redoxreacties |
| Deeltjesmodellen                                              | Informatie  | Elektronenstructuur, valentie-elektronen  |
| Chemische processen                                           | Informatie  | Redox, neerslagreacties                   |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Beginstoffen-reactieproducten             |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Biochemie                                 |

|                                                          |                                |                                                                       |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Deeltjesmodellen                                         | Informatie                     | Structuurformules, Lewisstructuren, octetregel                        |
| Deeltjesmodellen, bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie; Onderzoek          | Stofeigenschappen, relatie met onderzoek                              |
| Processen en reacties                                    | Informatie                     | Elektrolyse                                                           |
| Processen en reacties                                    | Informatie                     | Organische reacties, polymerisaties                                   |
| Deeltjesmodellen                                         | Informatie                     | Micro en macro                                                        |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie                     | Lewisstructuur, bindingstype                                          |
| Onderzoeken                                              | Processen en reacties          | Onderzoeksvraag; Werkplan; Conclusie                                  |
| Processen en reacties                                    | Onderzoeken                    | Oplossen, kristalliseren                                              |
| Industriële processen                                    | Informatie                     | Veiligheid proces, productie, reactiekinetiek                         |
| Industriële processen                                    | Informatie                     | Veiligheid proces, productie, reactiekinetiek                         |
| Chemische processen                                      | Informatie                     | Organische chemie                                                     |
| Processen en reacties                                    | Informatie                     | Beginstoffen-reactieproducten                                         |
| Chemische processen                                      | Informatie                     | Koolstofdioxidekringloop                                              |
| Chemische processen                                      | Informatie                     | Organische reacties                                                   |
| Energie                                                  | Redeneren mbt tot duurzaamheid | Brandstoffen, duurzaamheid, elektrische energie, emissies             |
| Chemische processen                                      | Informatie                     | Organische chemie                                                     |
| Industriële processen                                    | Onderzoeken                    | Probleem herkennen, onderzoeksvraag, hydrofiel, hydrofoob, blokschema |
| Industriële processen en Groene Chemie                   | Informatie                     | Onderzoeksvraag, hydrofiel, hydrofoob                                 |
| Stoffen en materialen                                    | Informatie                     | Scheidingsmethoden                                                    |
| Processen en reacties                                    | Informatie                     | Elektrolyse                                                           |
| Processen en reacties                                    | Onderzoeken                    | Hydrolyse                                                             |
| Stoffen en materialen                                    | Informatie                     | Scheidingsmethoden                                                    |

|                                        |                       |                                                             |
|----------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|
| Processen en reacties                  | Informatie            | Verbrandingen; beginstoffen-reactieproducten                |
| Energie                                | Informatie            | Energiediagram, activeringsenergie, elektronenformules      |
| Bindingen, structuur en eigenschappen  | Informatie            | Ionrooster, verhoudingsformules                             |
| Energie, duurzaamheid                  | Informatie            | Energie-omzettingen, duurzaamheid,                          |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie            | Verhoudingsformules, structuurformules                      |
| Processen en reacties                  | Informatie            | Redox                                                       |
| Processen en reacties                  | Informatie            | Elektrochemische cel, batterij                              |
| Onderzoeken, ontwerpen                 | Processen en reacties | Onderzoeksplan, werkplan, informatie geven                  |
| Chemische processen                    | Informatie            | Beginstoffen-reactieproducten, zuurbase, redox              |
| Industriële processen en Groene Chemie | Informatie            | Atoomeconomie, E-factor, $\Delta E$ , duurzame brandstoffen |
| Bindingen, structuur en eigenschappen  | Informatie            | Bouw stof en vervormbaarheid                                |
| Chemische processen                    | Informatie            | Beginstoffen-reactieproducten                               |
| Chemische processen                    | Informatie            | Beginstoffen-reactieproducten                               |
| Chemische processen                    | Informatie            | Beginstoffen-reactieproducten                               |
| Chemische processen                    | Informatie            | Beginstoffen-reactieproducten                               |
| Bindingen, structuur en eigenschappen  | Informatie            | Stofeigenschappen, bindingen, covalentie                    |
| Chemische processen                    | Informatie            | Beginstoffen-reactieproducten                               |
| Processen en reacties                  | Informatie            | Brandstofcel; redox                                         |
| Reacties                               | Informatie            | Redox; Energie                                              |
| Atoombouw                              | Informatie            | Lewisstructuur                                              |
| Processen en reacties                  | Informatie            | Beginstoffen-reactieproducten                               |

|                                         |                         |                                                                        |
|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Processen en reacties, Chemisch rekenen | Informatie              | Beginstoffen-reactieproducten, Molberekening                           |
| Chemie van het leven, Deeltjesmodellen  | Informatie              | Structuur van koolhydraten, Organische naamgeving en structuurformules |
| Processen en reacties                   | Informatie              | Brandstoffen, duurzaamheid, elektrische energie, emissies              |
| Stoffen en reacties                     | Informatie              | Brandstoffen, duurzaamheid, elektrische energie, emissies              |
| Energie                                 | Informatie              | Endotherm, kringloop                                                   |
| Energie                                 | Informatie              | Energiediagram. Kringloop                                              |
| Energie                                 | Informatie              | Energiediagram, energieberekening, duurzaamheid                        |
| Processen en reacties                   | Informatie              | Brandstoffen                                                           |
| Stoffen en reacties                     | Informatie              | Organische reactievergelijkingen                                       |
| Stoffen en reacties                     | Informatie              | Brandstoffen                                                           |
| Onderzoeken                             | Processen en reacties   | Conclusies, evalueren                                                  |
| Deeltjesmodellen                        | Informatie              | Atoombouw                                                              |
| Deeltjesmodellen                        | Informatie              | Periodiek systeem, elektrovalentie, isotopen                           |
| Processen en reacties                   | Informatie              | Polymeren                                                              |
| Processen en reacties                   | Informatie              | Evenwichten, zuren en basen                                            |
| Processen en reacties                   | Informatie              | Redox                                                                  |
| Bindingen, structuren en eigenschappen  | Informatie, Onderzoeken | Thermoharder, netwerkpolymeer, copolymeer                              |
| Processen en reacties                   | Informatie              | Verbrandingen, beginstoffen-reactieproducten, recycling                |
| Energie                                 | Informatie              | Energiediagram, vormingswarmte, reactiewarmte, energieverlies          |
| Processen en reacties                   | Informatie              | Destillatie                                                            |
| Processen en reacties                   | Informatie              | Verbranding                                                            |

|                                                               |                       |                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Processen en reacties                                         | Informatie            | Verbrandingen                                                                        |
| Energie, deeltjesmodellen                                     | Informatie            | Energiediagram, formuletaal                                                          |
| Onderzoeken                                                   | Processen en reacties | Onderzoeksvraag, werkplan                                                            |
| Processen en reacties                                         | Informatie            | Atoombouw                                                                            |
| Onderzoeken                                                   | Energie               | Onderzoeksvraag, hypothese, werkplan, conclusie                                      |
| Energie                                                       | Informatie            | Endotherm, exotherm                                                                  |
| Binding en structuur                                          | Informatie            | Stofeigenschappen, geleidbaarheid                                                    |
| Processen en reacties; Industriële en groene chemie           | Informatie            | Copolymeer, polyester, hydrolyse polymeer, hernieuwbare grondstof, innovatief proces |
| Binding en structuur                                          | Informatie            | Organische chemie, polymeren                                                         |
| Processen en reacties                                         | Informatie            | zuur-base                                                                            |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties | Informatie            | Stereo-isomerie, hydrolyse, zuur-base                                                |
| Processen en reacties                                         | Informatie            | Kraakproces                                                                          |
| Processen en reacties                                         | Informatie            | Polymerisatie                                                                        |
| Binding en structuur                                          | Informatie            | Reactiesnelheid, katalyse                                                            |
| Onderzoek                                                     | Processen en reacties | Opstellen onderzoeksvraag, opstellen werkplan                                        |
| Chemie van het leven                                          | Informatie            | Structuur eiwitten                                                                   |
| Reactiekinetiek                                               | Informatie            | Katalysator                                                                          |
| Organische chemie                                             | Informatie            | Polymeren                                                                            |
| Processen en reacties                                         | Informatie            | Organische reacties                                                                  |
| Processen en reacties                                         | Informatie            | Redox                                                                                |
| Processen en reacties                                         | Informatie            | Redox                                                                                |
| Chemie van het leven                                          | Informatie            | Structuur                                                                            |

|                                           |            |                                                         |
|-------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------|
| Chemie van het leven, chemische processen | Informatie | Structuur van eiwitten, mesomerie                       |
| Processen en reacties                     | Informatie | Beginstoffen en reactieproducten, reactievergelijkingen |
| Processen en reacties                     | Informatie | Redox, Rekenen aan reacties                             |
| Chemische vakmethoden                     | Informatie | Chromatografie                                          |
| Processen en reacties                     | Informatie | Beginstoffen en reactieproducten                        |
| Energie                                   | Informatie | Energiediagram                                          |
| Deeltjesmodellen                          | Informatie | Structuurformules                                       |
| Bindingen, structuren en eigenschappen    | Informatie | Ruimtelijke structuur                                   |
| Bindingen, structuren en eigenschappen    | Informatie | Stereo-isomerie                                         |
| Processen en reacties                     | Informatie | Beginstoffen en reactieproducten                        |
| Processen en reacties                     | Informatie | Organische reacties                                     |
| Processen en reacties                     | Informatie | Redoxreacties                                           |
| Processen en reacties                     | Informatie | Elektrochemische cel                                    |
| Processen en reacties, Energie            | Informatie | Redoxreacties, vormingswarmte                           |
| Processen en reacties, Energie            | Informatie | Beginstoffen en reactieproducten, Vormingswarmte        |
| Deeltjesmodellen, Energie                 | Informatie | Mesomerie, Vormingswarmte                               |
| Processen en reacties                     | Informatie | Elektrochemische cel                                    |
| Industriële processen en groene chemie    | Informatie | Groene chemie (aspecten)                                |
| Processen en reacties                     | Informatie | Redoxreacties                                           |
| Bindingen, structuren en eigenschappen    | Informatie | Oplosbaarheid                                           |
| Bindingen, structuren en eigenschappen    | Informatie | Stofeigenschappen                                       |
| Binding en structuur                      | Informatie | Stofeigenschappen                                       |

|                                                          |              |                                                   |
|----------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------|
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Brandstofcel                                      |
| Deeltjesmodellen                                         | Informatie   | Structuurformules                                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie   | Vervormbaarheid, H-bruggen, duurzame grondstoffen |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Zuur-base                                         |
| Deeltjesmodellen                                         | Informatie   | Structuurformules                                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie   | Micro-macro                                       |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie   | Micro-macro                                       |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie   | Micro-macro, stereo-isomerie                      |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie   | Stereo-isomerie, cis-trans                        |
| Deeltjesmodellen, bindingen, structuren en eigenschappen | Modelvorming | Structuurformules                                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie   | Stereo-isomerie                                   |
| Deeltjesmodellen; Processen en reacties                  | Informatie   | Structuurisomerie ; Hydrolyse                     |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Verbrandingen                                     |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Verbrandingen                                     |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten                  |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie   | Mengsel, hydrofoob                                |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Organische reacties                               |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Zuur-base                                         |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Beginstoffen en reactieproducten                  |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                   | Informatie   | Composieten                                       |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Elektrochemie                                     |
| Processen en reacties                                    | Informatie   | Stofkringloop                                     |

|                                        |            |                                                                    |
|----------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------|
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Stofeigenschappen                                                  |
| Processen en reacties                  | Informatie | Organische reacties                                                |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie | Structuurformules                                                  |
| Industriële processen en Groene Chemie | Informatie | Blokschema                                                         |
| Processen en reacties                  | Informatie | Beginstoffen en reactieproducten                                   |
| Processen en reacties                  | Informatie | Redoxreacties                                                      |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie | Atoommodel, covalentie                                             |
| Deeltjesmodellen                       | Informatie | Atoommodel, verhoudingsformule                                     |
| Processen en reacties                  | Informatie | Redoxreacties                                                      |
| Processen en reacties                  | Informatie | Organische reacties                                                |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Roosters en bindingen                                              |
| Processen en reacties                  | Informatie | Verbrandingen; beginstoffen-reactieproducten; recycling            |
| Energie                                | Informatie | Energiediagram, exotherm, endotherm, vormingswarmte, reactiewarmte |
| Processen en reacties                  | Informatie | Organische reacties                                                |
| Processen en reacties                  | Informatie | Polymeren                                                          |
| Processen en reacties                  | Informatie | Polymerisatiereacties                                              |
| Industriële processen en groene chemie | Informatie | Groene chemie                                                      |
| Processen en reacties                  | Informatie | Organische reacties                                                |
| Energie                                | Informatie | Exotherm                                                           |
| Processen en reacties                  | Informatie | Redoxreacties                                                      |
| Processen en reacties                  | Informatie | Recycling                                                          |
| Processen en reacties; Energie         | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten; Reactiewarmte                       |

|                                                                 |            |                                                             |
|-----------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------|
| Processen en reacties                                           | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten;<br>Reactiewarmte             |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Organische reacties                                         |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Redox                                                       |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Polymeren                                                   |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Halfreacties, batterijen                                    |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Brandstoffen                                                |
| Deeltjesmodellen; Reactiekinetiek;<br>Vakmethodes en veiligheid | Informatie | Structuurisomerie, Reactiemechanisme,<br>Massaspectrometrie |
| Bindingen, structuren en<br>eigenschappen                       | Informatie | Toepassing zout                                             |
| Evenwichten                                                     | Informatie | Aflopende reactie, omkeerbare reactie,<br>evenwicht         |
| Bindingen, structuren en<br>eigenschappen                       | Informatie | Roosters en bindingen                                       |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Organische reacties                                         |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                               |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Redoxreacties                                               |
| Deeltjesmodellen                                                | Informatie | Edelgassen, Lewisstructuur, structuur<br>elektronenwolken   |
| Binding, structuren en eigenschappen                            | Informatie | Roosters en bindingen                                       |
| Groene chemie                                                   | Informatie | Duurzaamheid                                                |
| Bindingen, structuren en<br>eigenschappen                       | Informatie | Bouw stof en vervormbaarheid                                |
| Duurzaamheid                                                    | Informatie | Uitspraken duurzaamheid (waarderen en<br>becommentariëren)  |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Verbrandingen                                               |
| Deeltjesmodellen                                                | Informatie | Structuurisomerie                                           |
| Processen en reacties                                           | Informatie | Organische reacties                                         |

|                                                               |             |                                                            |
|---------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------|
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie  | Roosters; Oplosbaarheid; Micro-macro                       |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Beginstoffen-reactieproducten                              |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Polymeren                                                  |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Zuur-base; Beginstoffen en reactieproducten                |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Verbrandingen; Polymeren                                   |
| Behoudswetten en kringlopen; Vaardigheden                     | Onderzoeken | Recycling; Onderzoeksvraag                                 |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Organische chemie                                          |
| Industriële processen en Groene Chemie                        | Informatie  | Veiligheidsrisico's; Gevarensymbolen; LD50; H- en P-zinnen |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | zuurbasereacties                                           |
| Industriële processen en Groene Chemie                        | Informatie  | Groene Chemie (aspecten); Blokschema                       |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Polymeren                                                  |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Verbrandingen                                              |
| Deeltjesmodellen; Chemische vakmethodes; Reactiekinetiek      | Informatie  | Massaspectrometrie; Reactiemechanisme                      |
| Processen en reacties; Industriële processen en Groene Chemie | Informatie  | Beginstoffen-reactieproducten; Groene Chemie               |
| Deeltjesmodellen                                              | Informatie  | Structuurformules; Atoommodel                              |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Beginstoffen-reactieproducten                              |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Polymeren; Organische reacties                             |
| Industriële processen en Groene Chemie                        | Informatie  | Innovatief proces                                          |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Verbrandingen                                              |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Verbrandingen                                              |
| Processen en reacties                                         | Informatie  | Redox                                                      |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie  | Zouten                                                     |
| Processen en reacties; Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie  | Oplosbaarheid zouten; Redox                                |

|                                                   |            |                                                                    |
|---------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------|
| Processen en reacties                             | Informatie | Redox                                                              |
| Processen en reacties                             | Informatie | Verbrandingen                                                      |
| Processen en reacties                             | Informatie | Organische reacties                                                |
| Energie; Industriële processen; Groene Chemie     | Informatie | Duurzaamheid                                                       |
| Processen en reacties                             | Informatie | Zuren en basen                                                     |
| Processen en reacties                             | Informatie | Redox                                                              |
| Processen en reacties                             | Informatie | Polymeren                                                          |
| Processen en reacties                             | Informatie | Redox                                                              |
| Industriële chemie en Groene Chemie; Duurzaamheid | Informatie | Ontwikkeling nieuwe toepassingen, duurzaamheid                     |
| Bindingen, structuren en eigenschappen            | Informatie | Macroscopische eigenschappen en structuur                          |
| Bindingen, structuren en eigenschappen            | Informatie | Stofeigenschappen                                                  |
| Processen en reacties                             | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                                      |
| Industriële processen en Groene Chemie            | Informatie | Ontwikkeling nieuwe toepassing, blokschema, redeneren duurzaamheid |
| Processen en reacties                             | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                                      |
| Processen en reacties                             | Informatie | Verbrandingen                                                      |
| Processen en reacties                             | Informatie | Verbrandingen                                                      |
| Processen en reacties                             | Informatie | Verbrandingen                                                      |
| Processen en reacties                             | Informatie | Verbrandingen                                                      |
| Processen en reacties                             | Informatie | Redox                                                              |
| Processen en reacties                             | Informatie | Verbrandingen                                                      |
| Processen en reacties                             | Informatie | Organische reacties                                                |
| Processen en reacties                             | Informatie | Organische reacties                                                |
| Processen en reacties                             | Informatie | Polymeren                                                          |

|                                                 |             |                                                      |
|-------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------|
| Processen reacties; Chemisch rekenen            | Informatie  | Redox; Chemisch rekenen                              |
| Bindingen, structuren en eigenschappen          | Informatie  | Hydrofiel, hydrofoob                                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen          | Informatie  | Stofeigenschappen                                    |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Elektrochemische cel                                 |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Beginstoffen-reactieproducten                        |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Organische reacties                                  |
| Bindingen, structuren en eigenschappen          | Informatie  | Stofeigenschappen                                    |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Verbrandingen                                        |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Verbrandingen                                        |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Brandstof                                            |
| Processen en reacties                           | Onderzoeken | Beginstoffen en reactieproducten;<br>Onderzoeksvraag |
| Chemie van het leven; Vakmethodes en veiligheid | Onderzoeken | Eiwitten; Massaspectrometrie;<br>Onderzoeksvraag     |
| Chemie van het leven; Vakmethodes en veiligheid | Onderzoeken | Eiwitten; Massaspectrometrie;<br>Onderzoeksvraag     |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Verbrandingen                                        |
| Bindingen, structuren en eigenschappen          | Informatie  | Oplosbaarheid zouten                                 |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Polymerisaties                                       |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Polymerisaties                                       |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Zuren en basen                                       |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Halfreacties                                         |
| Processen en reacties                           | Informatie  | Polymeren                                            |

|                                        |            |                                                   |
|----------------------------------------|------------|---------------------------------------------------|
| Processen en reacties                  | Informatie | Verbrandingen                                     |
| Processen en reacties                  | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                     |
| Processen en reacties                  | Informatie | Recycling                                         |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Stofeigenschappen                                 |
| Processen en reacties                  | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                     |
| Industriële processen en Groene Chemie | Informatie | Blokschema's                                      |
| Industriële processen en Groene Chemie | Informatie | Innovatieve processen                             |
| Processen en reacties                  | Informatie | Redox                                             |
| Bindigen, structuren en eigenschappen  | Informatie | Zouten                                            |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Hydrofiel-hydrofoob                               |
| Processen en reacties                  | Informatie | Zuur-base                                         |
| Deeltjesmodel                          | Informatie | Atoommodel                                        |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Zouten                                            |
| Bindigen, structuren en eigenschappen  | Informatie | Stofeigenschappen                                 |
| Processen en reacties                  | Informatie | Brandstoffen                                      |
| Industriële processen en Groene Chemie | Informatie | Nieuwe toepassingen, blokschema, hydrolyse, redox |
| Processen en reacties                  | Informatie | Polymeren                                         |
| Processen en reacties                  | Informatie | Polymeren                                         |
| Processen en reacties                  | Informatie | Brandstoffen                                      |
| Industriële processen en Groene Chemie | Informatie | Blokschema                                        |
| Processen en reacties                  | Informatie | Verbranding                                       |

|                                                               |            |                                                                 |
|---------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------|
| Reactiekinetiek                                               | Informatie | Reactiesnelheid, redeneren over duurzaamheid en reactiekinetiek |
| Processen en reacties                                         | Informatie | Redoxreacties                                                   |
| Processen en reacties                                         | Informatie | Brandstoffen                                                    |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties | Informatie | Macroscopische eigenschappen; Polymerisatiereacties             |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties | Informatie | Macroscopische eigenschappen; Polymerisatiereacties             |
| Processen en reacties                                         | Informatie | Uitspraken doen over kwaliteit en gezondheid                    |
| Chemie van het leven                                          | Informatie | Eiwitten                                                        |
| Processen en reacties                                         | Informatie | Verbranding; Brandstofcel                                       |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                        | Informatie | Oplosbaarheid                                                   |
| Processen en reacties                                         | Informatie | Organische reacties                                             |
| Chemie van het leven                                          | Informatie | Polysachariden                                                  |
| Industriële processen; Groene Chemie                          | Informatie | Duurzaamheid                                                    |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Chemisch rekenen      | Informatie | Kristalrooster, Rekenen                                         |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Chemisch rekenen      | Informatie | Kristalrooster, Rekenen                                         |
| Vakmethodes en veiligheid                                     | Informatie | Spectrometrie                                                   |
| Industriële processen en Groene Chemie                        | Informatie | Nieuwe toepassingen; Hydrolyse; Redox                           |
| Processen en reacties                                         | Informatie | Verbranding; Elektrochemische cel                               |

|                                                                                |            |                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------|
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Elektrolyse                                    |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                  |
| Chemie van het leven; Reactiekinetiek;<br>Processen en reacties                | Informatie | Reactiemechanisme, enzym                       |
| Industriële processen en groene chemie                                         | Informatie | Blokschema, recycling                          |
| Industriële processen en Groene Chemie; Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Thermoplasten, blokschema                      |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Brandstoffen                                   |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                  |
| Energie                                                                        | Informatie | Reactiewarmte                                  |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Redox                                          |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Elementkringloop                               |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Organische reacties, kraken                    |
| Industriële processen en Groene Chemie                                         | Informatie | Duurzaamheid; Ontwikkeling nieuwe toepassingen |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Brandstofcel                                   |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Organische reacties, kraken                    |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Organische reacties                            |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Redox                                          |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Redox                                          |
| Chemie van het leven; Processen en reacties                                    | Informatie | Enzym, Hydrolyse                               |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Brandstofcel, duurzaamheid                     |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Elektrochemie                                  |
| Processen en reacties                                                          | Informatie | Verbranding                                    |

|                                                              |                          |                                    |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Industriële processen en groene chemie                       | Informatie               | Processen en duurzaamheid          |
| Industriële processen en groene chemie                       | Informatie               | Groene Chemie                      |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Polymerisatie                      |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Organische reacties                |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                       | Informatie               | Toepassing zout                    |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Redox                              |
| Bindingen, structuren en eigenschappen; Chemie van het leven | Informatie;<br>Ontwerpen | Micro-macro                        |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Kraken                             |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Kraken                             |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Polymerisatie                      |
| Bindingen, structuren en eigenschappen                       | Informatie               | Oplosbaarheid, ontleding, roosters |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Organische reacties                |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Organische reacties                |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Verbranding                        |
| Energie                                                      | Informatie               | Energiediagram                     |
| Industriële processen en Groene Chemie                       | Informatie               | Risico en veiligheid               |
| Industriële chemie                                           | Informatie               | Groene chemie                      |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Polyadditie                        |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Polycondensatie                    |
| Processen en reacties                                        | Informatie               | Polycondensatie                    |

|                                        |            |                                                     |
|----------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------|
| Deeltjesmodellen; Chemie van het leven | Informatie | Structuurformule                                    |
| Processen en reacties                  | Informatie | Reactievergelijkingen                               |
| Processen en reacties                  | Informatie | Hydrolyse polymeer; Redox                           |
| Processen en reacties                  | Informatie | Organische reacties                                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Bouw stof en vervormbaarheid                        |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Polair-apolair                                      |
| Processen en reacties; Energie         | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten; Duurzaamheid         |
| Processen en reacties                  | Informatie | Organische reacties                                 |
| Processen en reacties                  | Informatie | Batterijen                                          |
| Processen en reacties                  | Informatie | Batterijen                                          |
| Processen en reacties                  | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                       |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Zouten                                              |
| Processen en reacties                  | Informatie | Polyadditie                                         |
| Processen en reacties                  | Informatie | Verbrandingen; Beginstoffen-reactieproducten        |
| Energie                                | Informatie | Energiediagram                                      |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Roosters en bindingen                               |
| Processen en reacties                  | Informatie | Blokschema                                          |
| Processen reacties                     | Informatie | Elektrochemische cel; Redox                         |
| Processen en reacties                  | Informatie | Organische reacties                                 |
| Bindingen, structuren en eigenschappen | Informatie | Stofeigenschappen, macro-micro; hydrofiel-hydrofoob |

|                                             |            |                                                     |
|---------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------|
| Processen en reacties                       | Informatie | Organische reacties                                 |
| Chemie van het leven                        | Informatie | Structuur eiwitten                                  |
| Processen en reacties                       | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten                       |
| Processen en reacties; Chemie van het leven | Informatie | Redox; Eiwitten                                     |
| Binding, structuur en eigenschappen         | Informatie | Stofeigenschappen                                   |
| Industriële processen en groene chemie      | Informatie | Atomeconomie; blokschema                            |
| Processen en reacties                       | Informatie | Beginstoffen-reactieproducten (reactievergelijking) |
| Processen en reacties                       | Informatie | Organische chemie; Polymeren                        |
| Energie                                     | Informatie | Energiediagram                                      |
| Deeltjesmodellen                            | Informatie | Lewisstructuren                                     |
| Processen en reacties                       | Informatie | Energiebehoud-energiebalans                         |
| Processen en reacties                       | Informatie | Redox                                               |
| Processen en reacties                       | Informatie | Verbranding                                         |
| Processen en reacties                       | Informatie | Redox                                               |
| Processen en reacties; Reactiekinetiek      | Informatie | Polymeriseren                                       |
| Chemie van het leven                        | Informatie | Afbraak; Voedingsstoffen                            |
| Bindingen, structuren en eigenschappen      | Informatie | Stereo-isomerie                                     |
| Evenwichten                                 | Informatie | Evenwichtsvoorwaarde                                |
| Chemie van het leven                        | Informatie | Cel                                                 |
| Processen en reacties                       | Informatie | Organische reacties                                 |

[illegible]























































































| Trefwoorden                                                               | Vraagtype                 |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Water-jet printer, hydrochrome stof, isomerie                             | Informatiebewerkingsvraag |
| e-sigaret, nicotine, glycol, glycerol, water, dampmiddel                  | Informatiebewerkingsvraag |
| Suikerbiet, suikergehalte, winbaarheid, bietencampagne                    | Informatiebegripsvraag    |
| Cfk's, ozonlaag, radicaal, milieu, ppt, gaschromatografie, massapectrum   | Informatiebegripsvraag    |
| Polonium, radioactiviteit, verval, atoombouw, uranium                     | Informatiebewerkingsvraag |
| Afvalgas, koolstofdioxide, elektriciteit, milieu                          | Informatiebewerkingsvraag |
| CO <sub>2</sub> , milieu, kringloop, synthesegas, DME, brandstof          | Informatiebegripsvraag    |
| Argon, atoombouw, Krabnevel, isotoop, helium                              | Informatiebewerkingsvraag |
| Wasmiddel, oppervlakte-actieve stof, cradle-to-cradle                     | Standpuntvraag            |
| Sarin, chemisch wapen, Syrië, mosterdgas, detoxificatie, hydrolyse, MEA   | Informatiebewerkingsvraag |
| Minireactor, synthesegas, aardgas, methanol, reactievergelijkingen        | Informatiebewerkingsvraag |
| Imazalil, fungicide, grapefruit, milieu                                   | Informatiebewerkingsvraag |
| ISS, massaverhouding, scheidingsmethoden                                  | Informatiebewerkingsvraag |
| Radicaal, perfluortributylamine, methaan, broeikasgas, smog, ozon, milieu | Informatiebewerkingsvraag |
| Arseniet, arsenaat, elektrolyse, chloor, radicaal, chloriet               | Informatiebewerkingsvraag |
| Waterstofperoxide, bomardeerkever, hydrochinon                            | Informatiebewerkingsvraag |
| Contactlens, sensor, enzym, glucose, waterstofperoxide, diabetici         | Informatiebegripsvraag    |
| CO <sub>2</sub> , CO, superkatalysator, nano, energiediagram, endotherm   | Informatiebegripsvraag    |
| Biomassa, lignine, cellulose, fermentatie, PIL, DES, bio-ethanol          | Informatiebewerkingsvraag |
| Glycerol, citroenzuur, bioafbreekbaar, hydrolyse                          | Informatieselectievraag   |
| Struviet, osmose, membraan, drinkwater, meststof, milieu                  | Informatiebegripsvraag    |
| Energie, hernieuwbare bron, milieu, PJ, W                                 | Informatiebegripsvraag    |
| Waterstofperoxide, groene methode, katalysator, nano, palladium, goud     | Informatiebegripsvraag    |

|                                                                                                                 |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Snelheidsvergelijking, CO <sub>2</sub> -opname en CO <sub>2</sub> -afgifte door de grond, priming, fotosynthese | Informatiebegripsvraag    |
| Alcohol, radicaalreacties, ozon, duurzaamheid, waarborgen kwaliteit lucht                                       | Informatiebegripsvraag    |
| Robotpil, citroenzuur, natriumwaterstofcarbonaat, ontwerp opdrachten                                            | -                         |
| Elektrolyse, waterstof, energie, groene chemie, milieu                                                          | Informatiebewerkingsvraag |
| Katalysator, nano, tumor, palladium, alkylering                                                                 | Informatiebewerkingsvraag |
| Elektrolyse, fermentatie, informatie selecteren, analyseren, weergeven                                          | Informatiebewerkingsvraag |
| Fermentatie, CO, ethanol, acetaat, CuO elektrode, reactiewarmte, katalysator                                    | Informatiebewerkingsvraag |
| Energie, autojaar, fossiele brandstof, milieu                                                                   | Informatiebegripsvraag    |
| AGE's, Maillard, aminozuur, glucose, suiker, informatie verzamelen, presenteren                                 | Informatiebewerkingsvraag |
| Maillard, aromastoffen                                                                                          | -                         |
| AGE's, Maillard, additie, hydrolyse, redox, aminozuur, glucose                                                  | Informatiebewerkingsvraag |
| Papier, cellulose, lignine, scheiden, H-brug                                                                    | Informatiebewerkingsvraag |
| Endotherm, benzine, katalysator, Fischer-Tropsch                                                                | Informatiebegripsvraag    |
| Groene chemie, duurzaam, brandstofcel, elektrolyse                                                              | Informatiebegripsvraag    |
| Calciumalgiextract, vruchtenkaviaar                                                                             | -                         |
| Presentatie, calciumalgiextract, vruchtenkaviaar, cross-link                                                    | Informatiebewerkingsvraag |
| Fotosynthese, groei, stofwisseling, rekenen                                                                     | Informatiebegripsvraag    |
| Planten, Plant-E, groene stroom, fotosynthese, elektronenstroom                                                 | Informatiebegripsvraag    |
| Batterij, accu, elektrochemische cel, halfreacties                                                              | Informatiebegripsvraag    |

|                                                                                                                  |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Janus, dendrimeer, dubbellaag                                                                                    | Informatiebewerkingsvraag |
| Thermoplast, polycondensatie, lichtgevoeligheid, onderzoeken, gecontroleerde medicijnafgifte, laser, microniveau | Informatieselectievraag   |
| CO <sub>2</sub> , methaan, brandstof, milieu, kringloop, rendement                                               | Informatiebewerkingsvraag |
| Lignine, bio-BTX, aroma, fenol, bio-based, vanilline, sinapylalcohol, kraken, atoomeconomie, E-factor            | Informatieselectievraag   |
| Bio-aroma, lignine, PET, GDCA, PEF                                                                               | Informatiebegripsvraag    |
| Methaan, etheen, katalysator, brandstof, milieu                                                                  | Informatiebegripsvraag    |
| Spincoaten, duurzaam, accu, zonnecel                                                                             | Informatiebewerkingsvraag |
| Duurzaam, accu, zonnecel                                                                                         | Informatiebewerkingsvraag |
| lood, Pb, PbO <sub>2</sub> , lood(II)jodide, salpeterzuuroplossing, ethaanzuuroplossing                          | Informatiebewerkingsvraag |
| Botaangroei, bierborstel, verhoudingsformule, dubbelzout, zoutformule                                            | Informatiebegripsvraag    |
| Koolstofdioxide, mierenzuur, reactievergelijking                                                                 | Informatiebegripsvraag    |
| Pyruvaat, lactaat, chemisch rekenen                                                                              | Informatiebewerkingsvraag |
| Lachgas, raket                                                                                                   | Informatieselectievraag   |
| Krypton, isotoop, halfwaardetijd                                                                                 | Informatiebegripsvraag    |
| Redox, HMF, FDCA                                                                                                 | Informatiebegripsvraag    |
| Redox, HMF, FDCA, paraxyleen, koelen                                                                             | Informatiebegripsvraag    |
| Steenkoolvergassing, milieu, CO <sub>2</sub>                                                                     | Informatiebegripsvraag    |
| Lignine, aroma, aldehyde, brandstof, milieu                                                                      | Informatiebegripsvraag    |
| cholesterol, enzym, biobatterij, sensor, hart, Lewisformule                                                      | Informatiebegripsvraag    |
| waterstof, brandstofcel, milieu                                                                                  | Informatiebegripsvraag    |

|                                                                                                              |                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| $\alpha$ -helix, aminozuren, c DNA, waterstofbrugvorming, slijm, microstructuur macroscopische eigenschappen | Informatiebewerkingsvraag                       |
| Kogelvrij vest, ALD, mesvrij                                                                                 | Informatiebegripsvraag                          |
| Kogelvrij vest, ALD, mesvrij, zuurbase                                                                       | Informatiebegripsvraag                          |
| Heelal, isopropylcyanide, isobutyronitril, aminozuur                                                         | Informatiebegripsvraag                          |
| Interstellaire stof, isomeren                                                                                | Informatiebegripsvraag                          |
| Anti, gauche, eclised, aminozuur                                                                             | Informatiebewerkingsvraag                       |
| Hemoglobinen, zuurstof, ijzer, atoommodel                                                                    | Informatiebewerkingsvraag                       |
| SMA, ABS, styreen, maleïnezuur, maleïnezuur, maleïnezuuranhydride                                            | Informatieverwerkingsvraag                      |
| Magic sand; maken magisch zand                                                                               | Conclusievraag; Informatieverwerkingsvraag      |
| Biomassa, tweede generatie, bio-ethanol, DSM                                                                 | Informatiebegripsvraag                          |
| Copolymeer, maleïnezuur, styreen, SMA, membraan                                                              | Informatiebegripsvraag                          |
| Kloppend maken, massaverhouding                                                                              | Informatieverwerkingsvraag                      |
| Magnetiet, ferrihydriet, nano, kristallen, pH, oplosbaarheidsproduct                                         | Informatiebegripsvraag                          |
| Druiven, schimmels, grondverontreiniging                                                                     | Informatiebegrips- en informatiebewerkingsvraag |
| Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm                                                          | Informatiebegripsvraag                          |
| Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm                                                          | Informatiebegripsvraag                          |
| Schaliegaswinning, fracking, gezondheid                                                                      | Informatiebegripsvraag                          |
| Suikerbiet, fotosynthese, tarra, winbaarheid                                                                 | Informatiebegripsvraag                          |

|                                                                                                |                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Koolstofdioxide, CCS, broeikaseffect, milieu                                                   | Informatiebegripsvraag                             |
| Koudemiddel, broeikaseffect, koolstofdioxide, freonen, milieu                                  | Informatiebegripsvraag                             |
| Biobrandstof, duurzaam, brandstofcel, grafische weergave                                       | Informatiebegripsvraag                             |
| zon; kernfusie; waterstof; helium; massadefect                                                 | Informatiebegripsvraag                             |
| STM; molberekening; spaakwiel; geleiding; tetraëder                                            | Informatiebegripsvraag                             |
| Pyrolyse; gelamineerd aluminium; recycling                                                     | Argumentenvraag                                    |
| Vitamine C; ADH; gehalte; experiment                                                           | Informatiebegripsvraag                             |
| suikerbiet; polymelkzuur, PLA; blokschema                                                      | Informatieselectievraag; Informatiebewerkingsvraag |
| Suikerbiet, polymelkzuur, toepassingen PLA, blokschema, reactievergelijkingen, groen, duurzaam | Informatieselectievraag; Informatiebewerkingsvraag |
| palladium; teflon; waterstof; katalysator                                                      | Informatiebegripsvraag                             |
| PCL, PLA, PGA, PTMC, polymeren, biodegradeerbaar                                               | Informatiebegripsvraag                             |
| Suikerbiet, biobrandstof, biobased, eerste generatie biobrandstof                              | Informatiebegripsvraag                             |
| Zon, deuterium, waterstof, hypothese, model, micro, macro                                      | Informatiebegripsvraag                             |
| Spiegelbeeldisomerie, polymerisatie, duurzaamheid                                              | Informatiebegripsvraag                             |
| Iridium, negenwaardig                                                                          | Informatiebegripsvraag                             |
| Planeet Mars, microben, selfsupporting, waterstof, zuurstof                                    | Informatiebegripsvraag                             |
| Fotosynthese, anthocyanen, druiven                                                             | Informatiebegripsvraag                             |
| Enzymen, halfreacties, naamgeving, symbooltaal                                                 | Informatiebewerkingsvraag                          |

|                                                                                  |                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Planeet Mars, olivijn, magnetiet, methaan, waterstof, zuurstof                   | Informatiebegripsvraag                         |
| Duurzaamheid, koffiedrab, koffiepulp, pectine, biobrandstoffen                   | Informatiebegripsvraag                         |
| Oersoep, halwaardetijd, zuurstof, leven                                          | Informatiebegripsvraag                         |
| Zonnecel, perovskiet, elektrolyse, waterstof, rendement                          | Informatiebegripsvraag                         |
| MOF, membraan, zout, scheidingsmethode, gassen                                   | Informatiebegripsvraag                         |
| SS2, stuwstof, hybride, Stratos, booster                                         | Informatieverwerkingsvraag                     |
| Explosie, coulombexplosie, natrium, kalium                                       | Informatiebegripsvraag, conclusies evalueren   |
| Explosie, coulombexplosie, natrium                                               | Informatiebegripsvraag                         |
| Molecuulmodellen, stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans | Informatiebewerkingsvraag                      |
| Stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans                   | Informatiebewerkingsvraag                      |
| Presentatie, stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans      | Informatiebewerkingsvraag                      |
| Links- en rechtsdraaiend, racemische mengsel, enantiomeer                        | Informatieverwerkingsvraag                     |
| Natuurwetenschappelijke methode, hypothese, werkplan, conclusies                 | Werkplan maken                                 |
| Waterstofbruggen, cellofaan, cellulose, wateropname                              | Informatiebewerkingsvraag                      |
| Boor, beryllium, metaal of niet-metaal, complex                                  | Informatiebegripsvraag                         |
| Eiwitten, ontkoken, duurzaamheid                                                 | Informatiebegripsvraag; Probleemstellingsvraag |
| Adipinezuur, groener, experimenten, uv-licht                                     | Informatieselectievraag; Conclusievraag        |

|                                                                                            |                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Azobenzeeen, cistrans, stereo-isomerie                                                     | Informatiebegripsvraag                             |
| Pykrete, brosheid, vezels, hout, papier                                                    | Informatieverwerkingsvraag                         |
| Pykrete, brosheid, vezels, hout, papier                                                    | Informatiebewerkingsvraag; Conclusievraag          |
| PET, polycondensatie, groene chemie, pyrolyse, MEG, tereftaalzuur, aroma                   | Informatiebegripsvraag                             |
| Waterstofbruggen, smelttemperatuur, reactiemechanisme, nucleofiel                          | Informatiebewerkingsvraag                          |
| Organische reacties, initiatie, propagatie, generaties grondstoffen, radicaal, biobased    | Informatiebewerkingsvraag; Argumentenvraag         |
| Stikstof, amoniak, katalysator, elektronenformule, elektride                               | Informatiebegripsvraag                             |
| Pyrolyse, verbranding, reactievergelijking, blokschema                                     | Informatiebewerkingsvraag                          |
| Karton, cellulose, lignine, verpakkingsmateriaal, milieu                                   | Informatiebegripsvraag                             |
| Metalen, milieu, e-afval                                                                   | Informatiebegripsvraag                             |
| Katalysator, biomassa, industrie, estervorming, levulinezuur, $\gamma$ -valerolacton       | Informatiebegripsvraag                             |
| Proefomstandigheden, monolaag, zeep, stearylalcohol, cetylalcohol                          | Informatieselectievraag                            |
| Stearylalcohol, monolaag                                                                   | Informatieselectievraag                            |
| Stearylalcohol, monolaag                                                                   | Informatieselectievraag                            |
| Stearylalcohol, volume molecuul                                                            | Informatiebewerkingsvraag                          |
| Polycaprolacton, vezel, hydrogel, GelMA                                                    | Informatiebewerkingsvraag                          |
| Reactievergelijkingen, rendabel proces                                                     | Informatiebewerkingsvraag                          |
| Halfreactie, evenwichtsverschuiving, DNA, waterstofbruggen, ionbinding, vanderwaalsbinding | Informatiebewerkingsvraag                          |
| Nierstenen, kristalvorming, gezondheid                                                     | Informatiebegripsvraag, onderzoekvaardigheidsvraag |
| Zeldzame aardmetalen, fosforen, recycling                                                  | Informatiebegripsvraag                             |
| Europium, aardmetaal, scheiding, neerslagreactie                                           | Informatiebegripsvraag                             |
| Berekening, elektrolyse, reactievergelijking, groen                                        | Informatieselectievraag                            |
| Enzymen, biomassa, glucose, xylose                                                         | Informatiebegripsvraag                             |

|                                                                                       |                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Carbides, elektronensstructuurformules                                                | Informatiebewerkingsvraag                  |
| Isotopen, aardkorst, aardkern                                                         | Conclusievraag                             |
| Water, membraan, elektrolyse, opschaling, corrosie, pH                                | Informatiebegripsvraag                     |
| Bioplastic, biobased, hydrolyse, ringvorming, recyclebaar                             | Informatiebewerkingsvraag                  |
| Ijs, sublimeren, nano, satelliet                                                      | Informatiebegripsvraag                     |
| Lewisstructuur, zuurbasis, hydrofoob, vanderwaalsbinding                              | Informatiebegripsvraag                     |
| Kristalvorming, verdampen. Kristallisatie, Pruisisch blauw, blauwsel, natriumchloride | Werkplanvraag                              |
| Kristalvorming, verdampen. Kristallisatie, Pruisisch blauw, blauwsel, natriumchloride | Probleemstellingsvraag                     |
| Explosie, koolstofverbindingen, katalysator, veiligheidseisen                         | Informatiebegripsvraag                     |
| Reactiemechanisme, reactor, katalysator                                               | Informatiebegripsvraag                     |
| Ethylbenzeen, propaan, styreen, propyleenoxide, MSPO, explosie                        | Informatiebegripsvraag                     |
| Reactievergelijkingen, elektrolyse                                                    | Informatiebewerkingsvraag, argumentenvraag |
| Koolstofdioxide, broeikaseffect, fotosynthese, ppm, percentage                        | Informatiebegripsvraag                     |
| Synthesegas, groene energie, energiedrager, waterstof, ammoniak, ethanol, methanol    | Informatiebegripsvraag                     |
| CO <sub>2</sub> , recyclen, duurzaamheid                                              | Informatiebegripsvraag                     |
| MOF, etheen, acetyleen, kraken, polymeer                                              | Informatiebegripsvraag                     |
| Afrikaantjes, luteïne, hexaan                                                         | Informatieselectievraag                    |
| Biobased economy, bioraffinage, waardepiramide                                        | Informatiebegripsvraag                     |
| Stank, varkensgeur, Farmsuit                                                          | Informatiebegripsvraag                     |
| Chloor, transport, giftig                                                             | Informatiebegripsvraag                     |
| PLA, polymelkzuur, demonstratie, praktische opdracht, depolymerisatie                 | Onderzoeksvraag                            |
| Water zuiveren, destillatie                                                           | Informatiebegripsvraag                     |

|                                                                               |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Magnesiumperoxide                                                             | Informatiebegripsvraag                            |
| Magnesiumperoxide, reactievergelijkingen                                      | Informatiebegripsvraag                            |
| Planeten, zouten                                                              | Informatiebegripsvraag, informatiebewerkingsvraag |
| Zonne-energie, windenergie, opslag overtollige energie                        | Informatiebegripsvraag, informatiebewerkingsvraag |
| Strontiummonohydroxide, formuletaal, naamgeving, PVC, 5-AT, aroma             | Informatiebegripsvraag                            |
| Organokobalt, CO <sub>2</sub> , CO, broeikasgas                               | Informatiebegripsvraag                            |
| Koper, aluminium, halfreactie                                                 | Informatiebegripsvraag                            |
| Elektrochemische cel, zout water                                              | Werkplanvraag                                     |
| Koolstofdioxide, broeikaseffect, kalksteen, calciumsilicaat, calciumcarbonaat | Informatiebegripsvraag                            |
| Mierenzuur, katalysator, waterstofeconomie                                    | Informatiebegripsvraag                            |
| Polyetheen, thermoplast, afval, recycleersymbool                              | Informatieverwerkingsvraag                        |
| Lachgas, broeikaseffect, waterzuivering, Lewisstructuur                       | Informatiebegripsvraag                            |
| PET-fles, biobased, recycling. Lidl, glycol, BTX, xlenen                      | Informatiebegripsvraag                            |
| Hout, cellulose, hemicellulose, lignine, bio-ethanol                          | Informatiebegripsvraag                            |
| OCI Nitrogen, kunstmest, ammoniak, ureum, urean, melamine                     | Informatiebegripsvraag                            |
| Diesel, katalysator, vervuiling                                               | Informatiebegripsvraag                            |
| Recycling, afvalverwerking, synthesesgas                                      | Informatiebegripsvraag                            |
| waterstof, brandstofcel, milieu                                               | Informatiebegripsvraag                            |
| Raketen, sorbitol, lachgas                                                    | Informatiebegripsvraag                            |
| ethaandinitril, dikoolstof, komeet                                            | Informatiebegripsvraag                            |
| Fotosynthese, vergisting, suiker, alcohol, destillatie                        | Informatiebegripsvraag                            |

|                                                                                     |                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Massapercentage, biobased economy, waardepiramide                                   | Informatieverwerkingsvraag                     |
| Zoetstof, koolstofchemie, smaakreceptoren, eiwit, diterpenen                        | Informatiebegripsvraag                         |
| CO <sub>2</sub> , eierdoos, absorptie, milieu, broeikasgas                          | Informatiebegripsvraag                         |
| Kerosine, brandgevaar, polymeren, isoftaalzuur, tertiair amine                      | Informatiebegripsvraag                         |
| Strontiumcarbonaat, reactievergelijking, energie-omzetting                          | Imformatiebewerkingsvraag                      |
| Strontiumcarbonaat, reactievergelijking, energie-omzetting                          | Imformatiebewerkingsvraag                      |
| Thermochemische batterij, duurzaamheid                                              | Informatiebewerkingsvraag                      |
| NO <sub>x</sub> , volkswagen, milieunorm, driewegkatalysator, milieu, ureum, diesel | Informatiebegripsvraag                         |
| Glycerol, methanol, katalyse, biodiesel, blokschema                                 | Informatiebegripsvraag                         |
| CoPS, katalysator, Pt, waterstof                                                    | Informatiebegripsvraag                         |
| zuur-base; redox                                                                    | Informatieverwerkingsvraag                     |
| Periodiek systeem, nieuwe elementen, element 113, ununtrium                         | Informatiegebripsvraag                         |
| radio-actief verval, bouw atoom                                                     | Informatiebegripsvraag                         |
| Nylon-6, caprolactam, recycling, visnetten, milieu, monomeer                        | Informatiebegripsvraag                         |
| Chloor, bleekmiddel, pH, evenwicht, giftige dampen                                  | Informatiebegripsvraag                         |
| FeS, FEOH, aeroob, halfreacties, bacteriën, elementencyclus, Grevelingenmeer        | Informatiebegripsvraag                         |
| 3D-printen, tandheerkunde, antibacterieel                                           | Informatiebegripsvraag, probleemstellingsvraag |
| Metaal, metaaloxide, reactievergelijking, energiebalans                             | Informatiebegripsvraag                         |
| Calciumoxide, CaO, calciumhydroxide, Ca(OH) <sub>2</sub> , duurzaam                 | Informatiebewerkingsvraag                      |
| Nano, destillatie, water, alcohol                                                   | Informatiebegripsvraag                         |
| Carbid, explosie, melkbus, acetyleen                                                | Informatiebegripsvraag                         |

|                                                                                                   |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Brandvoorwaarden, reactievergelijking, mangaanoxide, mangaandioxide, onderzoeksvraag              | Informatieselectievraag    |
| Brandvoorwaarden, reactievergelijking, $\text{MnO}_2$ , $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , onderzoeksvraag | Informatieselectievraag    |
| Variabelen                                                                                        | Werkplanvraag              |
| Thorium, kernfusie, kernreactie, energie                                                          | Informatiebegripsvraag     |
| Endotherme reactie, thermochroom papier, beeldverslag                                             | Werkplanvraag              |
| Warmtegeleiding, reactie geven op vraag                                                           | Aanvaardbaarheidsvraag     |
| Nikkel-nanodeeltjes, accu, beveiliging, nano, $\mu\text{m}$                                       | Informatiebegripsvraag     |
| Groene colaflesjes, fructose, recyclen                                                            | Informatiebegripsvraag     |
| Dyneema, DSM, supervazel, PE, mengbaarheid, berekening, micro, macro, meso                        | Informatiebegripsvraag     |
| Zouten, base, $\text{CO}_2$ , zure oplossing, brijn                                               | Informatieselectievraag    |
| Vitamines, voedsel, opname in lichaam                                                             | Informatiebegripsvraag     |
| Katalysator, diesel, kraken, isomerisatie, zeoliet                                                | Informatiebegripsvraag     |
| Autoband, rubber, recycling, pyrolyse, circulaire economie, berekening                            | Informatiebegripsvraag     |
| Kobalt, katalysator, broeikasgas                                                                  | Informatiebegripsvraag     |
| Fotosynthese, rijping van fruit, rotten van fruit, duurzaamheid                                   | Informatieverwerkingsvraag |
| Primaire en secundaire structuur, duurzaamheid, eiwitten, reactiesnelheid, rijpen                 | Informatiebegripsvraag     |
| Synthese, waterstofperoxide, katalyse, nano, inert                                                | Informatiebegripsvraag     |
| TPE, DSM, elastomeer, rubber, thermoplast                                                         | Informatiebegripsvraag     |
| Lactide, aminozuren, fermentatie, hydrolyse, melkzuur, polymelkzuur                               | Informatiebegripsvraag     |
| Licht, chemische energie, elektrolyse, zonnecel, membraan, halfreacties                           | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstof, elektrolyse, zonne-energie, energie, bipolair membraan                                 | Informatiebegripsvraag     |
| DNA, cyaanuurzuur, adenine, nanovezel, waterstofbruggen                                           | Informatiebegripsvraag     |

|                                                                                                         |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Tyrosine, dityrosine, grensstructuren                                                                   | Informatiebegripsvraag     |
| Staalproductie, endotherm, blokschema, waterstof, CO <sub>2</sub> -uitstoot                             | Informatiebewerkingsvraag  |
| IJzerproductie, staal, hoogoven, CO <sub>2</sub> , reductie, berekening                                 | Informatiebegripsvraag     |
| Vloeistofchromatografie, HPLC, recycling vloeistofstroom                                                | Informatiebegripsvraag     |
| Fotolyse, water, fotosynthese, CO <sub>2</sub>                                                          | Informatieverwerkingsvraag |
| Katalysator, endotherm, structuurformule                                                                | Informatieverwerkingsvraag |
| Aromaat, anti-aromaat, $\sigma$ -binding, $\pi$ -binding                                                | Informatiebegripsvraag     |
| Vlakke structuur, additie, bindingslengte, elektronenverplaatsingen                                     | Informatieverwerkingsvraag |
| Alkanen, spiegelbeeldisomerie, katalysator, selectiviteit, groene chemie                                | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstofperoxide, kringloop, endotherm, exotherm, fotolyse                                             | Informatieverwerkingsvraag |
| Biodiesel, katalysator, SrO, transesterificatie, magnetron                                              | Informatiebegripsvraag     |
| Halfreactie, elektrolyt, gaschromatografie                                                              | Informatieverwerkingsvraag |
| Halfreactie, ethanol, Pruisisch blauw, waterstofperoxide                                                | Informatieverwerkingsvraag |
| Elektrochemie, brandstof, duurzaam, magnesiumhydride, halfreactie                                       | Informatiebegripsvraag     |
| Milieueisen, DeNO <sub>x</sub> , SCR-KAT, ureum, CO <sub>2</sub> , berekening                           | Informatiebegripsvraag     |
| Grensstructuur, Lewisstructuur, oktetregel, energiediagram, reactiewarmte, activeringsenergie, explosie | Informatieverwerkingsvraag |
| Plant-E, fotosynthese, bacteriën, afbraak, elektriciteit                                                | Informatiebegripsvraag     |
| Polyamides, levulinezuur, adipinezuur, naamgeving, milieu, groene chemie                                | Informatieverwerkingsvraag |
| waterstof, waterstofbus, brandstofcel, milieu                                                           | Informatiebegripsvraag     |
| Transport, water, zuurstof, waterstofbruggen, polair, apolair, polyetheen, polyethyleen                 | Informatiebewerkingsvraag  |
| Polyethyleen, polyetheen, thermoplastisch zetmeel, folie, doorlaatbaarheid                              | Informatiebegripsvraag     |
| Temperatuur, Celsius, Kelvin, formuletaal                                                               | Informatieverwerkingsvraag |

|                                                                                                         |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| CO <sub>2</sub> , koolstofdioxide, MFCF, gesmolten zout, halfreactie                                    | Informatieverwerkingsvraag |
| Plastic soep, metathese, polyetheen, wasbenzine, dehydrogenering                                        | Informatiebegripsvraag     |
| Genetische manipulatie, eiwitten, primaire structuur                                                    | Informatiebegripsvraag     |
| Maagzuur, zoutzuur, pH, slokdarm                                                                        | Informatiebegripsvraag     |
| Teflon, antiaanbaklaag, C8, GenX, gezondheid                                                            | Informatiebegripsvraag     |
| Nobelprijs, nanomotor, nanomolecuul, scheikunde, symthese                                               | Informatiebegripsvraag     |
| Nobelprijs, nanomotor, nanomolecuul, scheikunde                                                         | Informatiebegripsvraag     |
| Nobelprijs, moleculaire motor, Feringa, Sauvage, Stoddard, catenaan                                     | Informatiebegripsvraag     |
| Nobelprijs, Feringa, energiediagram, (in)stabiliteit, asymmetrisch koolstofatoom                        | Informatieverwerkingsvraag |
| Molecuuldoos, cis-trans, stabiliteit, energiediagram                                                    | Informatieverwerkingsvraag |
| Chiraal, enantiomeer, heelal, linksdraaiend                                                             | Informatiebegripsvraag     |
| Indigo, indigotin, reactiemechanisme, mesomerie, halfreacties                                           | Informatiebewerkingsvraag  |
| CO, giftig, koolmonoxide, cv-ketel, geiser                                                              | Informatiebegripsvraag     |
| CO, giftig, koolmonoxide, cv-ketel, geiser, elektrochemische cel                                        | Informatiebegripsvraag     |
| Elektrolyse, waterstof, methaan, koolstofdioxide, milieu, energie                                       | Informatiebegripsvraag     |
| Natuurramp, methaangas, oplosbaarheid, elektriciteit opwekken                                           | Informatiebegripsvraag     |
| Methaan, benzeen, waterstof, membraan, kathode, anode                                                   | Informatiebegripsvraag     |
| Lithiumionbatterij, oxaalzuur, citroenzuur, chemische notatie                                           | Informatiebewerkingsvraag  |
| Elektrolyse, zonne-energie, waterstof, synthesesgas, koolwaterstoffen, milieu                           | Informatiebegripsvraag     |
| Composiet, zelfhelend, vliegtuigvleugels, katalysator, Engelstalig                                      | Informatiebegripsvraag     |
| Energie, koolstofdioxide, elektrochemische cel                                                          | Informatiebegripsvraag     |
| Struviet, fosfaat, kunstmest, milieu, duurzaam, evenwicht, evenwichtsvoorwaarde, berekening, dubbelzout | Informatiebegripsvraag     |

|                                                                                                       |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Eutectisch oplosmiddel, decaanzuur, lidocaïne, extractie, zware metalen, zuur, base                   | Informatiebegripsvraag                  |
| Fischer-Tropsch, alcoholen, aldehyden, katalysator, halfreactie                                       | Informatiebegripsvraag                  |
| Radicalen, polyfenolen, antioxidanten                                                                 | Informatiebegripsvraag                  |
| Bioraffinage, waardepiramide                                                                          | Informatiebewerkingsvraag               |
| Ethanol, elektrolyse, berekeningen, massa, stofkringloop                                              | Informatieselectievraag                 |
| Ethanol, halfreactie, elektrolyse, berekeningen, stofkringloop                                        | Informatieselectievraag                 |
| Atomen, energie, golflengte, structuurformule                                                         | Informatiebegripsvraag                  |
| Thorium, kernreactor, energie                                                                         | Informatiebegripsvraag; argumentenvraag |
| Chloor, industrie, milieu, elektrolyse, kwik(II)sulfide, oplosbaarheidsproduct, halfreactie           | Informatiebegripsvraag                  |
| THF, cellulose, water, H-bruggen, hydrofiel, hydrofoob, hydrolyse                                     | Informatiebegripsvraag                  |
| Amorf, silicium, anode, accu, structuurformule, reactievergelijking                                   | Informatiebegripsvraag                  |
| Ijzer, roest, reactievergelijking, exotherm, endotherm, kringloopschema                               | Informatieselectievraag                 |
| Berekening, ijzer, titaan, verbranding, verdelingsgraad, roesr                                        | Informatieselectievraag                 |
| Melkzuur, lactide, PLA, duurzaamheid, polyester, fermentatie, berekening                              | Informatiebegripsvraag                  |
| Autoband, PET, viscose, rubber, para-aramide, rolweerstand, Eco                                       | Informatiebegripsvraag                  |
| Polyurethaan, CO <sub>2</sub> , mesomerie, duurzaam, polyether, polycarbonaat, PPP                    | Informatieselectievraag                 |
| PUR, polymeren, schuim, duurzaamheid, procesverbetering                                               | Informatiebegripsvraag                  |
| Methaan, benzeen, Mo <sub>2</sub> C, MoO <sub>3</sub> , katalysator, zeoliet, poreus                  | Informatiebegripsvraag                  |
| elektrolyse, beginstoffen-reactieproducten, reactievergelijking                                       | Informatieselectievraag                 |
| Halfreactie, spanning, energie                                                                        | Informatieslectievraag                  |
| Autobanden, koolstof, carbon black, pyrolyse, recycling, koolstofdioxide                              | Informatiebegripsvraag                  |
| Methaan, koolstofdioxide, metaaloxide, evenwichten, reactiewarmte, endotherm, exotherm, milieu, inert | Informatiebegripsvraag                  |

|                                                                                                                |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Methaan, koolstofdioxide, metaaloxiden, evenwichten, reactiewarmte, exotherm. Endotherm, milieu, inert         | Informatiebegripsvraag     |
| Methaan, koolstofdioxide, katalysator, metaaloxiden, evenwichten, reactiewarmte                                | Informatiebegripsvraag     |
| Rode fosfor, witte fosfor, rookgranaat, difosforpentaoxide, fosfor(V) nitride                                  | Informatiebegripsvraag     |
| Nanoraket, PNIPAM, hydrofyl, hydrofoob, medicijn, waterstofperoxide, koorts, Lewisstructuur, reactiemechanisme | Informatiebegripsvraag     |
| Duurzame energie, waterstof, elektrolyse, opladen                                                              | Informatiebegripsvraag     |
| Stookolie, zwavelgehalte, milieu, scheepvaart                                                                  | Informatiebegripsvraag     |
| Pineen, nopinon, crypton, fragmention, PLA, PCL, caprolactone, ozonolyse, elektronenverplaatsing               | Informatieselectievraag    |
| Oplosmiddel, lipofiel, hydrofoob, ionische vloeistof                                                           | Informatiebegripsvraag     |
| Hb, kolendamp, CO-vergiftiging, Nbg, verschuiving evenwicht                                                    | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstofbruggen, ionbinding, atoombinding, hardheid, gelatine, silica                                         | Informatieselectievraag    |
| Aminozuur, koolstofdioxide, radicaal, mechanisme, fotoredoxkatalysator, Lewisstructuur                         | Informatiebegripsvraag     |
| Kristal, koolstofdioxide, zout, PyBIG, guanidine, pyridine, milieu                                             | Informatiebegripsvraag     |
| Biocorrosie, wasmiddel, enzymen, wasmachine, bleekmiddel, biofilm, milieu                                      | Informatiebegripsvraag     |
| Helium, natrium, electride                                                                                     | Informatiebegripsvraag     |
| Molecuulrooster, ionrooster, metastabiel, waterstof, energiediagram                                            | Informatieverwerkingsvraag |
| Mobieltje, edelmetalen, goud, reuse, recycle, duurzaamheid, milieu                                             | Informatiebegripsvraag     |
| Lewisstructuur, ladingtransport, polypyrrool, PPP, geleiding, cellulose, duurzaam                              | Informatieselectievraag    |
| Bioplastics, aardolie, duurzaamheid, Avantium, milieu                                                          | Informatiebegripsvraag     |
| Kachel, CO, koolstofmonoxide, onvolledige verbranding                                                          | Informatiebegripsvraag     |
| Capillaire elektroforese, aminozuren, spiegelbeeld, scheiding                                                  | Informatiebegripsvraag     |
| Whisky, glucose, fermentatie, biobrandstof, ethanol, butanol, aceton                                           | Informatiebegripsvraag     |

|                                                                                                        |                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Nanoballetjes, kunstmest, ureum, hydroxyapatiet                                                        | Informatiebegripsvraag     |
| Sensor, griep, biomarker, isopreen, wolframoxide, nanokristallen, hexagonaal                           | Informatiebegripsvraag     |
| Melamine, ureum, industrie, DSM, OCI Nitrogen, thermoharder                                            | Informatiebegripsvraag     |
| Kalk, zware metalen, nikkellonen, oplosbaarheid, elektrolyse, milieu                                   | Informatiebegripsvraag     |
| Verbranding, brand, brandvertrager, milieu                                                             | Informatiebegripsvraag     |
| Wasmot, polyetheen, plastic afval, naamgeving, reactievergelijking, berekening, IR, massaspectrometrie | Informatieverwerkingsvraag |
| Rupsen, PE, afbraak, milieu, ethyleenglycol, polyester                                                 | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstofperoxide, chloorazijnzuur, veiligheid                                                         | Informatiebegripsvraag     |
| salpeterzuur, zzwavelzuur, ammoniak, calciumoxide, pH, mestverwerking                                  | Informatiebegripsvraag     |
| koffiedrab, biodiesel, blokschema                                                                      | Informatiebewerkingsvraag  |
| melkzuur, schimmel, PLA, <i>Monascus ruber</i> , suikers                                               | Informatiebegripsvraag     |
| hooibroei, branddriehoek, exotherm, blussen                                                            | Informatiebewerkingsvraag  |
| Geosmine, structuurisomerie, reactiemechanisme, elektronenverplaatsingen                               | Informatieverwerkingsvraag |
| Ammoniak, Haber-Boschproces, stikstof, waterstof, ruthenium, katalysator, duurzaam                     | Informatiebegripsvraag     |
| C8, perfluorooctaan, PFAS, PFOA, F-18, radioisotoop, halfwaardetijd                                    | Informatiebegripsvraag     |
| Hard water, ontharding, kalk, calcië, calciumcarbonaat, entmateriaal                                   | Informatiebegripsvraag     |
| Titaanwit, lijnolie, schilderij, radicaalpolymerisatie, micro- en macroniveau                          | Informatiebegripsvraag     |
| Waardepiramide, naamgeving, cellulose, redox, zuur-base, biomassa, gft-afval, berekeningen             | Informatiebewerkingsvraag  |
| Carbid, explosie, melkbus, ethyn, aansteken                                                            | Informatiebegripsvraag     |
| Carbid, explosie, melkbus, ethyn, aansteken                                                            | Informatiebegripsvraag     |
| Zuurstof, heelal, Elay-Ridealmechanisme                                                                | Informatiebegripsvraag     |
| Oppervlaktewater, fosfaten. Milieu, mestbeleid, oplosbaarheid, verhoudingsformule                      | Informatiebegripsvraag     |
| Oppervlaktewater, ijzerionen, fosfaten, mestbeleid                                                     | Informatiebegripsvraag     |

|                                                                                                         |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Soda, biomethaan, koolstofdioxide, pH                                                                   | Informatiebegripsvraag     |
| Koolstofdioxide, milieu, kringloop, fossiele brandstoffen                                               | Informatiebegripsvraag     |
| Anthranilaat, biomassa, reactiemechanisme, groene chemie                                                | Informatiebewerkingsvraag  |
| Brandstoffen, elektrische energie, mierenzuur, CO <sub>2</sub> -voetafdruk                              | Informatiebegripsvraag     |
| Stikstofneerslag, stikstofuitstoot, kalk, zuur-base, milieu                                             | Informatiebegripsvraag     |
| Katalysator, zeoliet, methaan, methanol, koper(I), koper(II)                                            | Informatiebegripsvraag     |
| Teflon, antiaanbaklaag, FTE, PFTE, FEP, copolymeer, HFP                                                 | Informatiebegripsvraag     |
| nanoraket, waterstofperoxide, katalysator, hydrofiel, hydrofoob                                         | Informatiebegripsvraag     |
| Luiers recyclen, vergisten, blokschema                                                                  | Informatiebegripsvraag     |
| Polyacrylamide, crosslinks, water, waterstofbruggen                                                     | Informatiebegripsvraag     |
| Propaan, butaan, aardgas                                                                                | Informatiebegripsvraag     |
| CO <sub>2</sub> , fotosynthese, verbranding, gehalte, ppm, kastuinbouw                                  | Informatiebegripsvraag     |
| Waterzuivering, adsorptie, $\beta$ -cyclodextrine, polymerisatie, milieu                                | Informatiebegripsvraag     |
| Energie, ontleding, water, waterstof, molybdeendisulfide, katalysator, fotolyse                         | Informatiebegripsvraag     |
| Brandvoorwaarden, blussen, fosforbrand                                                                  | Informatiebegripsvraag     |
| Brandvoorwaarden, blussen, fosforbrand, energiediagram, energieberekening                               | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstof, elektrolyser, brandstofcel, reactievergelijkingen, energie-omzettingen, duurzaam, berekening | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstof, elektrolyzer, brandstofcel, reactievergelijkingen, energie-omzettingen, duurzaam, berekening | Informatiebegripsvraag     |
| Ammoniak, waterstof, stikstof, ruthenium, proton hopping                                                | Informatiebegripsvraag     |
| Blussen, brandvoorwaarden, reactievergelijking, zonnebloemolie                                          | Informatieverwerkingsvraag |
| Foliumzuur, formaldehyde, formaat, formiaat, 1C-cyclus, adenine, guanine, serine                        | Informatiebegripsvraag     |
| Glycerol, vetzuren, milieu, duurzaam, vergisting, biogas                                                | Informatiebegripsvraag     |
| PLA, biobased, biodegradeerbaar, melkzuur                                                               | Informatiebegripsvraag     |

|                                                                                                                   |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Halfreacties, pyrodruivenzuur, ethanol, pH-berekening, buffer, dubbellaag, fosforlipiden                          | Informatiebegripsvraag     |
| Whisky, smaak, dichtheid, simulatie, concentratie                                                                 | Informatiebegripsvraag     |
| Water, Derde Wereld, waterwinning, dauwpunt, condenseren, faseovergang                                            | Informatiebegripsvraag     |
| pH, halfreacties, potentiaal cel, ionensensoren, chlorideconcentratie                                             | Informatiebegripsvraag     |
| Bio-methanol, aardgas, methaan, CO <sub>2</sub> , groene chemie                                                   | Informatiebegripsvraag     |
| Suikerbiet, FDCA, HMF, PEF, duurzaam, atomeconomie, <i>E</i> -factor, industriële chemie                          | Informatiebegripsvraag     |
| Metalen, edelmetalen, gehalte, massa, berekeningen, medailles, goud, zilver, brons, recyclen                      | Informatieverwerkingsvraag |
| Waterstof, groene brandstof, elektrolyse, brandstof                                                               | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstof, groene brandstof, elektrolyse, brandstof, energiebron, energiedrager                                   | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstof, groene brandstof, elektrolyse, brandstofcel, ammoniak, mierenzuur, berekening                          | Informatiebegripsvraag     |
| Reactievergelijkingen, hypothese, elementbehoud, Miller, Urey, aminozuren                                         | Informatieverwerkingsvraag |
| Aminozuren, Miller-Urey, reactievergelijkingen, hypothese, polair, apolair                                        | Informatieverwerkingsvraag |
| Aminozuren, Miller-Urey, reactievergelijkingen, hypothese, polair, apolair                                        | Informatieverwerkingsvraag |
| Methaan, affakkelen, milieu, broeikasgas, methanol, duurzaam, Engelstalig artikel                                 | Informatiebegripsvraag     |
| Groener proces, kunstmest, blokschema, ionrooster                                                                 | Informatiebegripsvraag     |
| Thymidine, mannose, desoxyribose, carbonaatgroep, stijfheid, polymeer, amorf                                      | Informatieverwerkingsvraag |
| Thymidine, mannose, desoxyribose, carbonaatgroep, stijfheid, polymeer                                             | Informatieverwerkingsvraag |
| Ammoniak, stallucht wassen, chemische water, biologische water, zwavelzuur, nitriet, nitraat, milieu, halfreactie | Informatiebegripsvraag     |
| Elektroreductie, koolstofcyclus, katalysator                                                                      | Informatiebegripsvraag     |
| Hout, lignine, cellulose, hydrotroop, <i>p</i> -TsOH                                                              | Informatiebegripsvraag     |

|                                                                                                                                    |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Waterstof, groene brandstof, elektrolyse, brandstof, energiedrager                                                                 | Informatiebegripsvraag  |
| Tonerpoeder, koolstof, ijzeroxide, ijzer, reactievergelijkingen, formuletaal                                                       | Informatiebegripsvraag  |
| Tonerpoeder, koolstof, ijzeroxide, recycling, metallisch ijzer                                                                     | Informatiebegripsvraag  |
| Papier, cellulose, glucose, H-bruggen                                                                                              | Informatiebegripsvraag  |
| Methaan, pyrolyse, waterstof, katalysator, inert, metaalmengsel, nikkel, bismut                                                    | Informatiebegripsvraag  |
| Recycling, duurzaamheid, halfreacties, circulaire economie, broom, EPS                                                             | Informatiebegripsvraag  |
| Hernieuwbaarheid grondstoffen, aspecten groene chemie, duurzaamheid                                                                | Informatieselectievraag |
| Glucose, zilverspiegel, Tollens reagens, zuurbasereactie                                                                           | Informatiebegripsvraag  |
| Koperverbinding, cupriet, azuriet, malachiet, chalcopryiet, zouten, formules                                                       | Informatiebegripsvraag  |
| pH, carbonaat, oplosbaarheid, toepassing zout                                                                                      | Informatiebegripsvraag  |
| Fosfaat, landbouw, P-AL, P-PAE, ruwfosfaat, hergebruik, superfosfaat, dubbelsuperfosfaat, tripelsuperfosfaat, pH, zuurbasereacties | Informatiebegripsvraag  |
| Radioactiviteit, RIVM, periodiek systeem, ruthenium-106                                                                            | Informatiebegripsvraag  |
| Fotozuur, zonlicht, zilt water, membraan, protonen, ionenwisseling                                                                 | Informatiebegripsvraag  |
| Water, ijs, bevriezen, smelten, endotherm, exotherm, microniveau, macroniveau                                                      | Informatiebegripsvraag  |
| Biogas, mest, vergisting, groene stroom, milieu, duurzaamheid                                                                      | Informatiebegripsvraag  |
| Koolhydraten, COD, duurzaam proces, lactose, melkzuur, carbonzuur, wei                                                             | Informatiebegripsvraag  |
| Polymeren, waterstofbruggen, zelfherstellend                                                                                       | Informatiebegripsvraag  |
| Polymeren, waterstofbruggen, zelfherstellend                                                                                       | Informatiebegripsvraag  |
| Waterstof, verbranding, elektrolyse, energiedrager, vermogen, energie                                                              | Informatiebegripsvraag  |
| Vacuümdestillatie, destillaat, residu, berekening, alcoholvrij                                                                     | Informatiebegripsvraag  |
| Explosie, methaan                                                                                                                  | Informatiebegripsvraag  |

|                                                                                                  |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| CO <sub>2</sub> afvangen, membraan, nieuwe brandstoffen maken                                    | Informatiebegripsvraag  |
| Halfreacties, reactieomstandigheden, permenganaation, etheen, duurzaamheid                       | Informatiebegripsvraag  |
| Mierenzuur, bacterie, formiaat, pH, evenwicht                                                    | Informatiebegripsvraag  |
| Polymeer, calciumionen, netwerk, weekmaker, waterstofbruggen, polyadditie, initiator, zuur-base  | Informatiebegripsvraag  |
| Polymeer, calciumionen, netwerk, weekmaker, waterstofbruggen, polyadditie, initiator, zuur-base  | Informatiebegripsvraag  |
| Sporter, vitamines, voeding, gezondheid                                                          | Standpuntvraag          |
| Malacidines, antibiotica, resistent, aminozuren, stereoisomerie, asymmetrisch C-atoom, H-bruggen | Informatiebegripsvraag  |
| Waterstof, koolstofdioxide, duurzaam, koolstofvoetafdruk                                         | Informatiebegripsvraag  |
| Polysacharide, zuurstof, bloed, oppervlakte-actief, micel, hydrofiel, hydrofoob                  | Informatiebegripsvraag  |
| DTG, MDTG, medicijn, ester, copolymeer, ethyleenglycol, propyleenglycol                          | Informatiebegripsvraag  |
| Cellulose, hemicellulose, H-bruggen, supersterk                                                  | Informatiebegripsvraag  |
| Indigo, leuco-indigo, redox, indool, indoxyl, indicaan                                           | Informatiegebrripsvraag |
| Atoombinding, eenheidscel, volume bol, tetraëder, mol                                            | Informatiebegripsvraag  |
| Atoombinding, eenheidscel, volume bol, tetraëder, mol                                            | Informatiebegripsvraag  |
| Interstellaire ruimte, benzonitril, IR-spectroscopie                                             | Informatiebegripsvraag  |
| FDCA, HMF, FDCE, fructose, biotechnologie, Avantium, Corbion                                     | Informatiebegripsvraag  |
| Mierenzuur, waterstof, koolstofdioxide, hydrozine, duurzaam, Engelstalig artikel                 | Informatiebegripsvraag  |

|                                                                                                                                 |                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Zoutzuur, elektrolyse, groene waterstof, zuur-base, calciumcarbonaat, chloor, waterstof                                         | Informatiebegripsvraag |
| Exotherm, oxidatie, vormingswarmte                                                                                              | Informatiebegripsvraag |
| Nucleofiel, katalysator, structuur eiwit, hydrolyse                                                                             | Informatiebegripsvraag |
| Kauwgom, recyclen, nieuwe gypies, scheidingsmethoden, chemische reacties                                                        | Informatiebegripsvraag |
| Kauwgom, recyclen, nieuwe gypies, oude kauwgom, crosslinks, poly-etheenvinylacetaat, poly-isopreen, poly-styreenvinylacetaat    | Informatiebegripsvraag |
| Afval, methanol, synthesesgas, milieu, groene brandstof                                                                         | Informatiebegripsvraag |
| Reactievergelijking, ammoniak, waterstof, blokschema, energie                                                                   | Informatiebegripsvraag |
| Vormingsenthalpie, ammoniak, waterstof                                                                                          | Informatiebegripsvraag |
| Zink, complex ion, ferri, ferriet, elektrolyse, halfreactie                                                                     | Informatiebegripsvraag |
| Kunstmest, ammoniumnitraat, stikstof, nitrificatie, ureum, KAS                                                                  | Informatiebegripsvraag |
| Schaliegas, stoomkraken, milieu, katalysator, elektrolyt, ethaan, etheen                                                        | Informatiebegripsvraag |
| Plastic, polymeren, recyclen, GBL, gamma-butyrolacton, ester, energiediagram                                                    | Informatiebegripsvraag |
| Waterstof, duurzaam, brandstofcel, chloorfabriek, milieu                                                                        | Informatiebegripsvraag |
| Aardolie, kraken, katalysator, brandstoffen, alkenen, micro. Macro, blokschema                                                  | Informatiebegripsvraag |
| Vorinostat, medicijn, octrooi, resistentie, melanoom, antioxidant, atomeconomie, <i>E</i> -factor                               | Informatiebegripsvraag |
| Ammoniak, Haber-Boschproces, elektrolyse, protonen, palladium, katalysator, Groshuss-mechanisme, evenwicht                      | Informatiebegripsvraag |
| Zoutwinning, elektrolyse, chloor, waterstof, duurzaam, chloorfabriek, milieu                                                    | Informatiebegripsvraag |
| PET, bacterie, Ideonella Sakaiensis, hydrolyse, PETase, enzymwerking, eiwit, katalytische triade, reactiemechanisme, activiteit | Informatiebegripsvraag |
| Waterstofeconomie, energievoorziening                                                                                           | Informatiebegripsvraag |
| Elektrochemie, waterstof, koolstofmono-oxide, mierenzuur, methanol                                                              | Informatiebegripsvraag |
| Brandvoorwaarden, reactievergelijking, drukgolf, munitie                                                                        | Informatiebegripsvraag |

|                                                                                                                   |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Productie ijzer, fossielvrij, innovatief proces, duurzaam, reactievergelijkingen                                  | Informatiebegripsvraag     |
| Productie ijzer, innovatief proces, atoomeconomie, reactiewarmte, principes Groene Chemie                         | Informatiebegripsvraag     |
| Polayadditie, copolymeer, initator, monomeer, cortisol, geleiding, ester, crosslink, radicaalmechanisme, membraan | Informatiebegripsvraag     |
| Methionine, methional, enzymen, methylmercaptan, HCN, essentieel aminozuur, decarboxylering, pratische gasdruk    | Informatiebegripsvraag     |
| Perovskiet, zonnecel, methylammonium, eenheidscel, oplosbaarheid, kristalrooster, evenwicht                       | Informatiebegripsvraag     |
| Elektrolyse, waterstof, duurzaam, milieu, brandstofcel, reactiewarmte, halfreactie                                | Informatiebegripsvraag     |
| Gel, pectine, $\text{Ca}^{2+}$ , crosslinks, evenwichtsvoorwaarde                                                 | Informatiebewerkingsvraag  |
| Nafta, fractie, destillatie, alkenen, structuurformules                                                           | Informatiebegripsvraag     |
| Nafta, fractie, destillatie, alkenen, structuurformules, xylenen, polymeren                                       | Informatiebegripsvraag     |
| PET, PEF, MeFDCA, biomassa, polymerisatiegraad                                                                    | Informatiebegripsvraag     |
| Magnesiumchloride, toepassingen, struviet                                                                         | Informatiebegripsvraag     |
| Plastic, afbraak, polymeren, mechanisme                                                                           | Informatieverwerkingsvraag |
| Uraan, yellow cake, acrylnitril, acrylester, adsorptie, copolymeer, amidoxime, carboxyl, hydroxylamine            | Informatiebegripsvraag     |
| Pyriet, reactievergelijking, exotherm                                                                             | Informatiebegripsvraag     |
| Pyriet, reactie-energie, vormingswarmte, $S_N^2$ , $\text{FeS}_2$ , verdelingsgraad, activeringsenergie           | Informatiebegripsvraag     |
| Nitreuze dampen, koolstofdioxide, reactievergelijkingen                                                           | Informatieverwerkingsvraag |
| Waterstof, ammoniak, elektrolyse, groene stroom, haalbaarheid, rendement                                          | Informatiebegripsvraag     |
| Etheen, polyetheen, petroleum, suikerriet, Groene Chemie, atoomeconomie                                           | Informatieverwerkingsvraag |
| PET, recycling, glycol, monomeer, evenwicht                                                                       | Informatiebegripsvraag     |
| PET, recycling, glycol, monomeer, evenwicht, BHET, scheidingsmethoden                                             | Informatiebegripsvraag     |

|                                                                                                                                          |                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Terpenen, vleesetende plant, cis-trans isomerie, enzymen, eiwitten                                                                       | Informatiebegripsvraag     |
| Waterstof, CO <sub>2</sub> , broekasgas                                                                                                  | Informatieverwerkingsvraag |
| Hallfreactie, bron waterstof, deuterium                                                                                                  | Informatieverwerkingsvraag |
| Mierenzuur, amfetamine, drugsafval, atomeconomie, E-factor, formaide, zuur-base                                                          | Informatiebegripsvraag     |
| gemethyleerde alfa-dextrine, freon-11, radicaal, hydrofoob, volume holte                                                                 | Informatieverwerkingsvraag |
| Waterafstotendheid, polair, micro, meso, macro, structuur. Impregneersnelheid, polymeermolecuul                                          | Informatiebegripsvraag     |
| Elektrolyse, waterstof, symbiose, CO <sub>2</sub> -reductie, energie, berekening                                                         | Informatiebegripsvraag     |
| Caviatie, afvalwater, OH-radicaal, splitsing water, waterstofperoxide, massapercentage                                                   | Informatiebegripsvraag     |
| Halfreacties, elektrolyse, oplaadbaar, zink, zuurstof, bronspanning, zonne-energie, duurzaamheid                                         | Informatiebewerkingsvraag  |
| PLA, melkzuur, 3D-printer, lithium-ionbatterij, nano, grafeen, LiClO <sub>4</sub> , lithiumtitaanaat, koolstofnanobuisjes                | Informatiebegripsvraag     |
| Voorwaarden voor mummificeren, drogen, massabehoud                                                                                       | Informatiebegripsvraag     |
| Dubbelzout, hydraat, drogen, antibacteriële stoffen, biodegradeerbaarheid                                                                | Informatiebegripsvraag     |
| Halfreactie, waterstofbrug, IR, amidegroep, gel, bladgroenkorrel, zetmeel, maltose, glucose                                              | Informatieselectievraag    |
| Ijzer, roest, reactievergelijking, recycling, metaalbrandstof, Tata Steel, kringloopschema, duurzame energie                             | Informatieselectievraag    |
| Berekening, ijzer, verbranding, verdelingsgraad, roest, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , vormingswarmte, reactiewarmte, duurzame energie | Informatieselectievraag    |
| 3D-printen, klegering, amorf, kristallijn, rekenen met gehalten                                                                          | Informatiebegripsvraag     |
| Bierbereiding, reactievergelijking, zetmeel, fermentatie                                                                                 | Informatiebewerkingsvraag  |
| Ijzer, roesten, corrosie, pH, halfreacties, betonrot                                                                                     | Informatiebegripsvraag     |
| Melkzuur, PLA, lactide, oligomeer, polyester, katalysator                                                                                | Informatiebegripsvraag     |
| Duurzaamheid, deodorant, plantaardig                                                                                                     | Informatiebegripsvraag     |

|                                                                                                                                            |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Propan, propeen, polypropen, reactiewarmte, endotherm, kraken, katalysator, dehydrogenering, blokschema                                    | Informatiebegripsvraag  |
| Opioid peptide, controlled drug-release, waterstofbruggen, bèta sheet, dubbellaag, gel                                                     | Informatieselectievraag |
| Kunstmest, ammoniak, methaan, water, ureum, ammoniumnitraat, Haber-Boschproces, evenwicht, stikstofpercentage, groene grondstof, circulair | Informatiebegripsvraag  |
| Pure-, melk- en witte chocoladeproductie, Maillard, halfreacties, hydrolyse                                                                | Informatiebegripsvraag  |
| Beryllium, stofeigenschap, atoombouw, neutron, periodiek systeem, legering, corrosie, massapercentage, Engelstalig artikel                 | Informatiebegripsvraag  |
| Dehydrogenering, silaanverbinding, methanol, veiligheid, waterstof, brandstofcel                                                           | Informatieselectievraag |
| Stofeigenschap, zwavel, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, blauw vuur, verbranding, stollen                                               | Informatieselectievraag |
| Twaron polyamide, Aramide, BioBTX, groene grondstoffen, vezel, H-bruggen, micro-meso-macro                                                 | Informatiebegripsvraag  |
| Scheidingsmethoden, aardgas, groen, verschil CO <sub>2</sub> , fossiele brandstoffen                                                       | Informatiebegripsvraag  |
| Katalyse, entropie, legering, nano kristal, mechanisme, Lewisstructuren                                                                    | Informatiebegripsvraag  |
| Waterstof, stikstof, ammoniak, Haber-Boschproces, hydride, katalysator                                                                     | Informatiebegripsvraag  |
| Kobalt, katalysator, nano, FischerTropschproces, ROR, suboxide                                                                             | Informatiebegripsvraag  |
| Brandvoorwaarden, explosie, explosiegrenzen, mobieltje, bellen, tanken                                                                     | Informatieselectievraag |
| Waterstof, CO, brandstofcel, katalysator, radicaal, mechanisme, ijzeroxide, ijzerhydroxide                                                 | Informatiebegripsvraag  |
| Initiator versus inhibitor, golflengte licht, initiatie, radicalen, mesomerie, grensstructuren                                             | Informatiebegripsvraag  |
| Glycolyse, melkzuur, fermentatie, aeroob, anaeroob, vergisting, energie, glucose, pyrodruivenzuur                                          | Informatiebegripsvraag  |
| Mefloquine, spiegelbeeldisomeren, racemisch mengsel, draaiing gepolariseerd licht, R- en S-, Viedma-opening                                | Informatiebegripsvraag  |
| Zout, sneeuw, smelten, oplosbaarheid zout, polair, smeltpunt, ligging evenwicht                                                            | Informatiebegripsvraag  |
| Gel, cel, stamcel, H-bruggen, dipool, vanderwaalsbinding, squaramidemolecuul                                                               | Informatieselectievraag |
| Fischer-Tropschproces, katalysator, kobalt, nanodeeltje, monomeer, polymeer, carbide                                                       | Informatiebegripsvraag  |

[illegible]























































































1. Introduction

2. Background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

9. Acknowledgments

10. Contact Information

11. Disclaimer

12. Glossary

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[Redacted text]

[Redacted text]

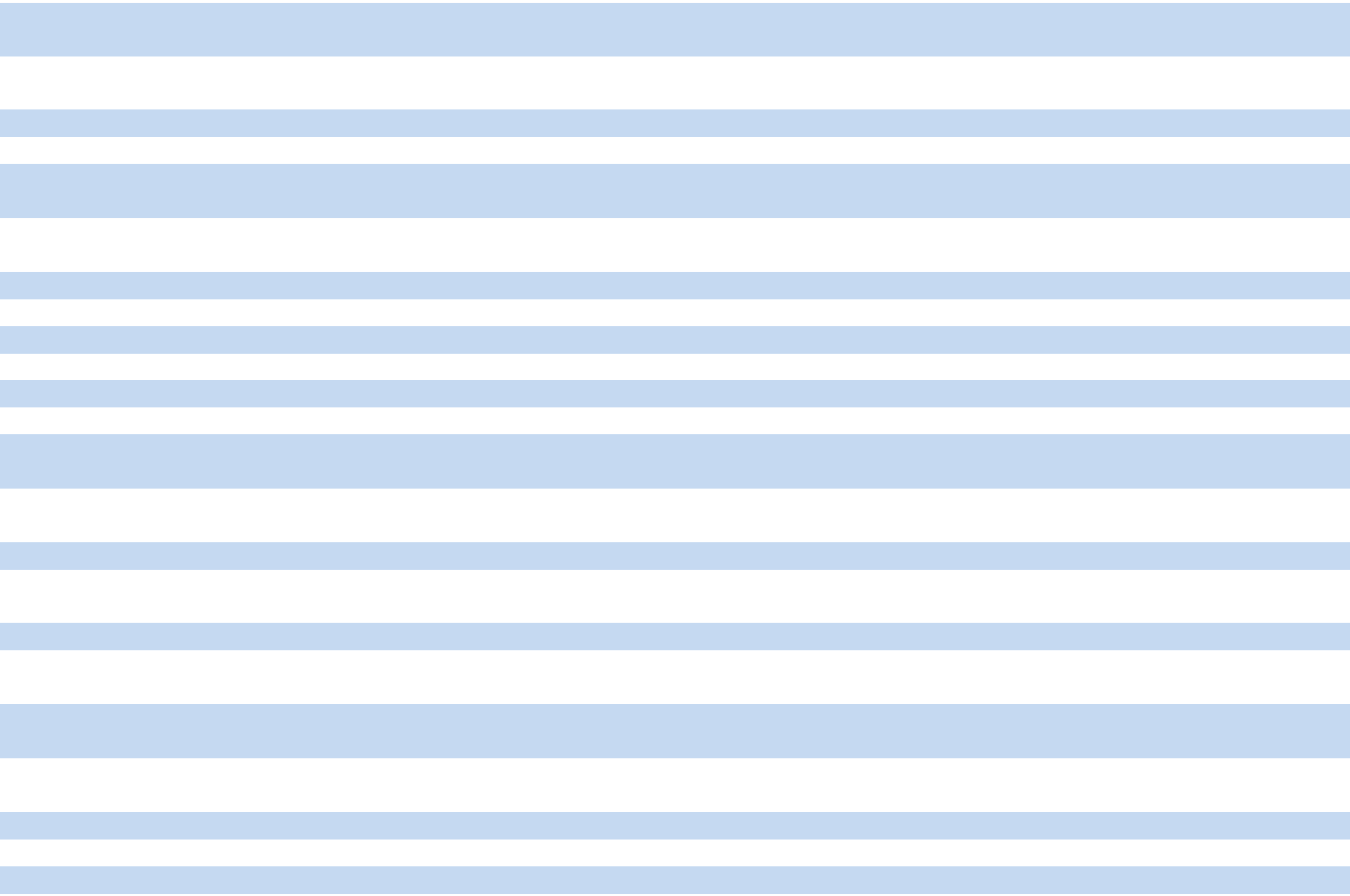
[Redacted text]

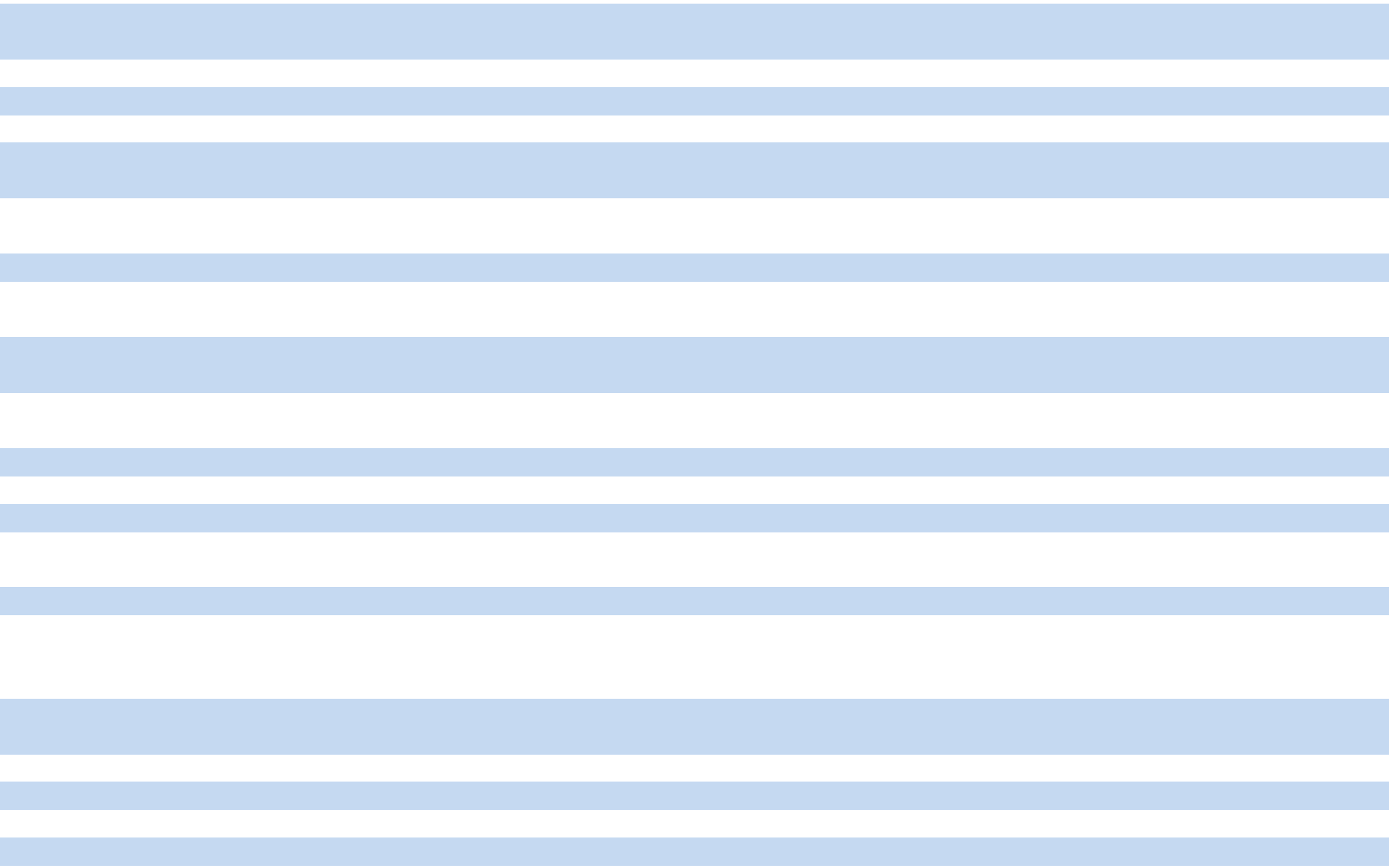
[Redacted text]

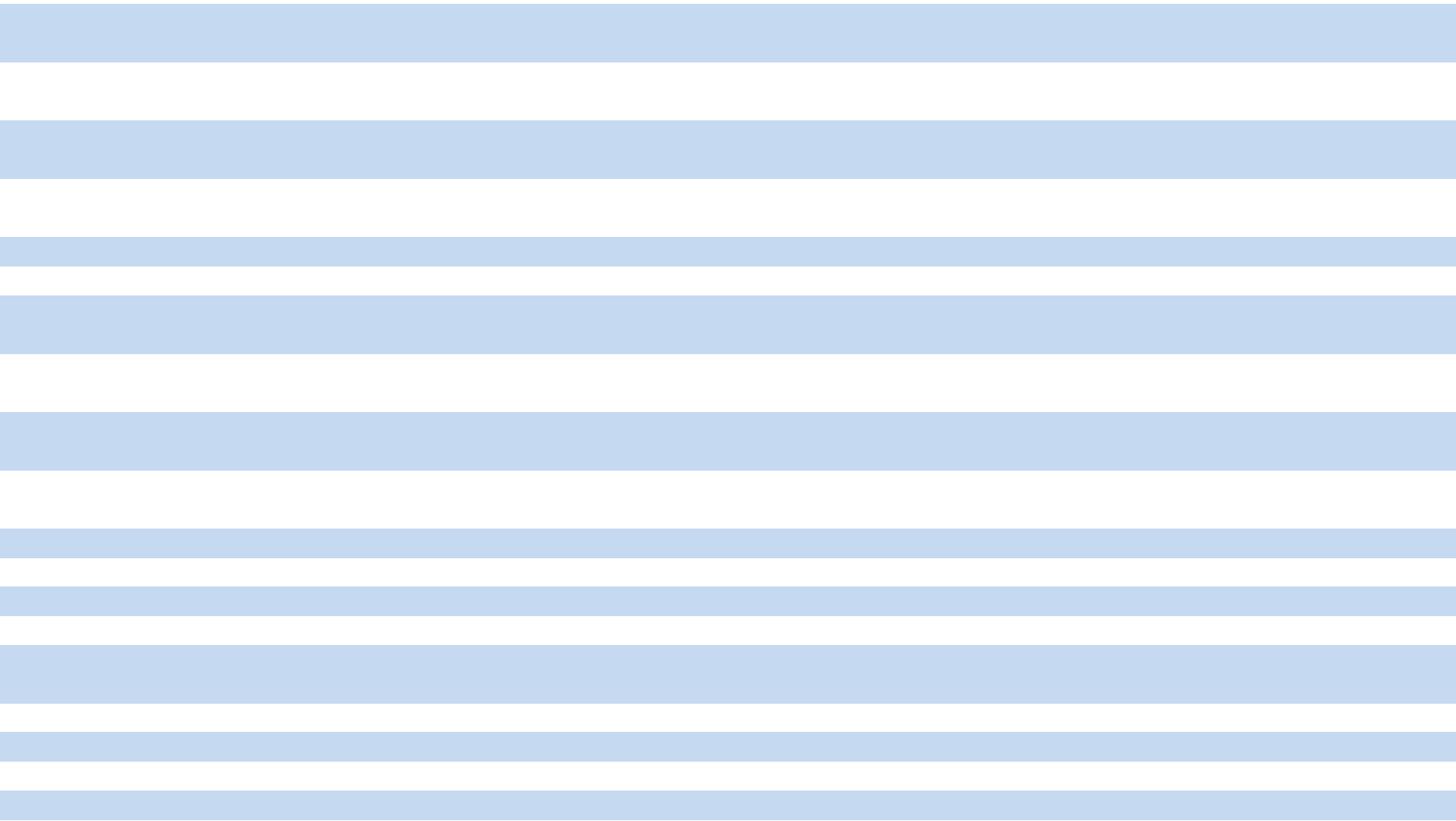
[Redacted text]

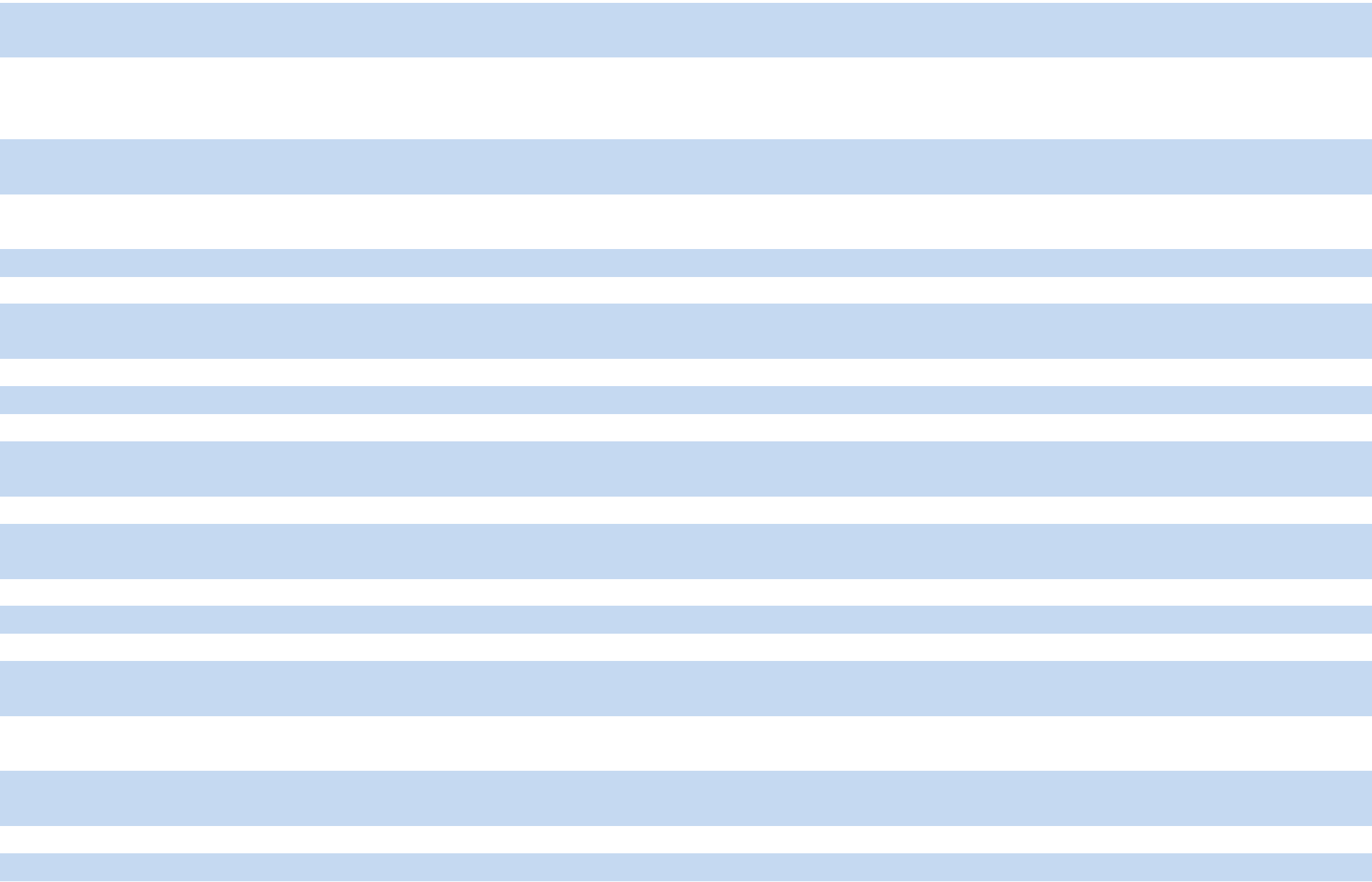
[Redacted text]

[Redacted text]









\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

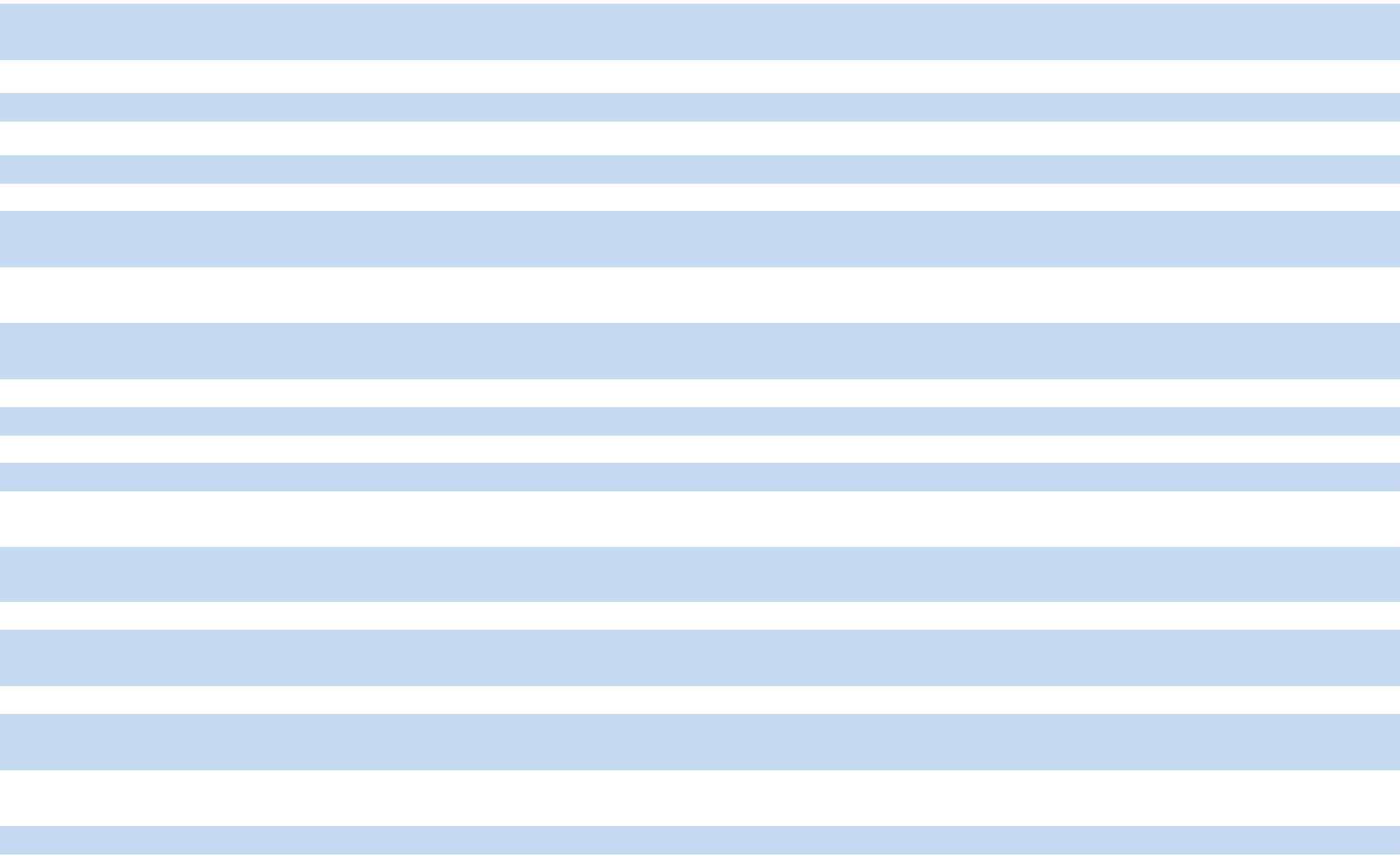
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

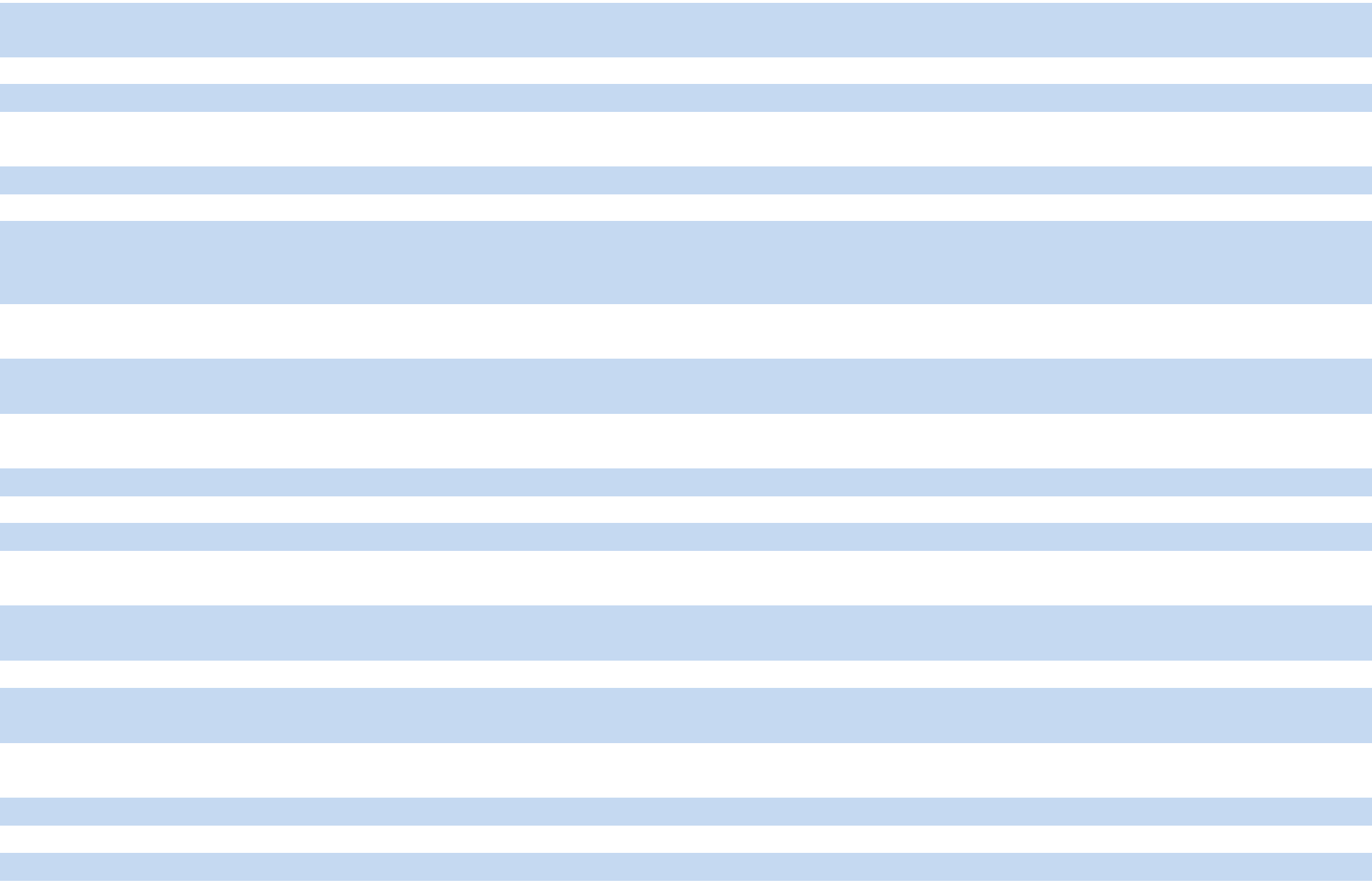
[Redacted text block]

[Redacted text line]

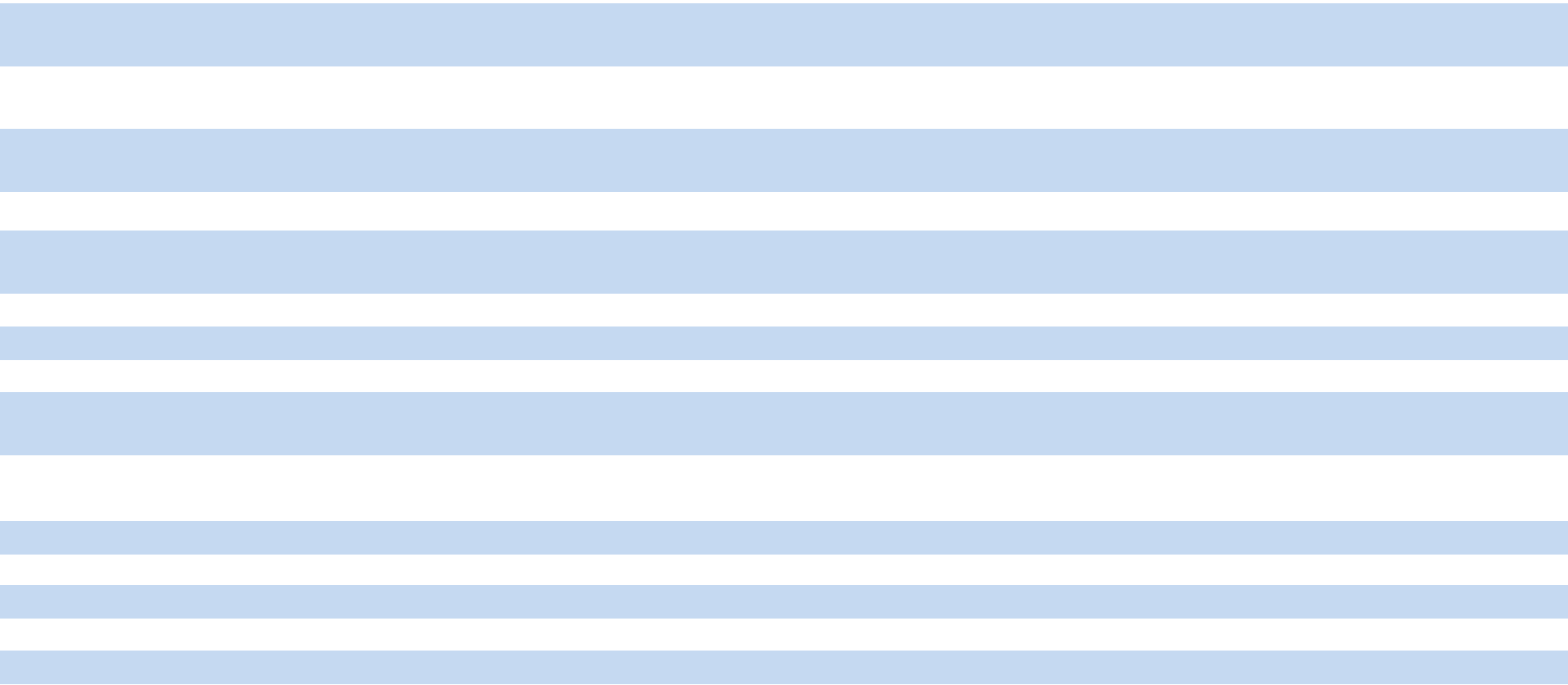
[Redacted text line]

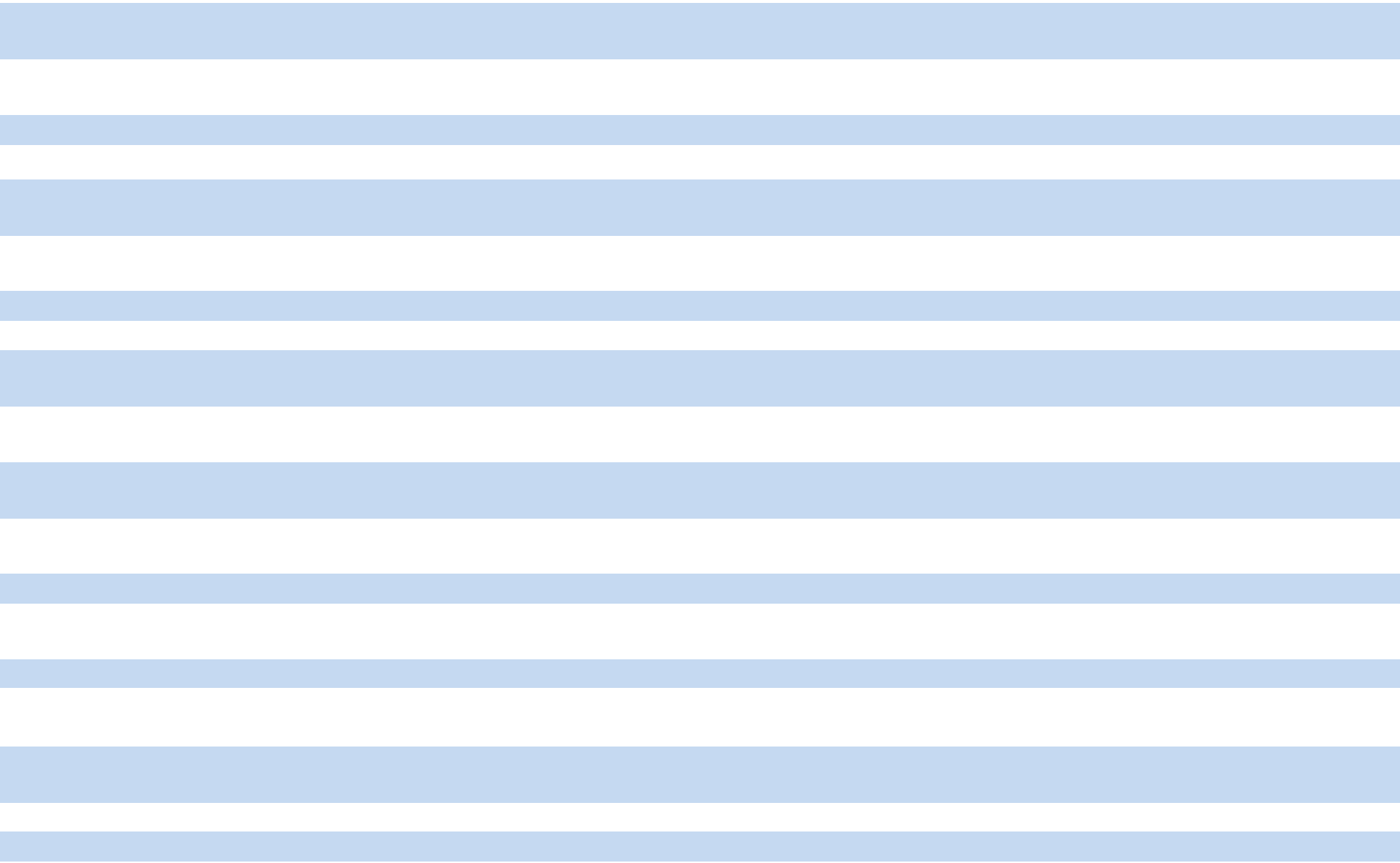
[Redacted text line]

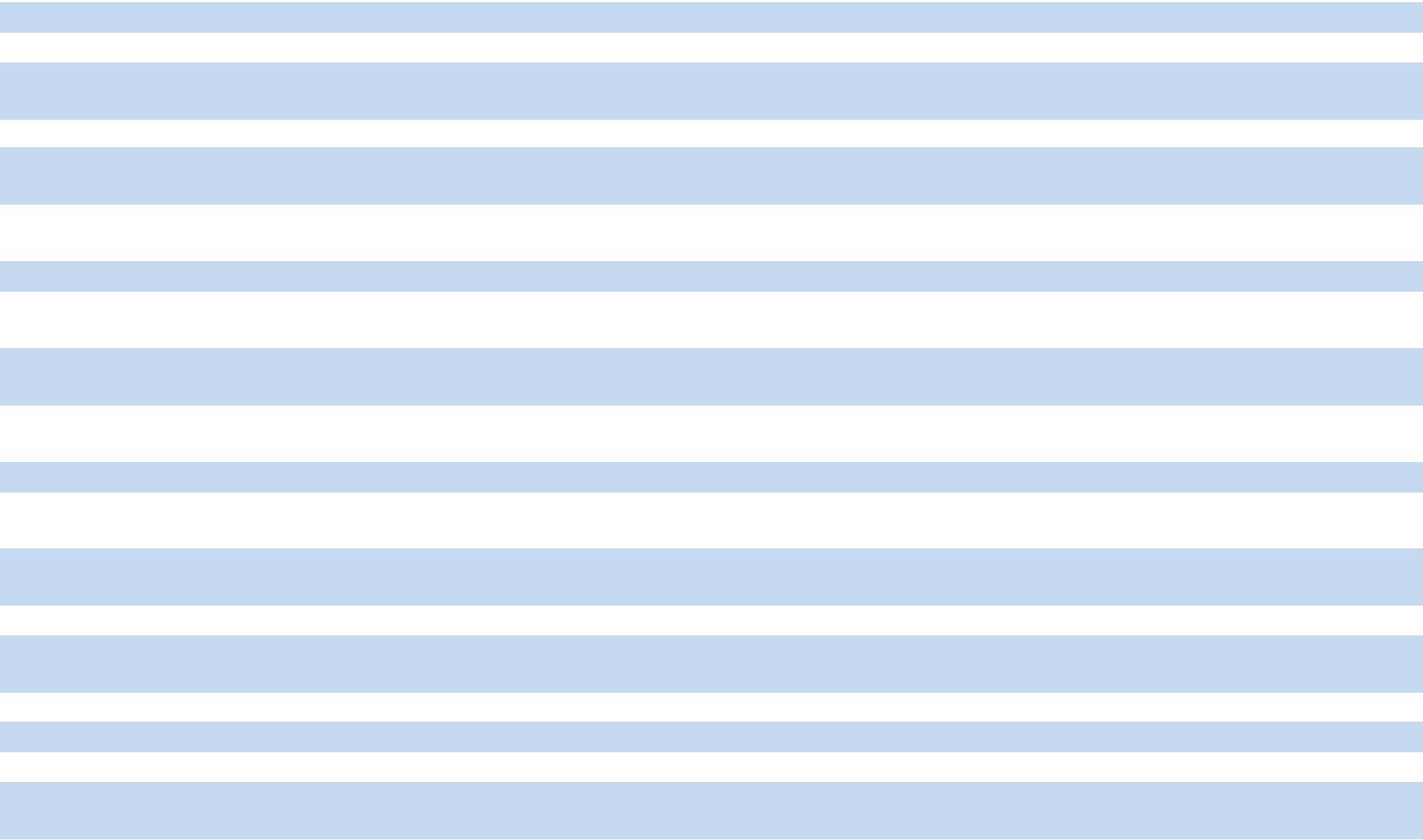
[Redacted text line]











\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

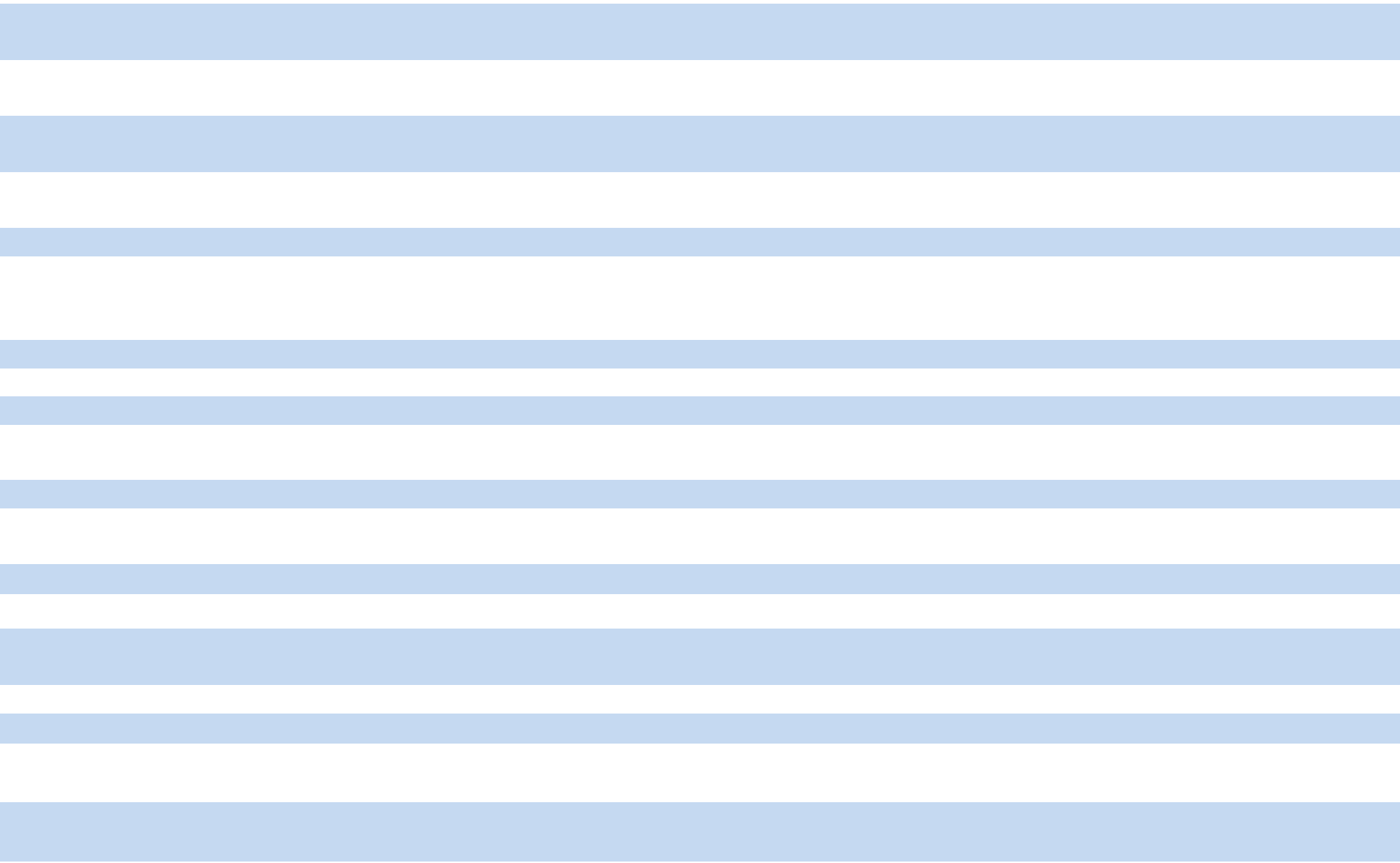
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

























































































Red horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[Redacted text]

[Redacted text]

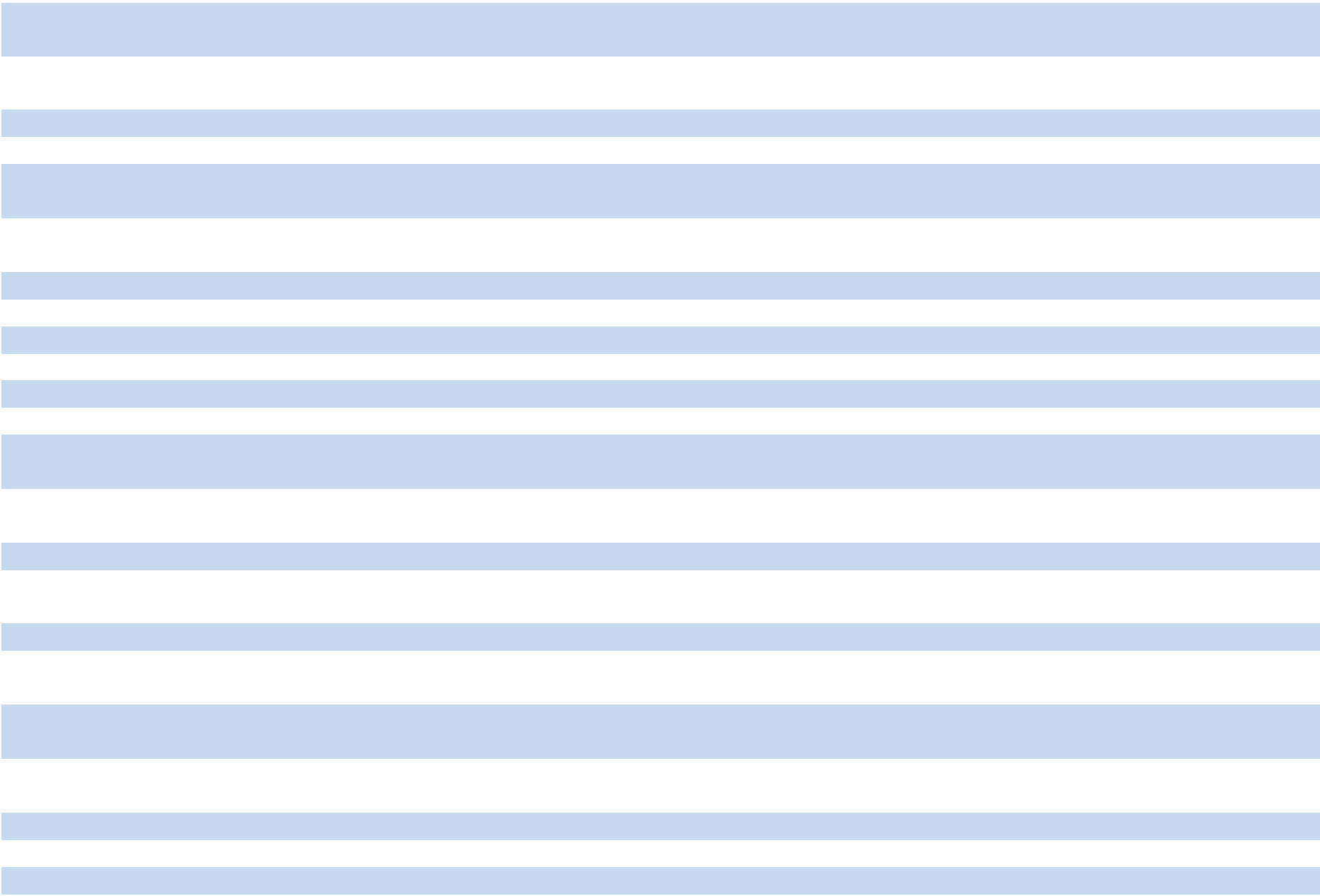
[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]





[illegible]

[illegible]

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

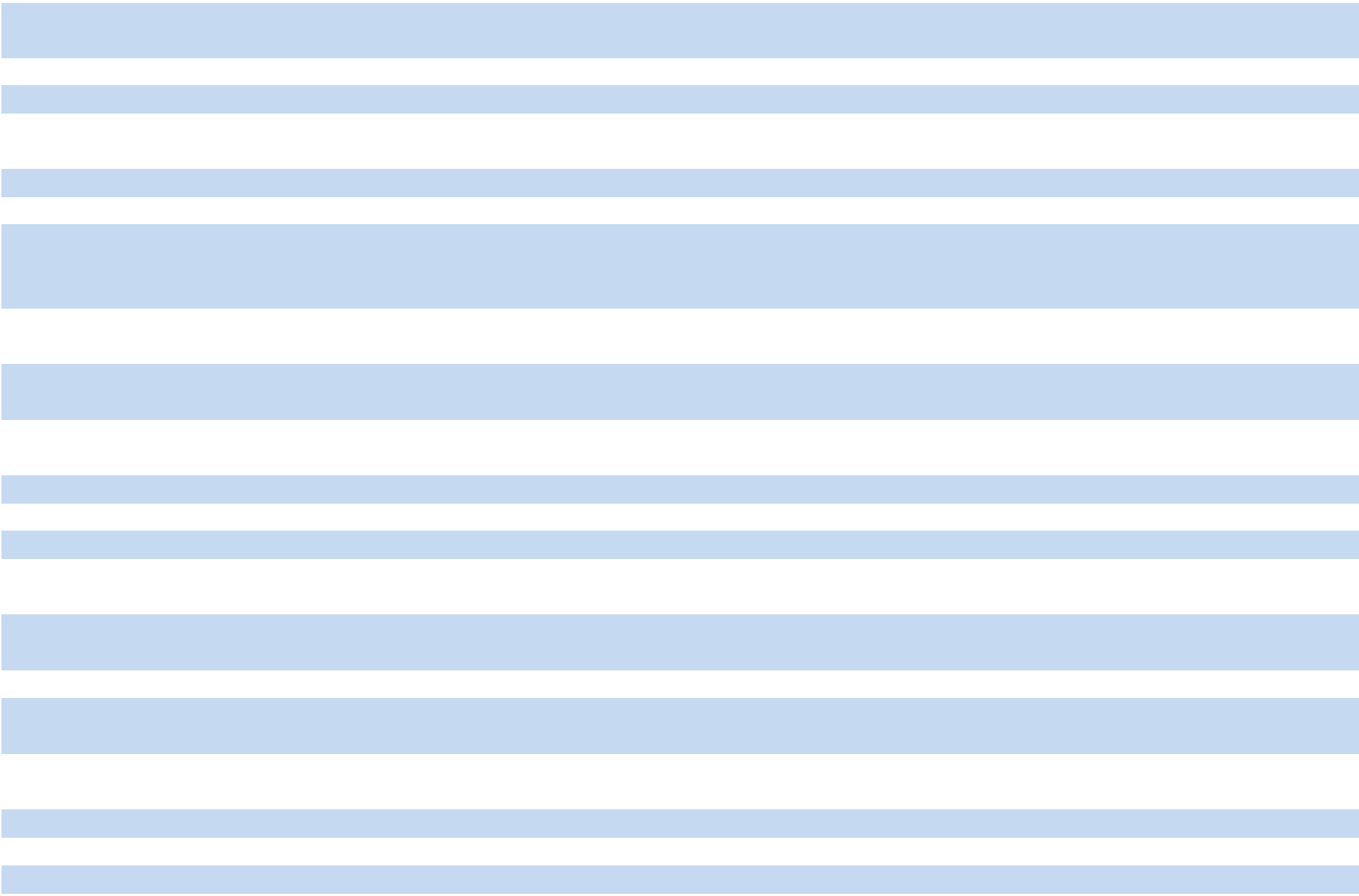
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

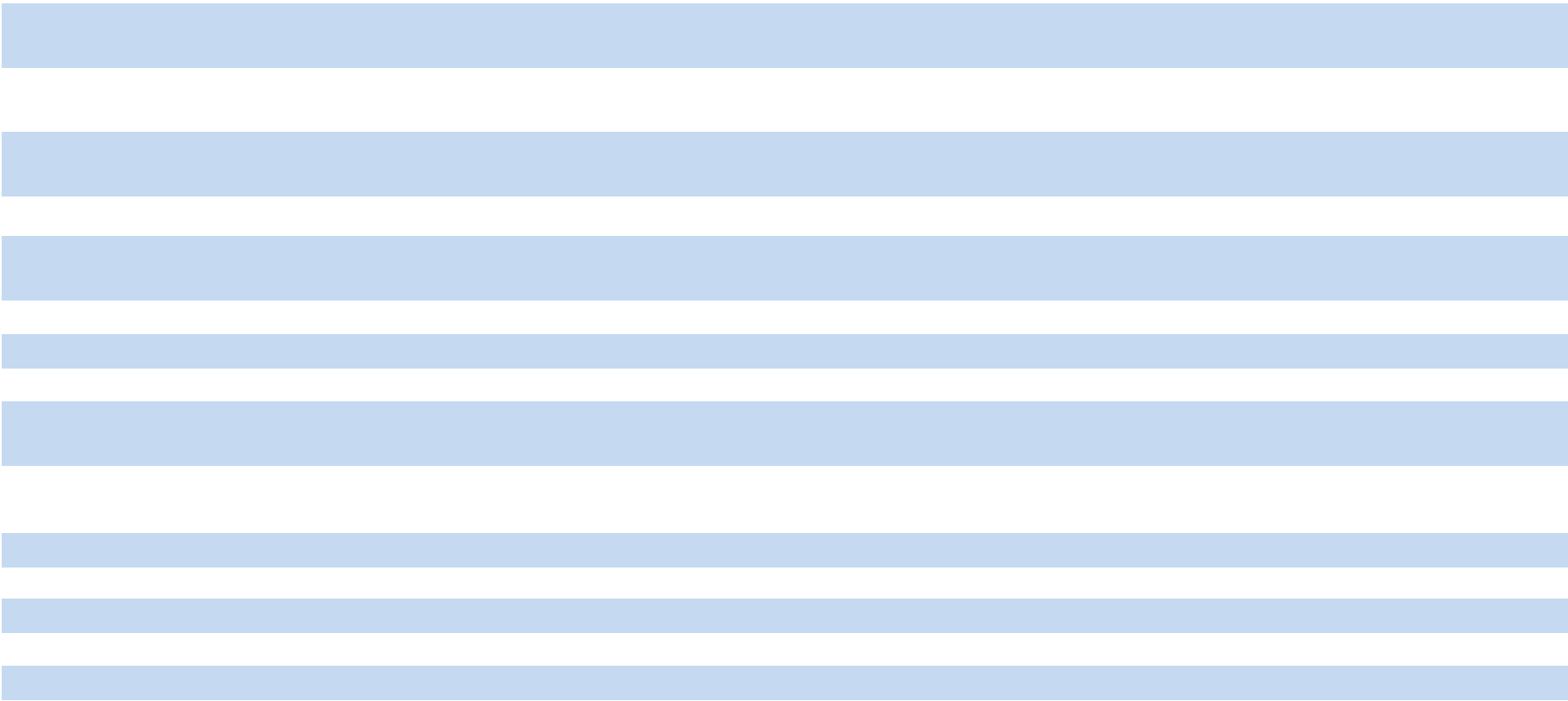
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

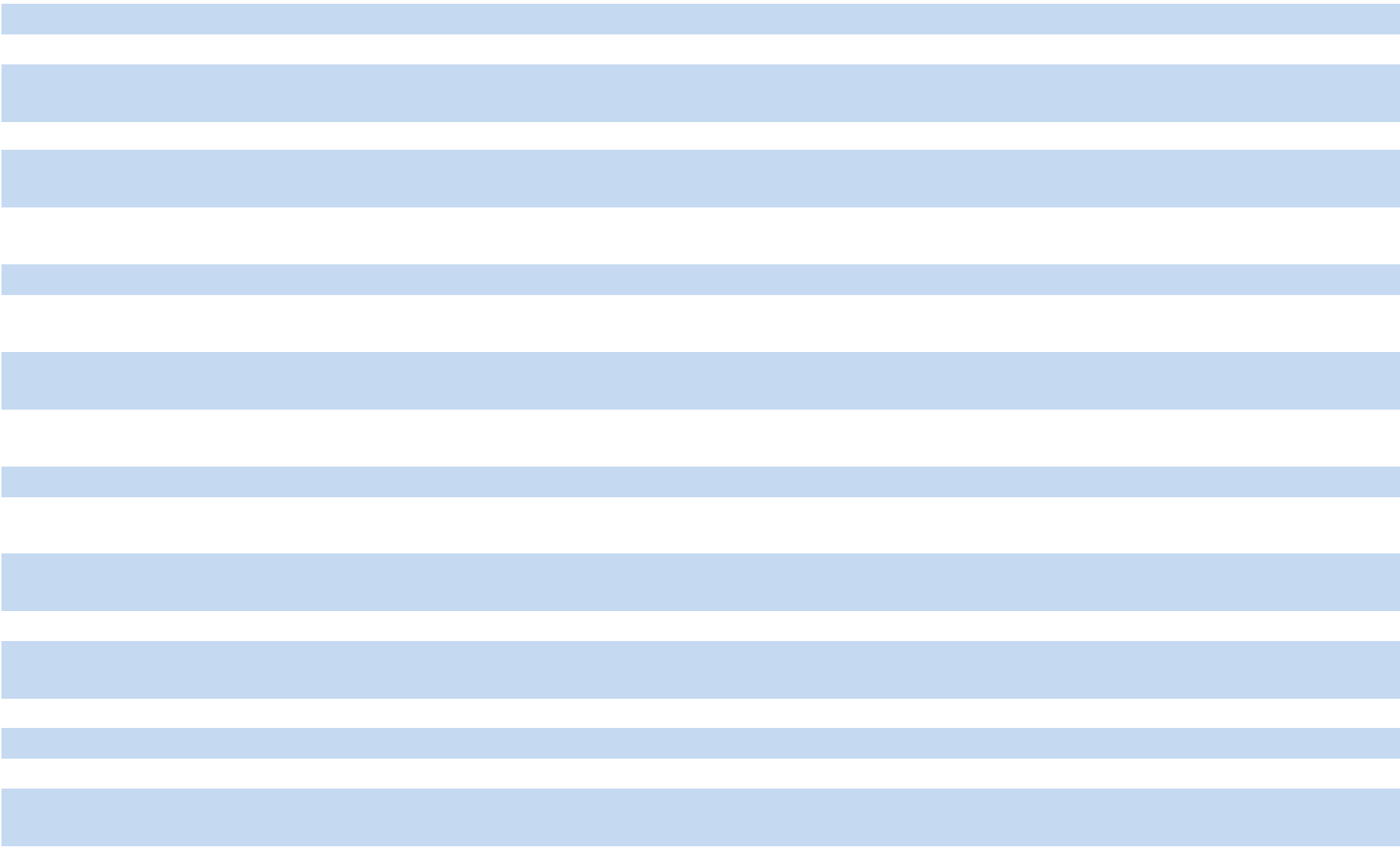












\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

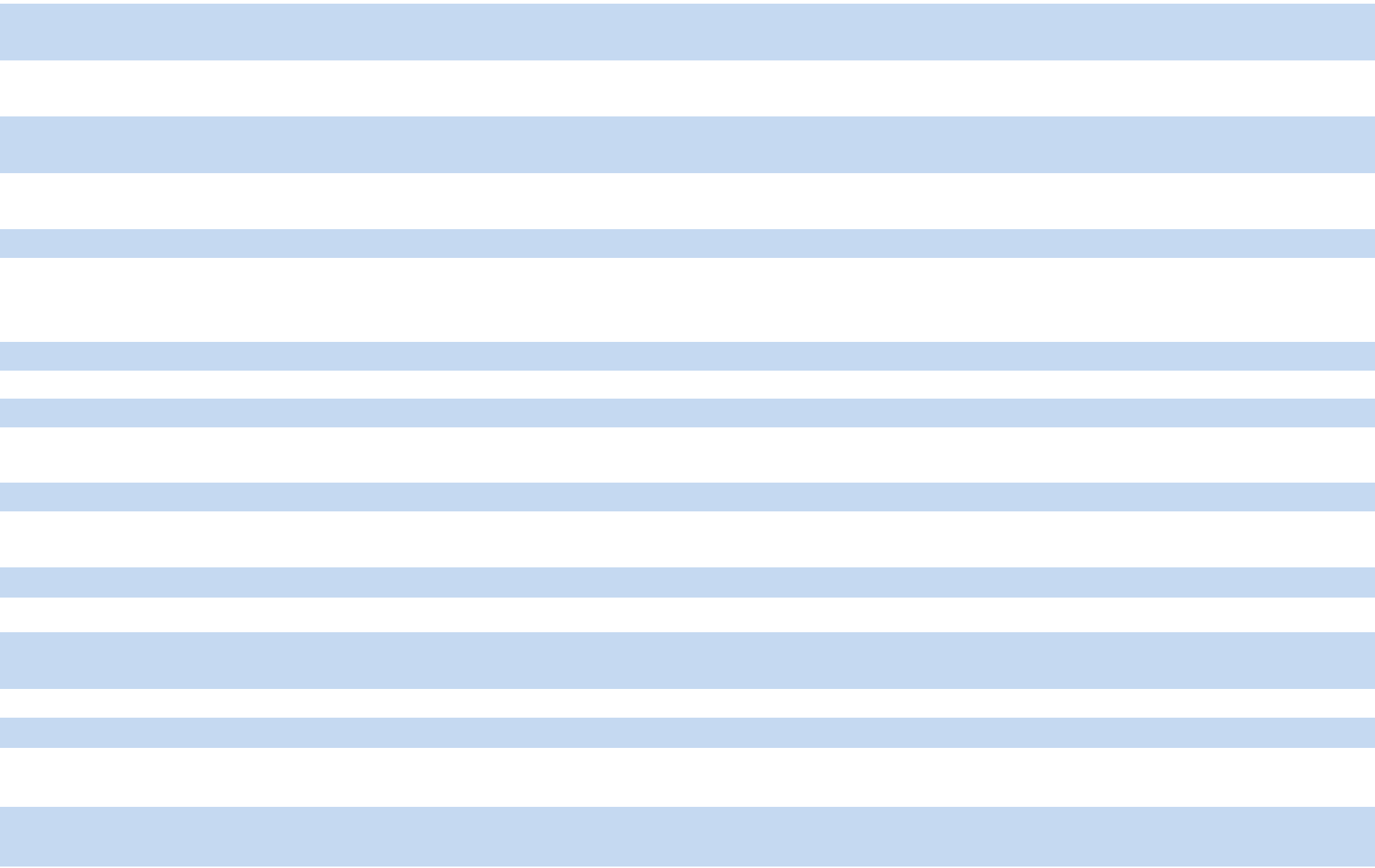
[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



























































































\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]



[Redacted text]

[Redacted text]

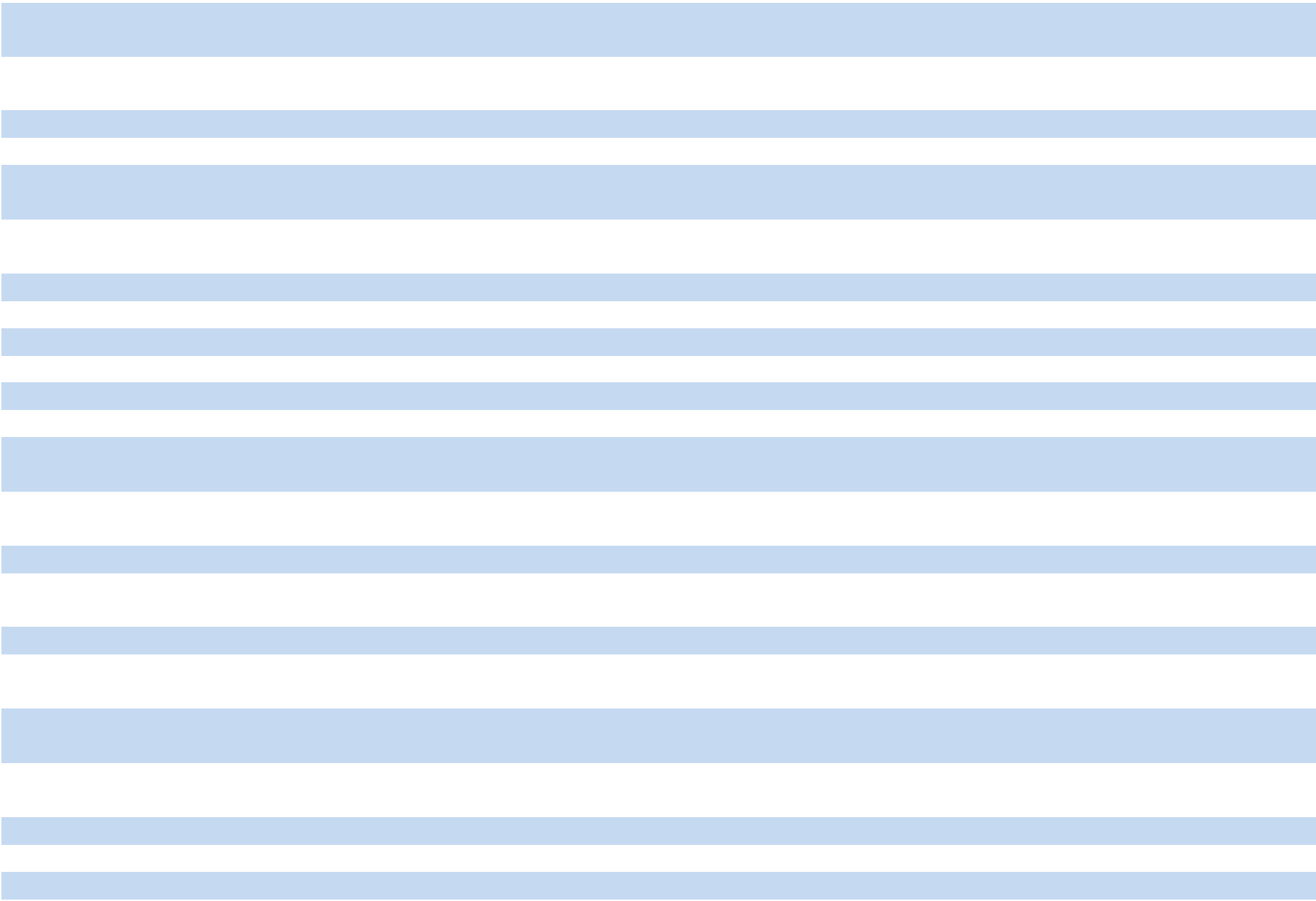
[Redacted text]

[Redacted text]

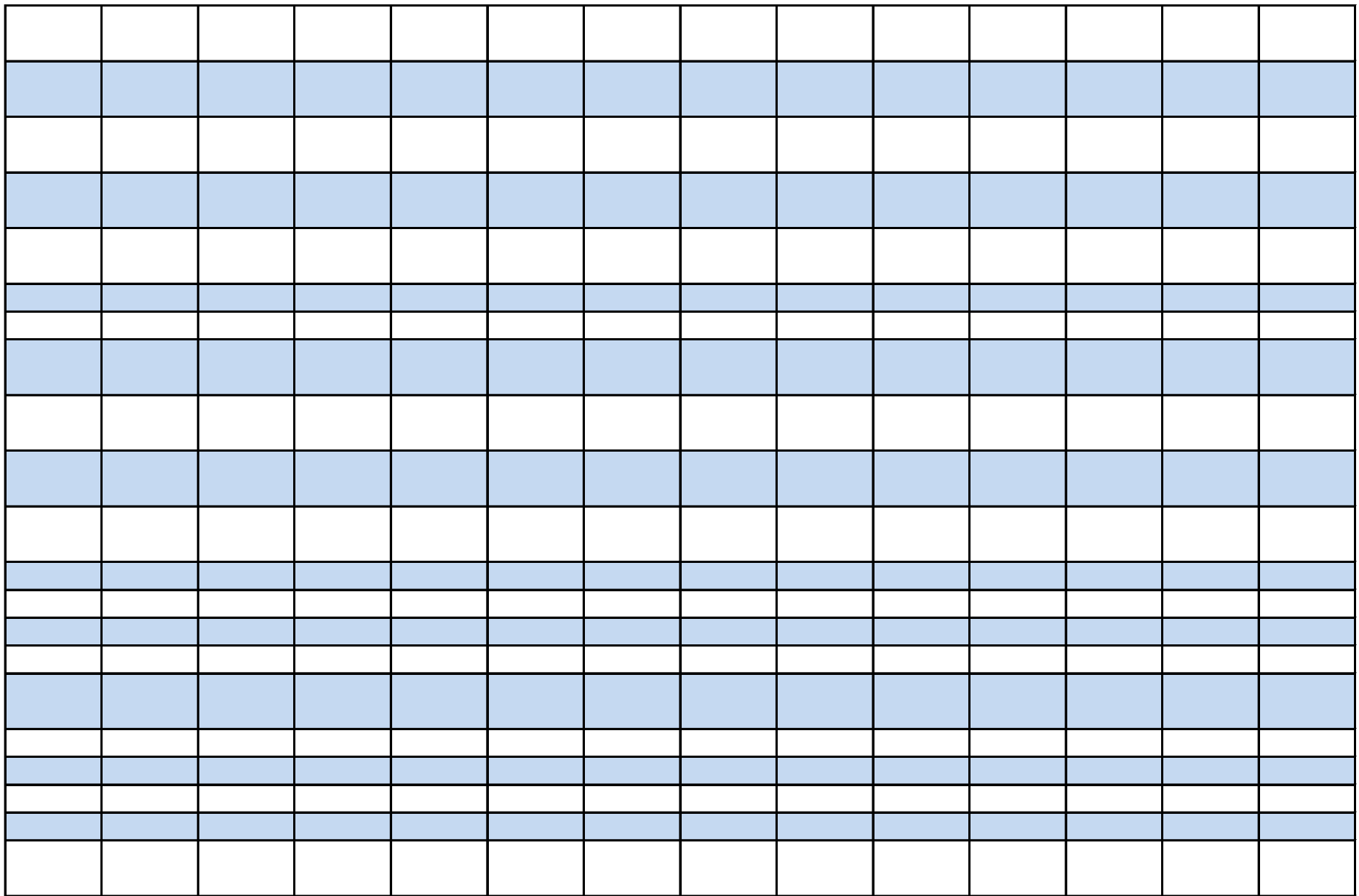
[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

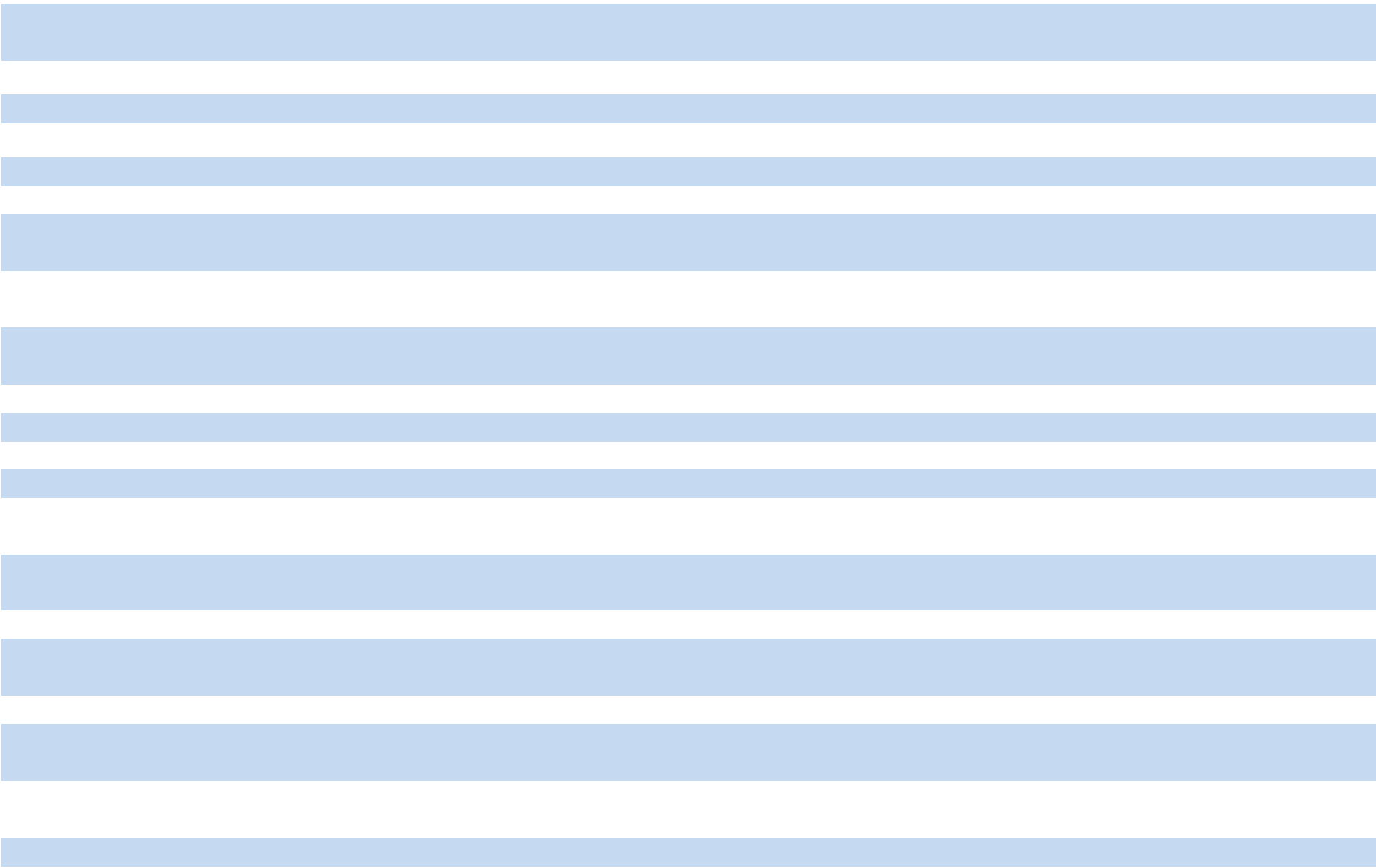


[illegible]



[illegible]





\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

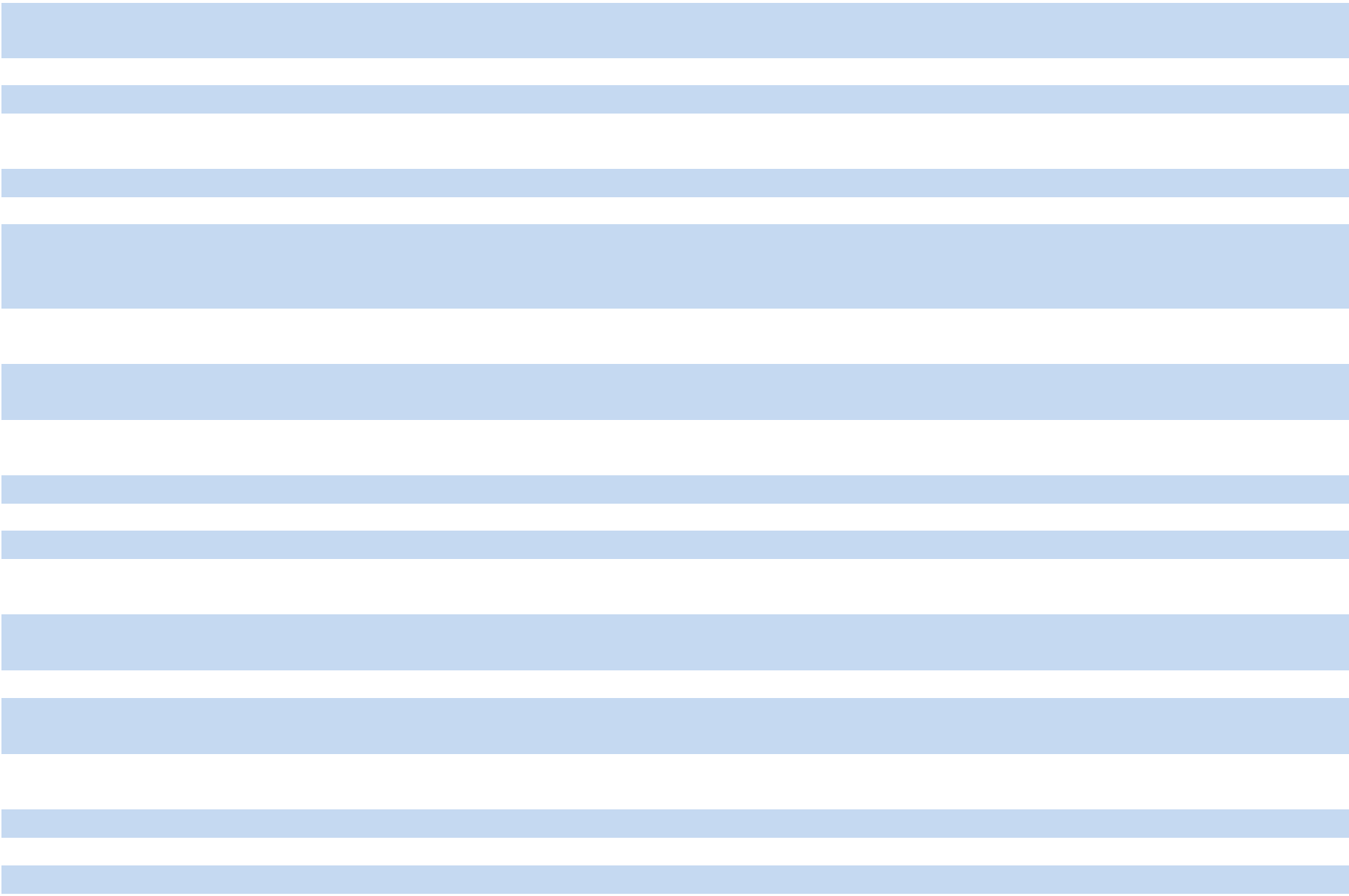
[Redacted text block]

[Redacted text line]

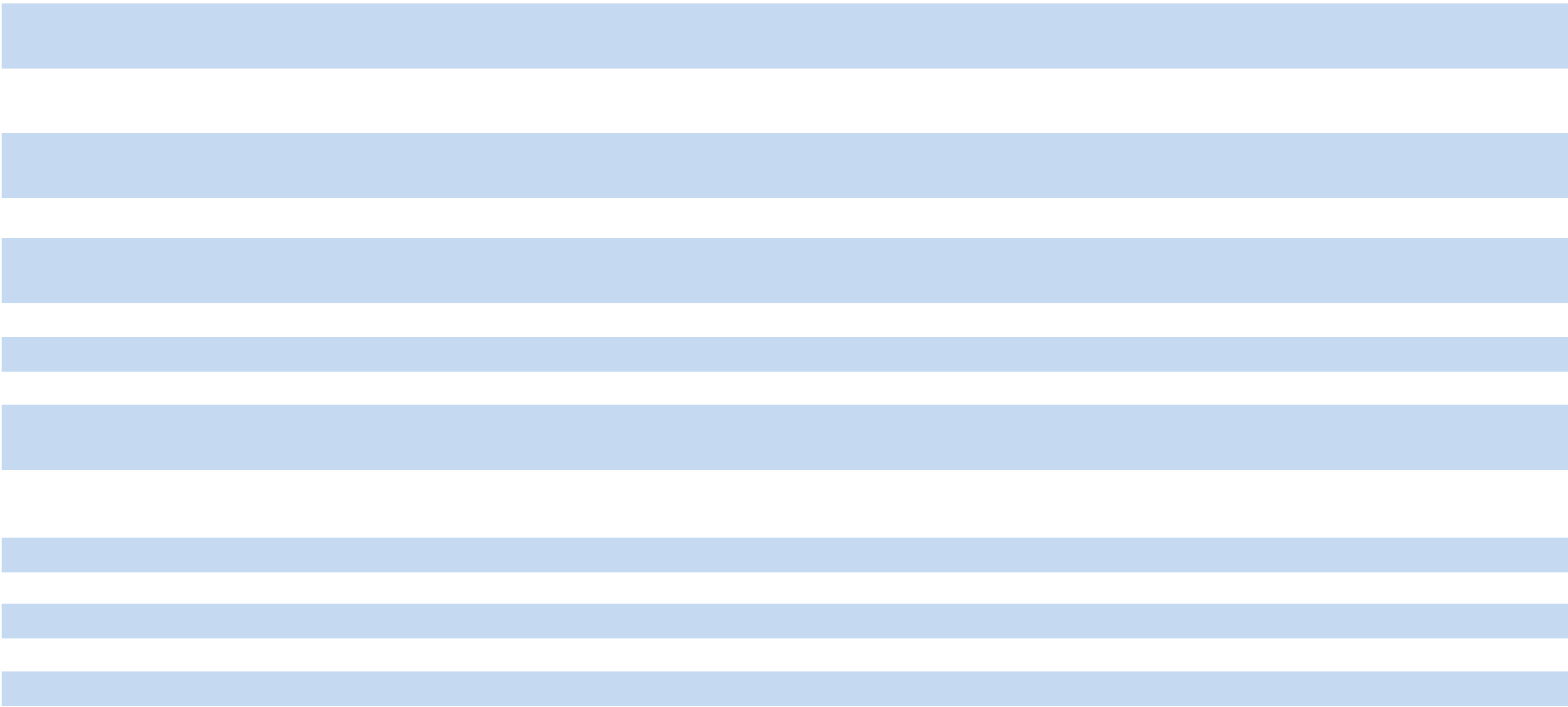
[Redacted text line]

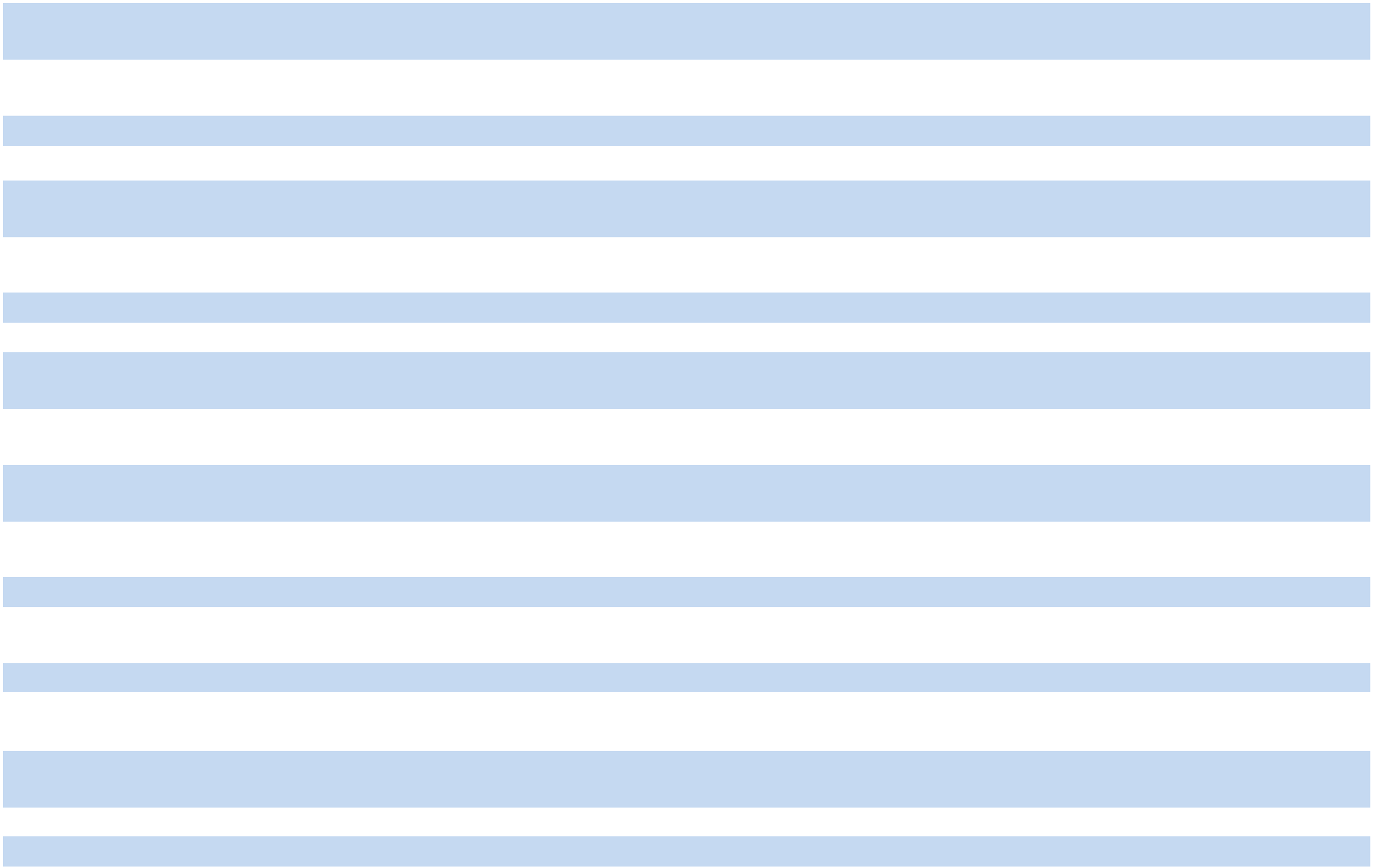
[Redacted text line]

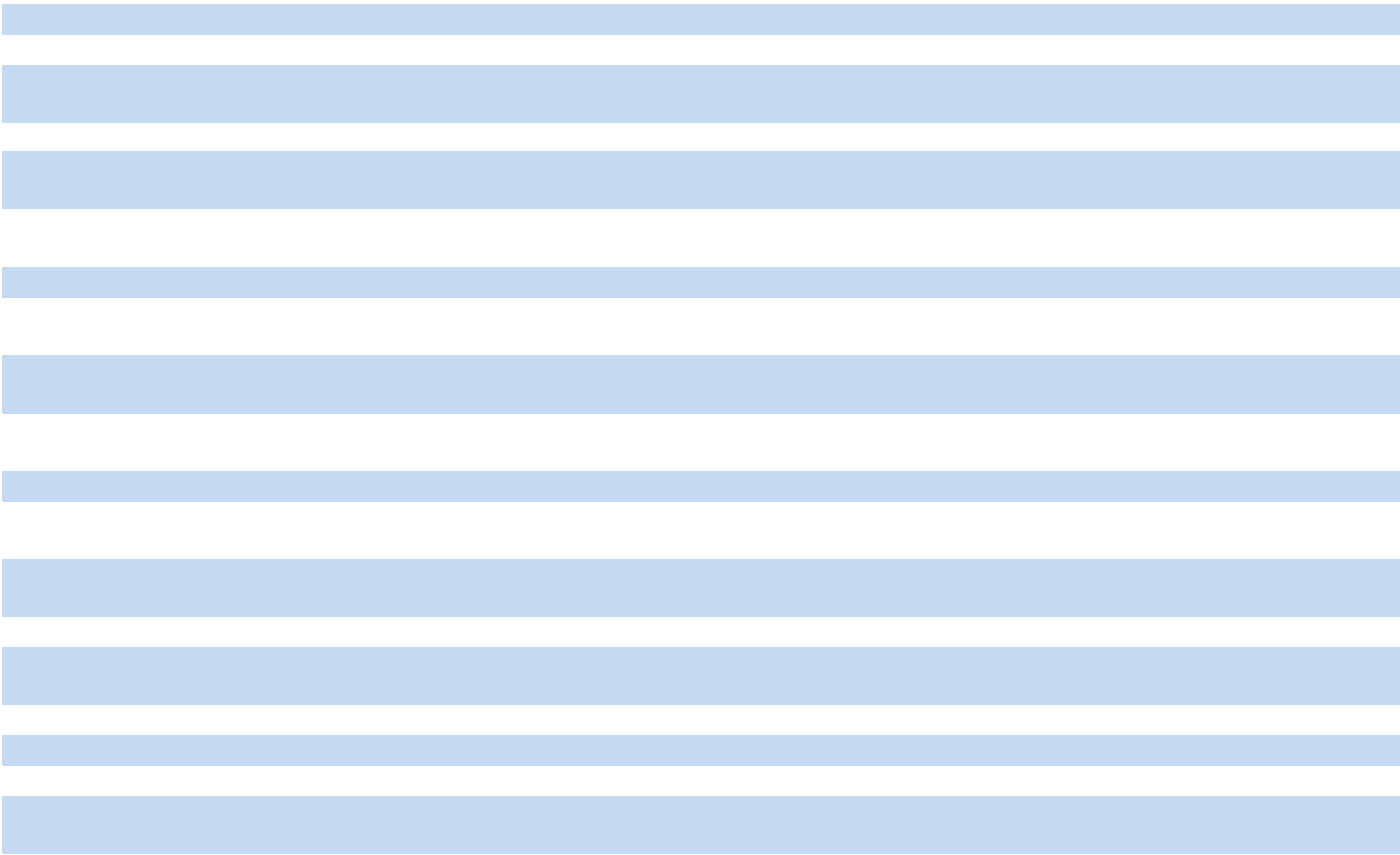
[Redacted text line]

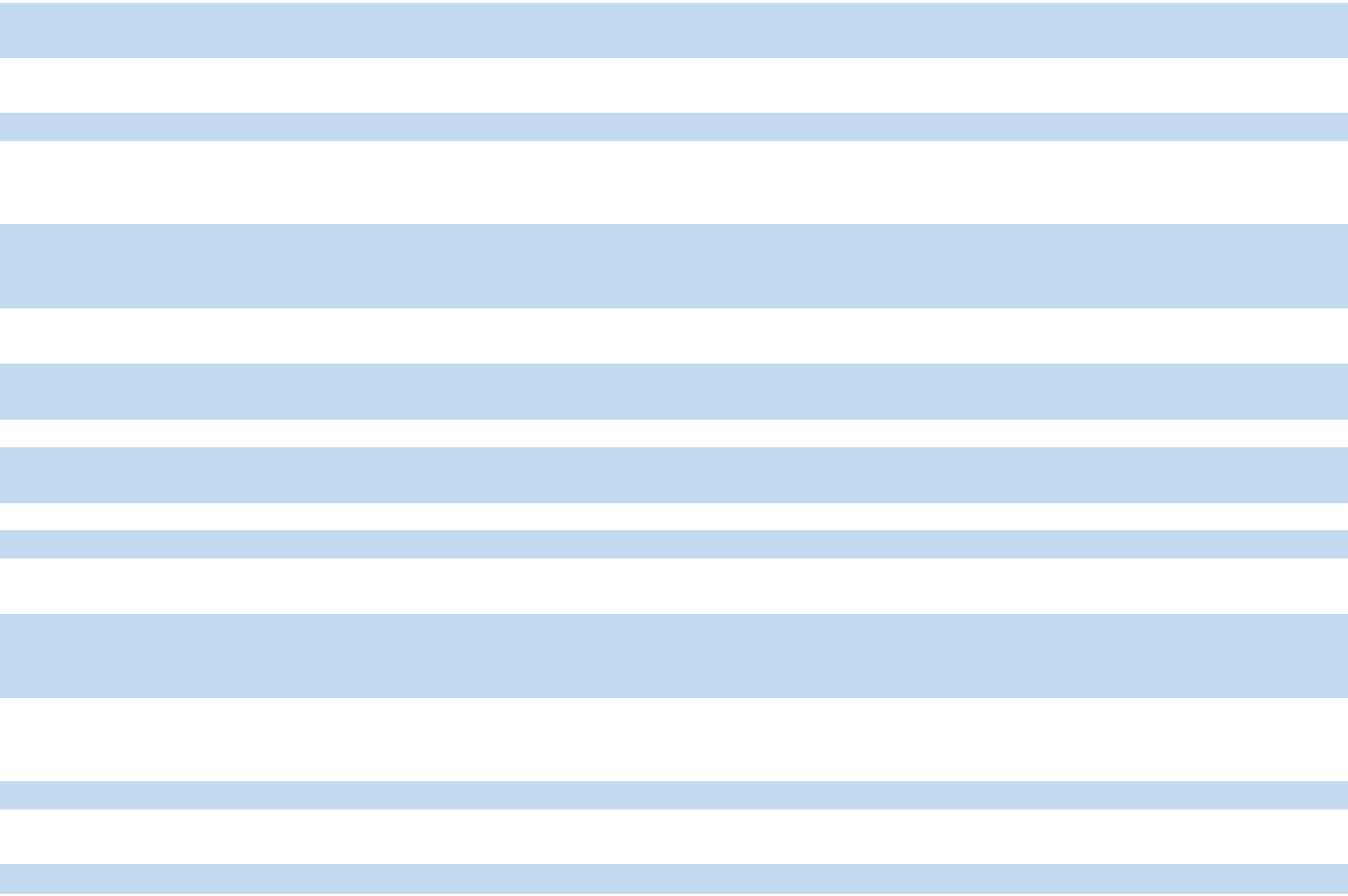
















\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

























































































1. Introduction

2. Background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

9. Acknowledgments

10. Contact Information

11. Disclaimer

12. Copyright

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]



[Redacted text]

[Redacted text]

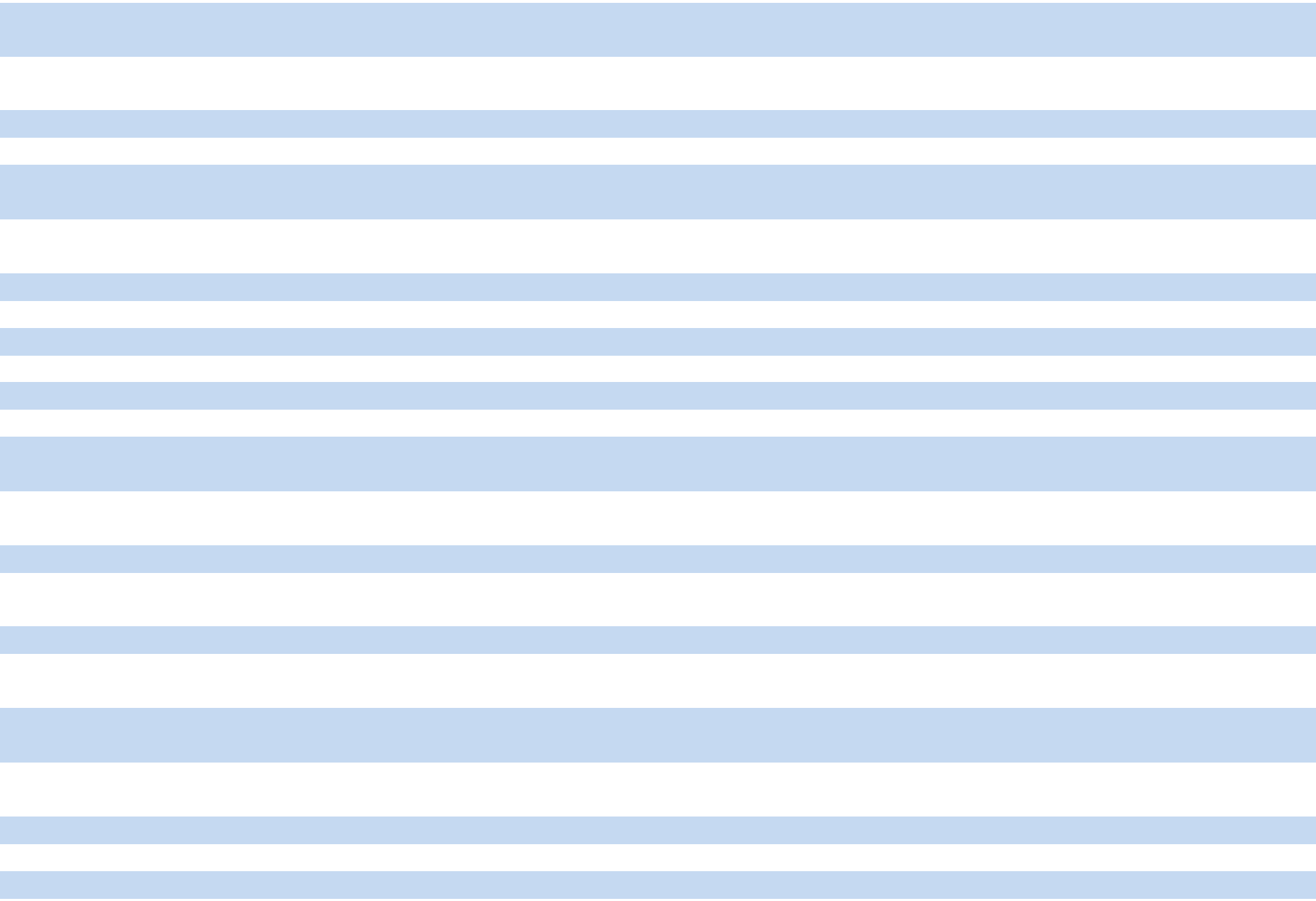
[Redacted text]

[Redacted text]

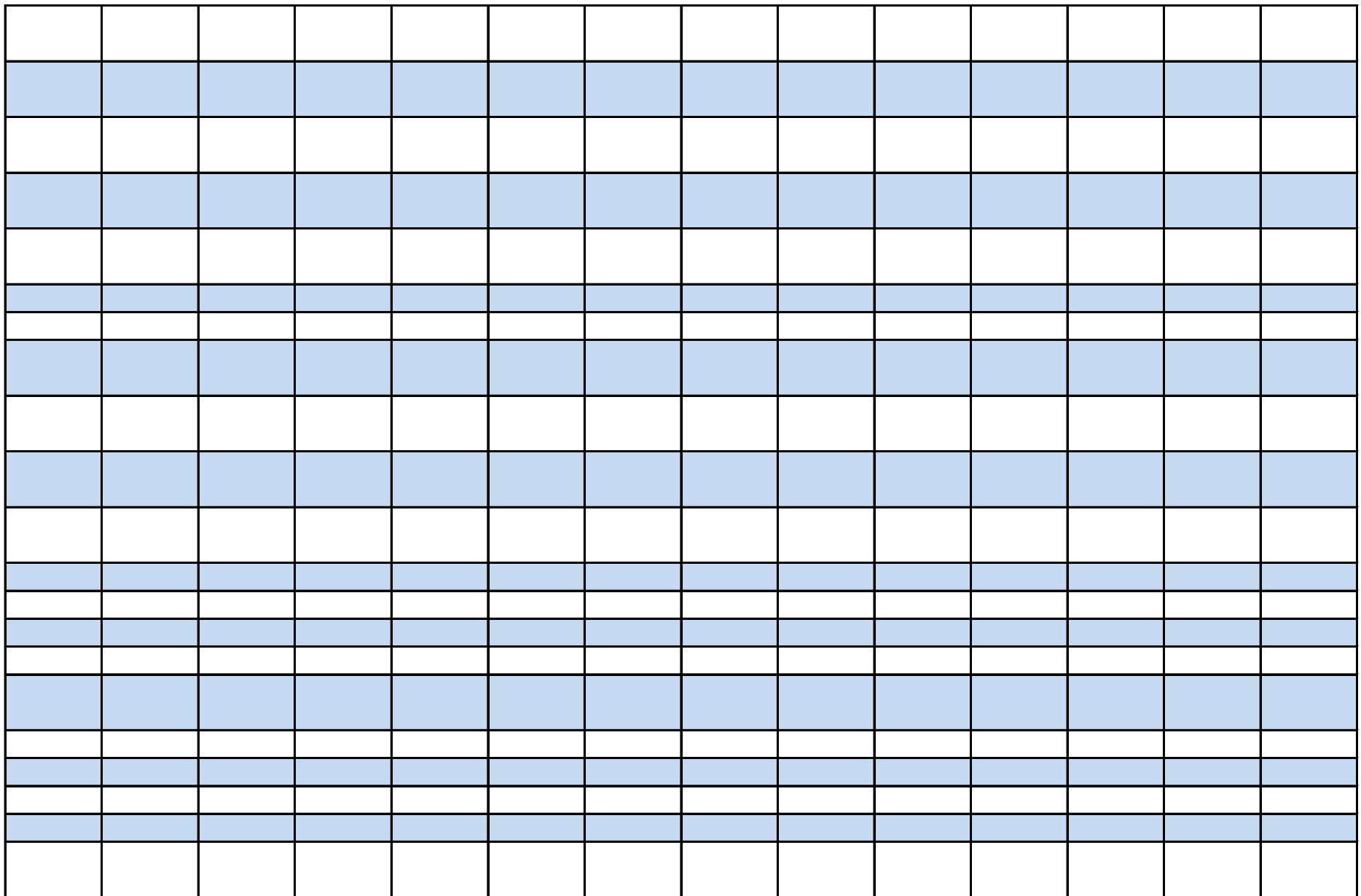
[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]



[illegible]



[illegible]



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

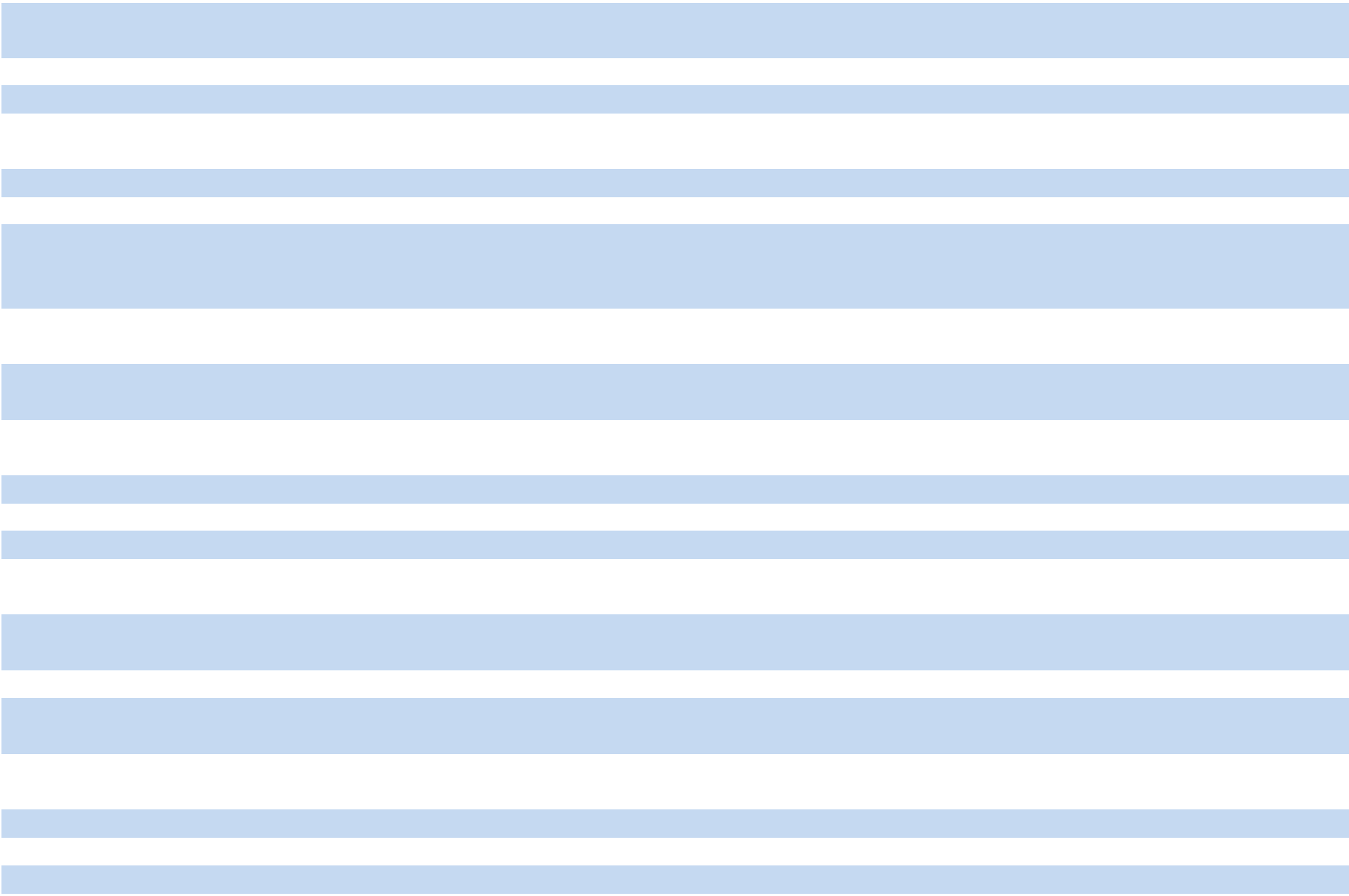
[Redacted text block]

[Redacted text line]

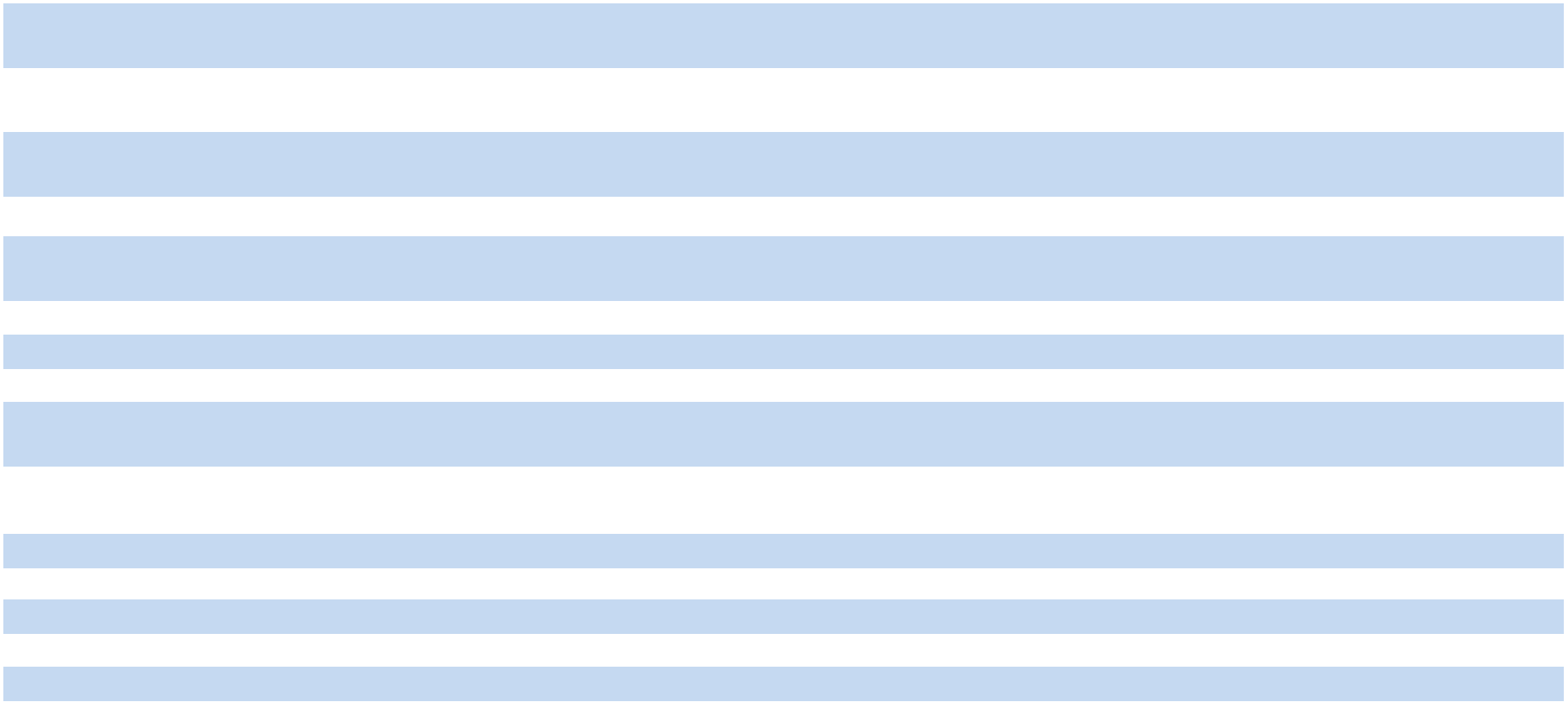
[Redacted text line]

[Redacted text line]

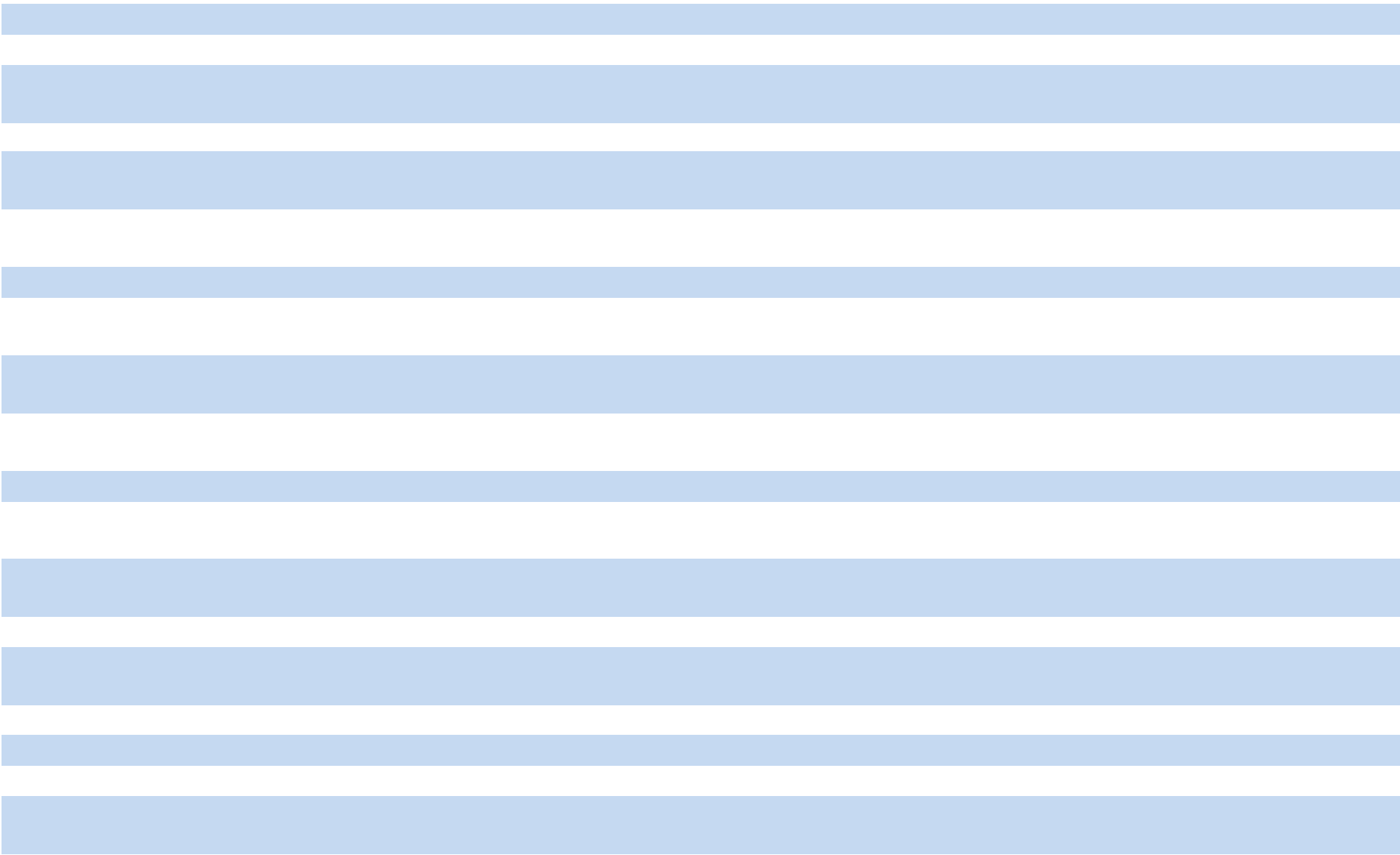
[Redacted text line]











\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



























































































\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

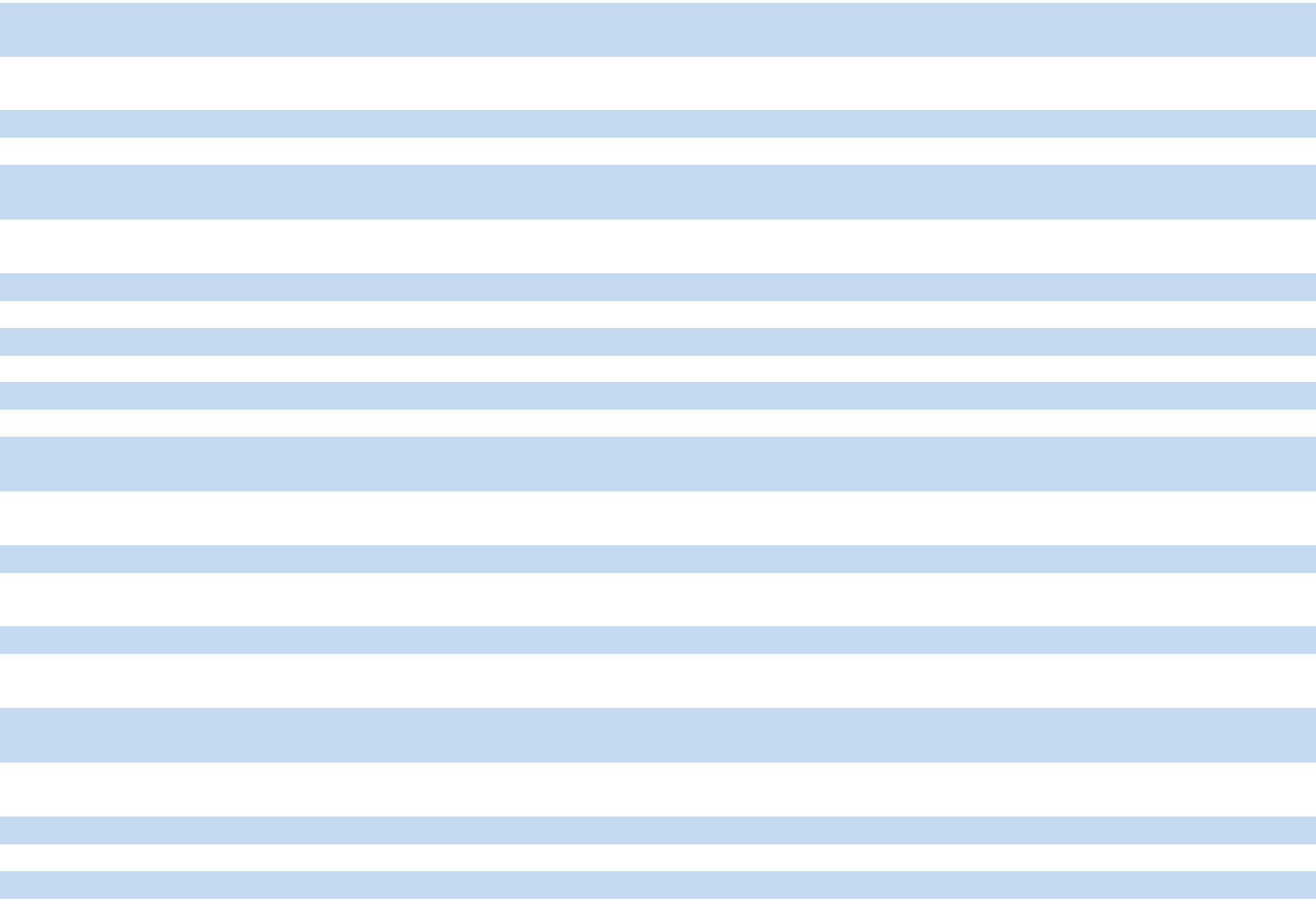
[Redacted text block]

[Redacted text block]

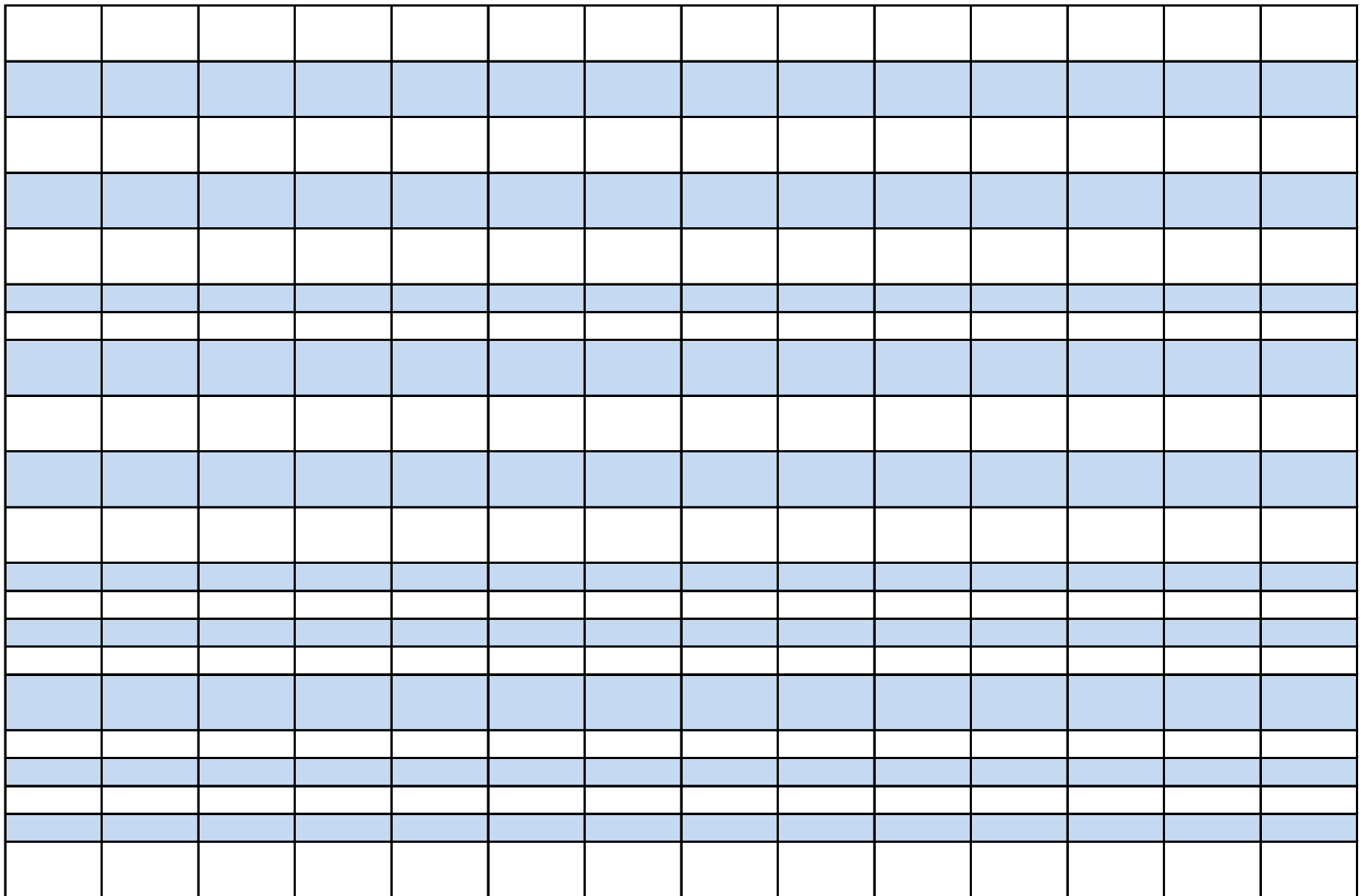
[Redacted text block]







[illegible]



[illegible]



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

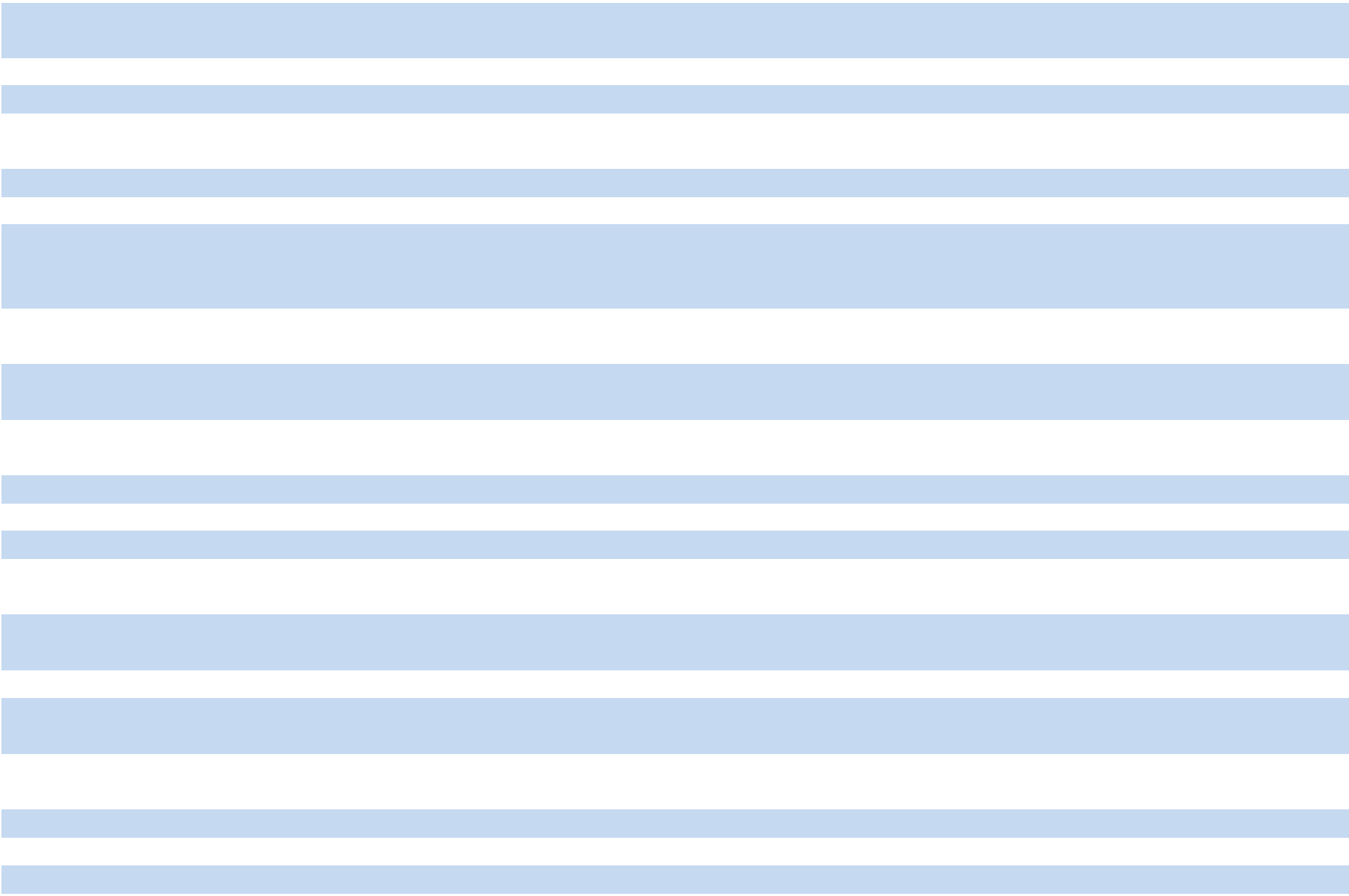
[Redacted text line]

[Redacted text line]

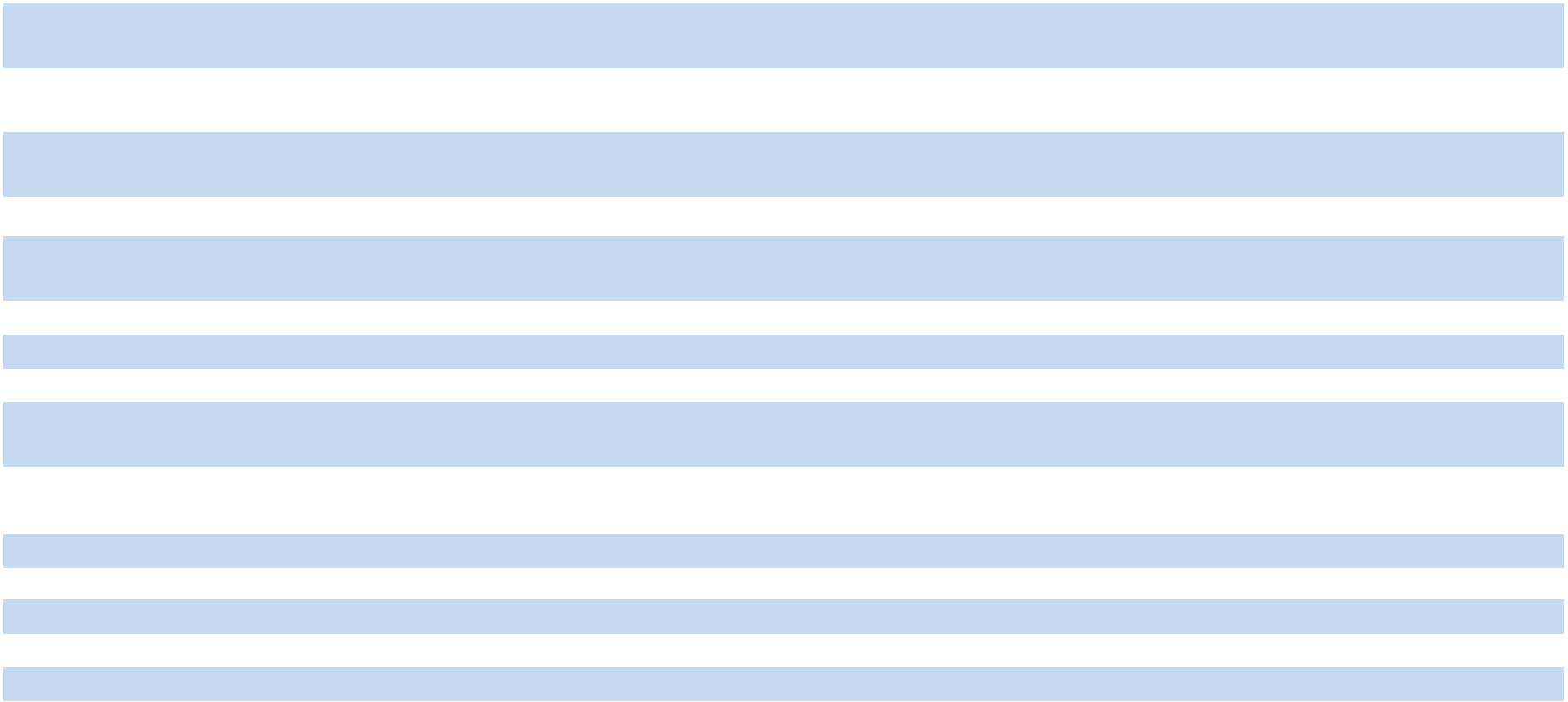
[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]







\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

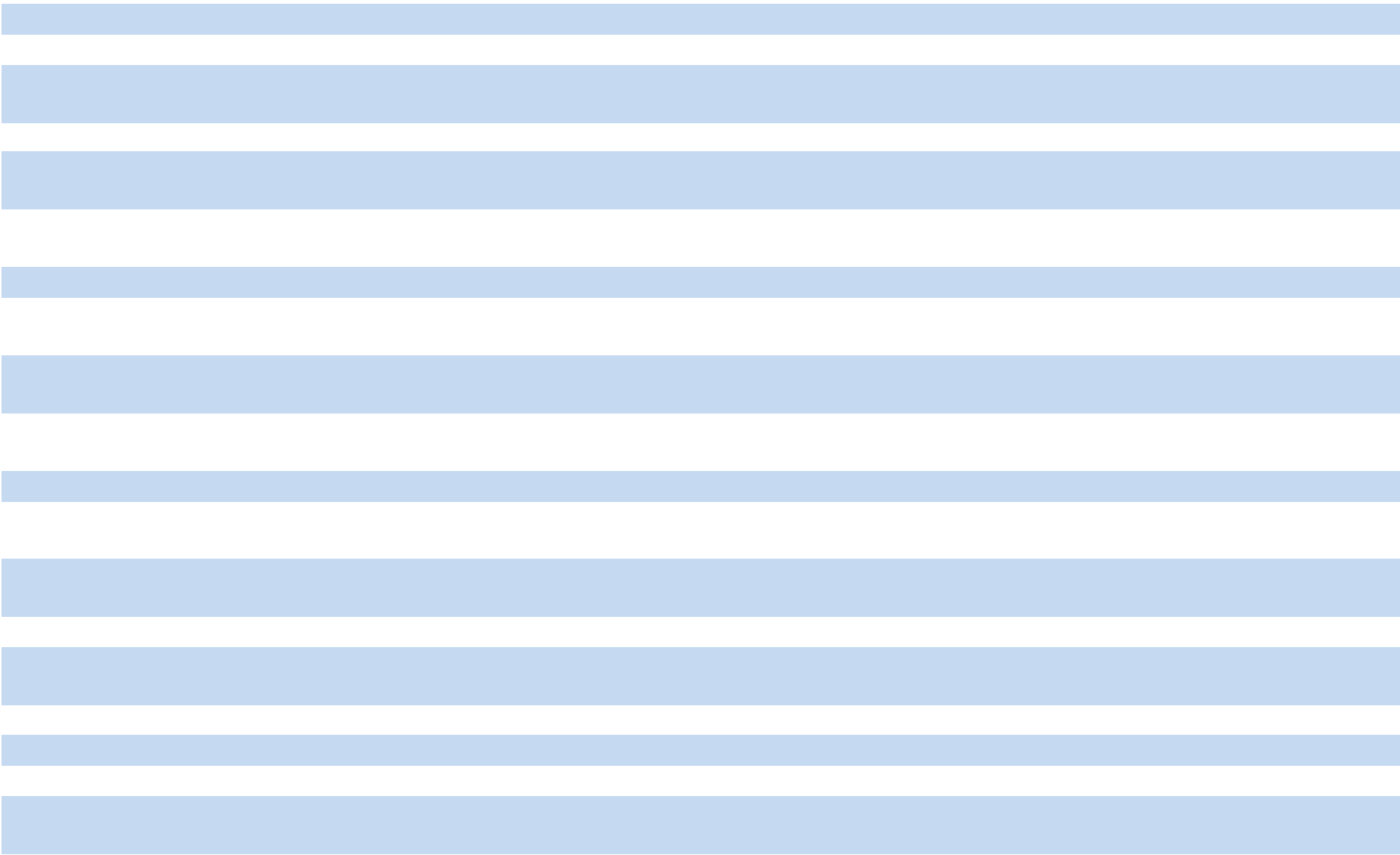
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

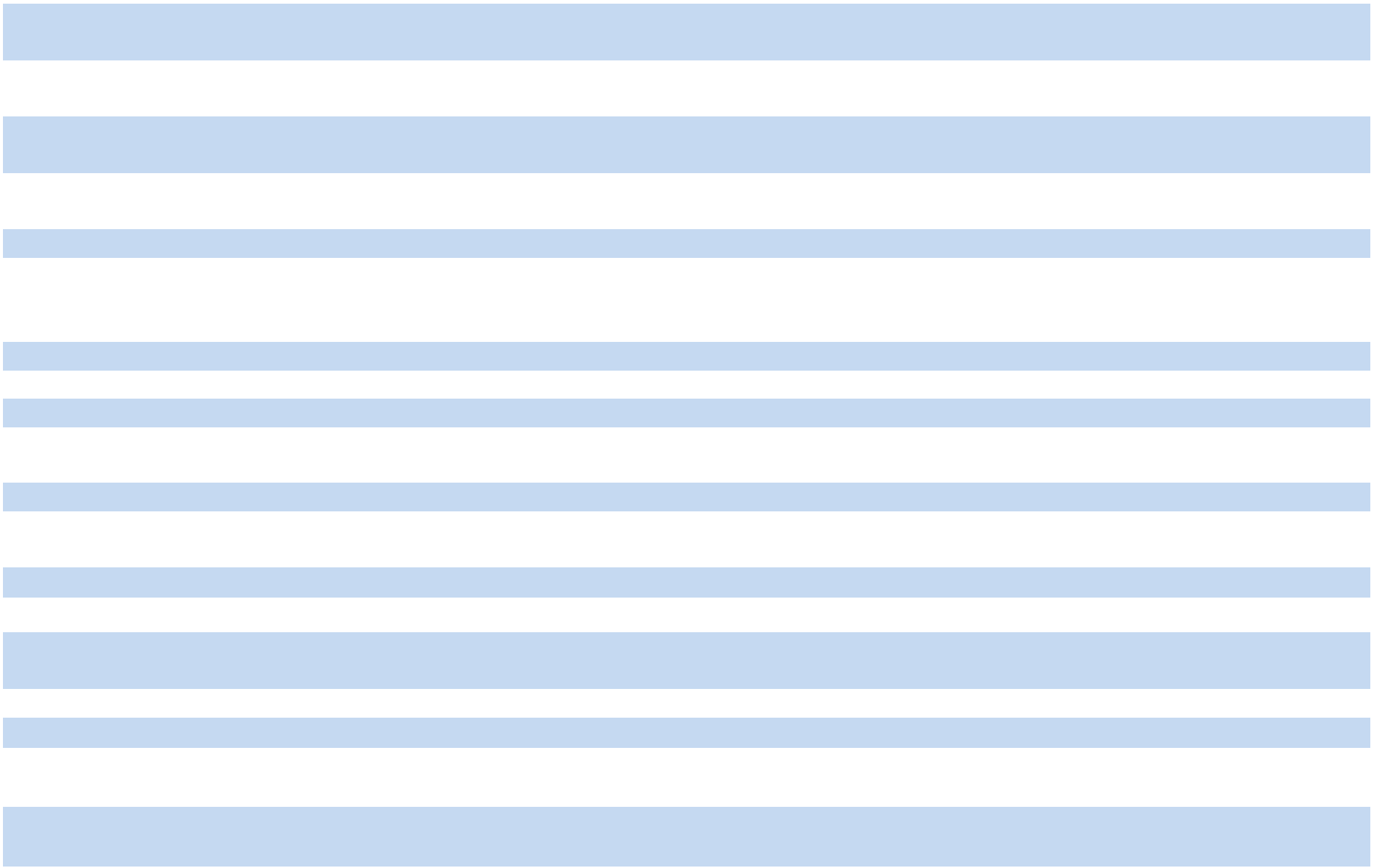
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

























































































1. Introduction

2. Background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

9. Acknowledgments

10. Contact Information

11. Disclaimer

12. Glossary

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

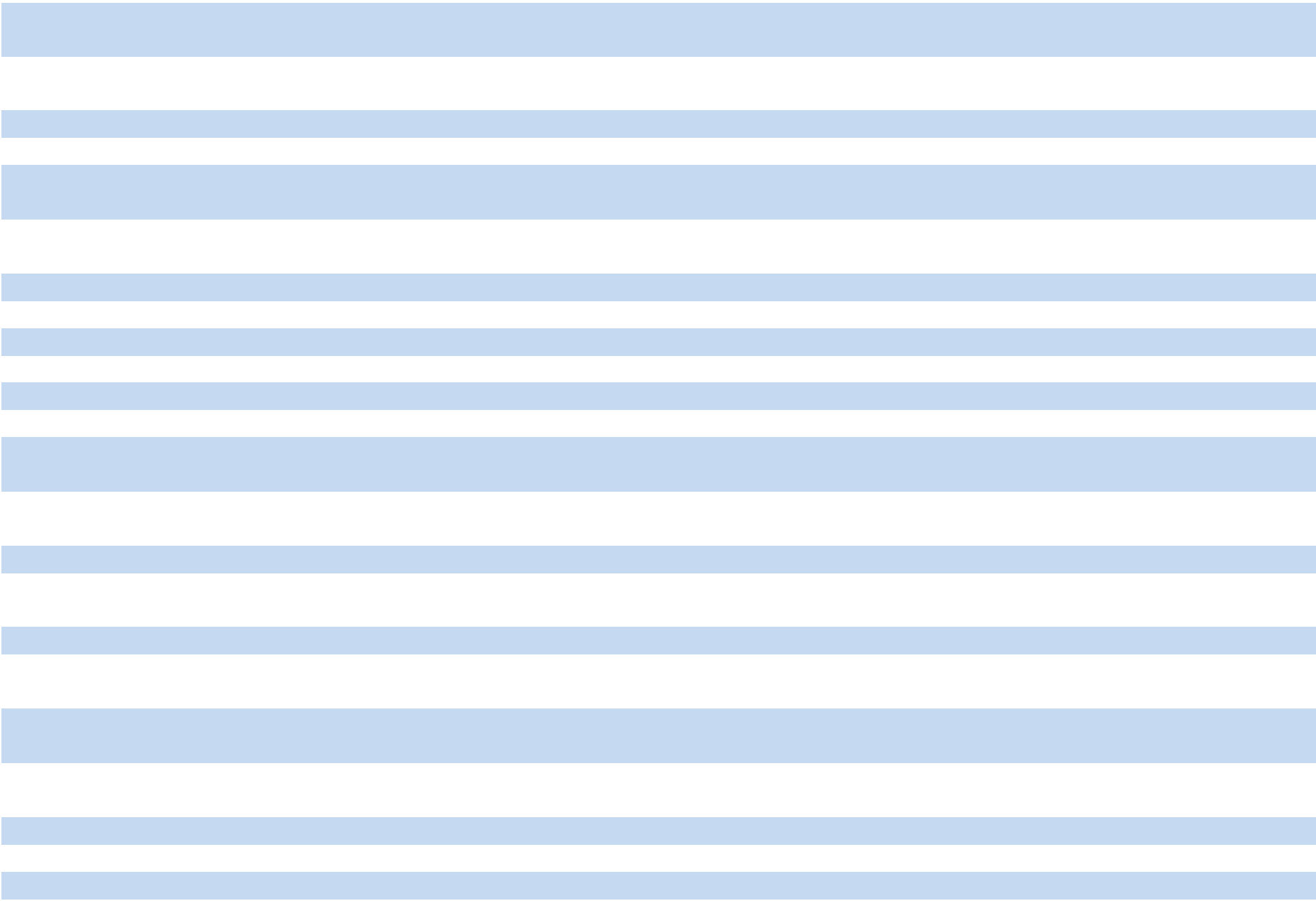
[Redacted text]

[Redacted text]

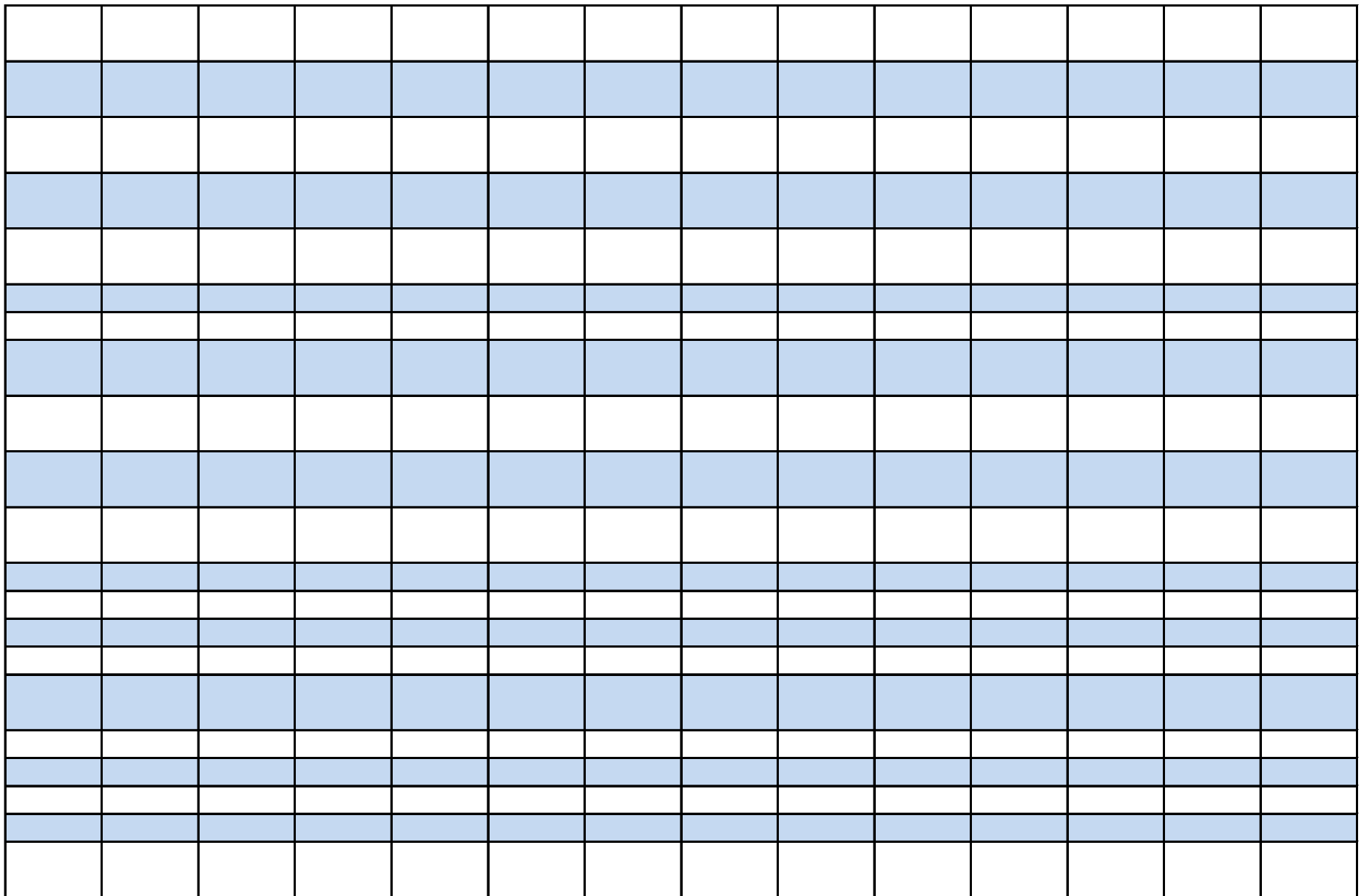
[Redacted text]







[illegible]



[illegible]



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

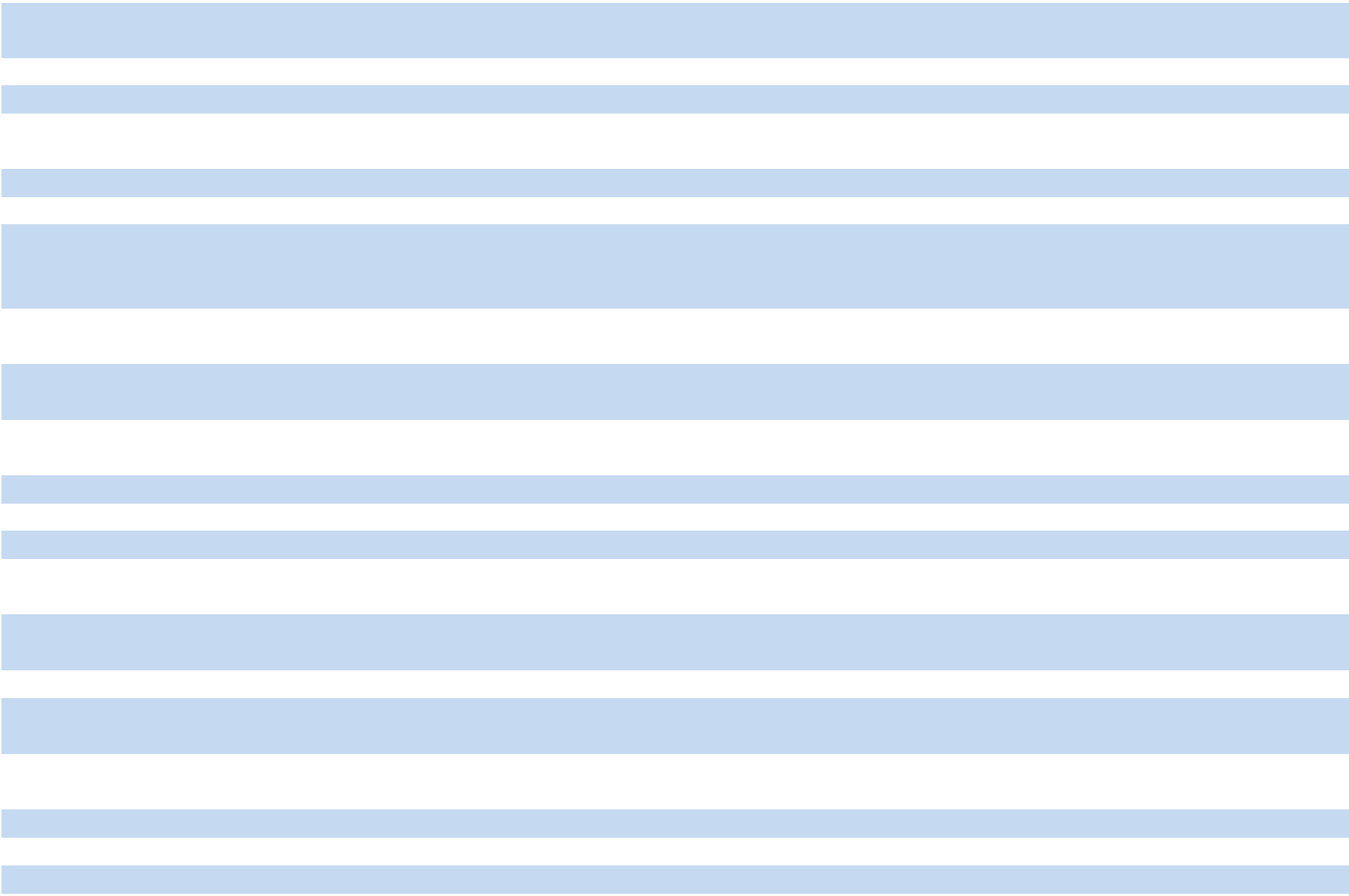
[Redacted text block]

[Redacted text line]

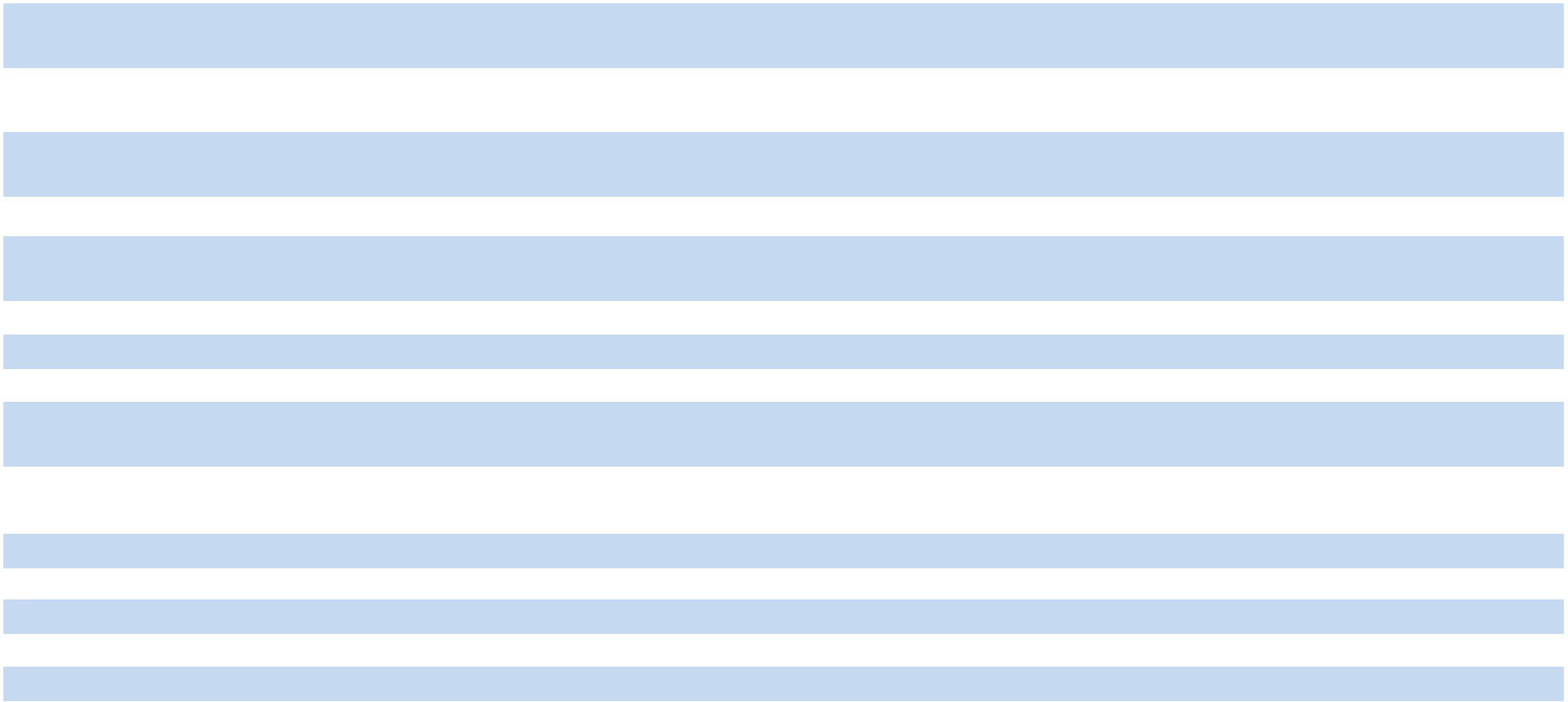
[Redacted text line]

[Redacted text line]

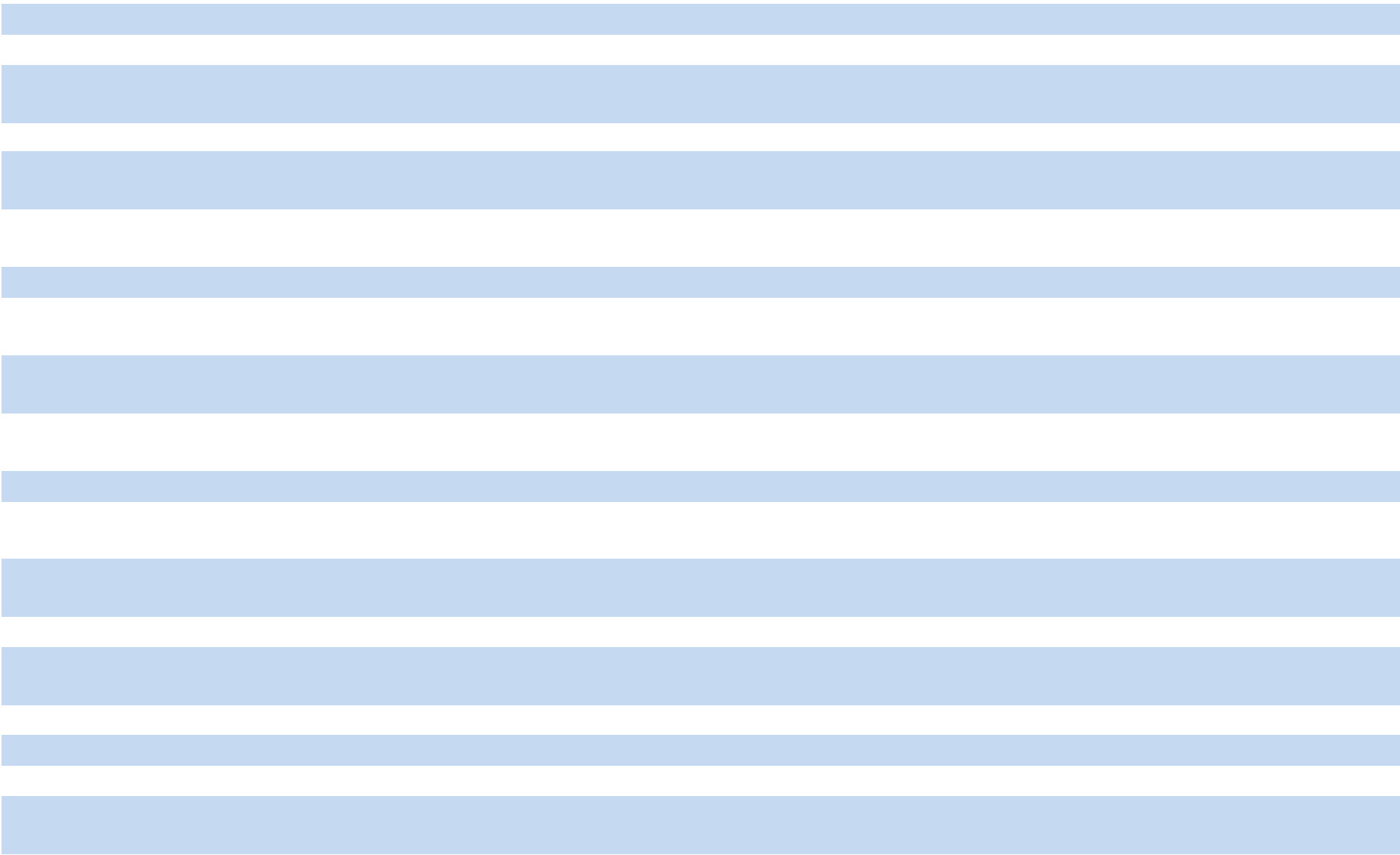
[Redacted text line]











\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



























































































\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. Introduction

2. Background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

1. Introduction

2. Background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

## BELLEN TIJDENS TANKEN KAN BRAND VEROOorzaKEN - KLOPT DIT WEL?

|                   |                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 3 hv                                                                 |
| Subdomein         | Processen en reacties                                                |
| Vaardigheid       | Informatie                                                           |
| Specificaties     | Verbranding                                                          |
| Trefwoorden       | Brandvoorwaarden, explosie, explosiegrens, mobieltje, tanken, bellen |
| Vaardigheidsvraag | Informatieselectievraag                                              |

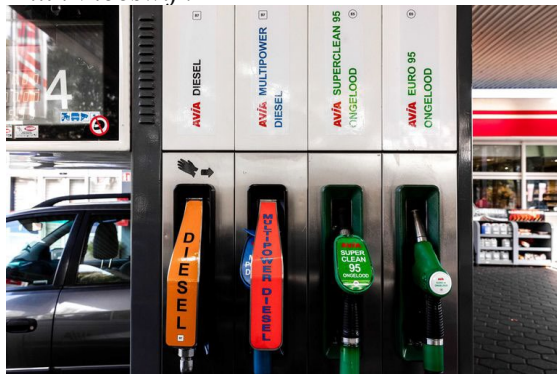
[www.volkskrant.nl](http://www.volkskrant.nl), 14 januari 2019

### KLOPT DIT WEL? EXPLOSIEGEVAAR

## Bellen tijdens tanken kan brand veroorzaken - Klopt dit wel?

Berichten verspreiden zich razendsnel, of ze nu kloppen of niet. Wij proberen de zin van de onzin te scheiden. Vandaag: 'Bellen tijdens tanken kan brand veroorzaken'.

*Enith Vlooswijk*



*De verschillende brandstoffen bij een tankstation. Beeld ANP*

Radiomaker Domien Verschuuren stond te bellen tijdens het tanken en werd daarop aangesproken. Bellen is bij de meeste tankstations namelijk verboden wegens, onder meer, explosiegevaar: een statisch geladen mobiele telefoon zou een vonk kunnen afgeven en voor je het weet staat de boel in lichterlaaie. Verschuurens verbaasde tweet over het voorval creëerde wat ophef, wat weer leidde tot een bericht in onder meer de Media Courant.

### Klopt het?

De theorie van de vonkende mobiele telefoon is volgens Adam Burgess, hoogleraar risico-onderzoek aan de universiteit van Gent, gebaseerd op geruchten die op internet een eigen leven zijn gaan leiden. In een wetenschappelijke publicatie hierover verwijst hij naar een onderzoek van Richard Coates, brandadviseur van BP. Coates onderzocht begin deze eeuw 243 brandincidenten op tankstations die waren toegeschreven aan vonkende mobieltjes. Zijn conclusie: bewijs voor een verband tussen de branden en het gebruik van een mobiele telefoon ontbrak.

Enkele wetenschappers namen niettemin de proef op de som. De Zwitser Olivier Delémont, forensisch onderzoeker aan de universiteit van Lausanne, liet in 2003 allerlei experimenten los op verschillende mobieltjes, maar zelfs met kortsluiting kreeg hij geen vonken uit de apparaten getrokken. Ook de internationale ingenieursorganisatie Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) deed onderzoek naar het onderwerp. In 2006 concludeerde de organisatie dat er een kans is van één op miljoen dat een op de grond vallend mobieltje een brand veroorzaakt.

En hoe zit het dan met ontploffende mobieltjes? Volgens Peter Notten, batterijdeskundige van de TU Eindhoven, zijn ontploffingen tijdens het bellen erg onwaarschijnlijk. Zulke explosies doen zich namelijk vooral voor tijdens het opladen.

Maar stel dat een mobieltje tóch een vonkje zou afgeven tijdens het bellen, wat zou er dan gebeuren? Waarschijnlijk niets, vertelt Philip de Goey, hoogleraar verbrandingstechnologie van de TU Eindhoven. Benzine is immers stukken minder brandbaar dan alle explosies in actiefilms doen vermoeden. 'Benzine in vloeibare vorm ontsteekt niet, het moet gasvormig zijn. Het gasmengsel moet bovendien brandstof en zuurstof bevatten in de juiste verhouding.' Bevat het gasmengsel te veel zuurstof, of te veel brandstof, dan brandt het niet. Ook als het vonkje te klein is, gebeurt er niks. De Belangenvereniging Tankstations (BETA) beseft dat het risico op brand door mobiel bellen slechts 'een theoretisch gevaar' vormt, zegt woordvoerder Tim Schoenmakers. Een belangrijker argument voor het verbod is dat mensen zich tijdens het tanken moeten kunnen concentreren. 'Ze werken immers met brandgevaarlijke stoffen.'

#### **Eindoordeel**

De kans dat je mobiele telefoon een brand veroorzaakt op een tankstation, is extreem klein.

Een vonk van een mobieltje zou een explosie bij het tanken kunnen veroorzaken.

1 Wanneer spreek je van een explosie?

Om een brand te krijgen moet aan de drie voorwaarden van de branddriehoek worden voldaan.

- 2 Wat zijn de drie voorwaarden voor een brand/explosie?
- 3 Wat is het verschil tussen een brand en een explosie?
- 4 Welke voorwaarde van de branddriehoek zou worden ingevuld door de vonk van een mobieltje? Licht je antwoord toe.

Mobieltjes die ontploffen, kunnen wel een brand veroorzaken.

- 5 Waardoor is de kans zeer gering dat ontploffende mobieltjes voor een explosie bij een benzinestation zorgen?

Philip de Goey, hoogleraar bij de TU Eindhoven, voegt in feite een vierde brandvoorwaarde toe. Hij maakt van de branddriehoek een brandvierhoek.

- 6 Welke brandvoorwaarde is dat?
- 7 Leg op microniveau uit waardoor vloeibare benzine niet brandt maar benzinedamp wel.

De Goey zegt ook: "Bevat het gasmengsel te veel zuurstof, of te veel brandstof, dan brandt het niet." Met zijn uitspraak heeft hij het over de zogenaamde explosiegrenzen. Dit zijn de laagste en hoogste concentratie van een brandbaar gas uitgedrukt in procenten van een luchtmengsel waarbij het damp-luchtmengsel door een ontsteking zou kunnen exploderen.

- 8 Hoe noem je een verbranding als er te veel brandstof is ten opzichte van de hoeveelheid zuurstof?
- 9 Leg op deeltjesniveau uit waardoor er onder de onderste explosiegrens en boven de bovenste explosiegrens geen explosie plaatsvindt.

"Ook als het vonkje te klein is, gebeurt er niks", volgens de Goey.

- 10 Leg uit waarom er dan niets gebeurt.

In het artikel staat 'De Belangenvereniging Tankstations (BETA) beseft dat het risico op brand door mobiel bellen slechts 'een theoretisch gevaar' vormt'.

- 11 Leg uit of jij bij het tanken van benzine in de toekomst je mobieltje wel of niet zult gebruiken.

*Bellen tijdens tanken kan brand veroorzaken - Klopt dit wel?*

- 1 Een explosie is een verbranding (in een afgesloten ruimte) die heel snel verloopt waardoor de energie snel vrijkomt en waardoor het volume van het ontstane gas plotseling sterk vergroot.
- 2 Brandbare stof of brandstof, zuurstof en ontbrandingstemperatuur.
- 3 Het verschil is dat bij een explosie een veel snellere reactie plaatsvindt.
- 4 De ontbrandingstemperatuur.
- 5 Mobieltjes ontploffen soms bij het opladen. Dat zul je buiten de auto tijdens het tanken niet snel doen.
- 6 De mengverhouding brandstof en zuurstof.
- 7 In de vloeistoffase zitten de moleculen van de brandstof dicht bij elkaar, er kunnen dan geen zuurstofmoleculen bij. In de vloeistof zit geen zuurstof, die bevindt zich in de lucht erboven. Bij een gas is er meer ruimte tussen de moleculen van de brandstof en kunnen deze dus met zuurstofmoleculen reageren.
- 8 Een onvolledige verbranding.
- 9 Een explosie treedt alleen op als de verhouding brandstof : zuurstof binnen de explosiegrenzen valt.  
Onder de onderste explosiegrens: er is te weinig brandstof om de energie te leveren om de verbranding voor te laten gaan.  
Boven de bovenste explosiegrens: er is te weinig lucht/zuurstof om de verbranding voort te laten gaan.
- 10 Om de verbranding te starten, moet er voldoende energie/warmte (activeringsenergie) zijn. Een klein vonkje zal de benodigde energie niet kunnen leveren.
- 11 Onderbouwd antwoord van leerling.

Artikel:

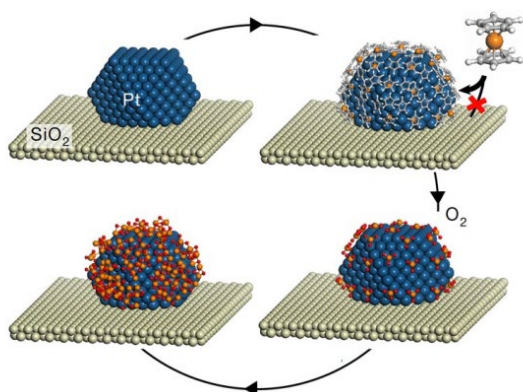
<https://www.volkskrant.nl/wetenschap/bellen-tijdens-tanken-kan-brand-veroorzaken-klopt-dit-wel-~b10e6808/>

## IJZERHYDROXIDE SPAART BRANDSTOFCEL

|                   |                                                                                            |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 5,6 v                                                                                      |
| Subdomein         | Processen en reacties                                                                      |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                                 |
| Specificaties     | Redoxreacties                                                                              |
| Trefwoorden       | Waterstof, CO, brandstofcel, katalysator, radicaal, mechanisme, ijzeroxide, ijzerhydroxide |
| Vaardigheidsvraag | Informatiebegripsvraag                                                                     |

C2w.nl, 30 januari 2019

### IJzerhydroxide spaart brandstofcel



**Met ijzerhydroxide op platina-nanodeeltjes kun je waterstof ongekend efficiënt ontdoen van koolstofmonoxide. Het werkt dertig keer beter dan het gebruikelijke platina op ijzeroxide, beloven Chinese onderzoekers in *Nature*.**

Die CO-verwijdering is nodig wanneer je met je waterstof een PEM-brandstofcel wilt voeden. Daar zitten meestal ook platinadeeltjes in als katalysator, en die worden 'vergiftigd' door CO dat zich nestelt op hun actieve plekken. 50 ppm CO in je H<sub>2</sub> is zo'n beetje het maximaal toelaatbare. Of dit een probleem is, hangt af van de productiemethode: bij elektrolyse is er weinig aan de hand maar grootschalige vergassing van koolwaterstoffen levert H<sub>2</sub> op met ongeveer 1 % CO - veel te veel dus.

De oplossing is om CO van tevoren te oxideren tot CO<sub>2</sub>, op een aparte katalysator buiten de PEM-cel. Zo'n PROX-reactie (*preferential oxidation*) moet zo selectief mogelijk werken zodat de waterstof ongemoeid blijft. En wanneer de PEM-cel in een auto zit en je de zuiveringsstap daar ook in wilt inbouwen, moet het systeem tevens bestand zijn tegen frequente 'koude starts' waarbij het niet de tijd krijgt om op te warmen.

Junling Lu en collega's van de University of Science and Technology of China (USTC) in Hefei zeggen dit voor elkaar te kunnen krijgen door platinadeeltjes, die op een inerte drager van siliciumoxide liggen, via *atomic layer deposition* (ALD) te coaten met Fe<sub>1</sub>(OH)<sub>x</sub>. Zie de afbeelding: je stelt de deeltjes afwisselend bloot aan ferroceen en aan zuurstof, bij 120 °C. Zo raakt het oppervlak langzamerhand bezaaid met losse ijzerionen, elk omringd door een paar zuurstofionen, waarbij je de mate van bedekking van het platina redelijk in de hand hebt.

Stel je deze deeltjes bloot aan  $H_2$  met vleugjes CO en  $O_2$ , dan wordt eerst een klein deel van de waterstof gebruikt om het ijzeroxide om te zetten in ijzerhydroxide. De combinatie daarvan met platina blijkt vervolgens CO en  $O_2$  100 % selectief om te zetten in  $CO_2$ . Het lukt al bij 75 graden onder nul en het gaat goed tot iets meer dan 100 graden *boven* nul - uitermate geschikt voor auto's, dus.

Wat er precies op het platina/ijzerhydroxide-oppervlak gebeurt is nog niet helemaal duidelijk. Maar berekeningen met dichtheidsfunctionaaltheorie geven wel een idee van de manier waarop het ijzer aan het platina-oppervlak moet zijn gebonden. Als dat klopt, denken de Chinezen dat er een paar mechanismes door elkaar gaan lopen: de eerste CO pikt een OH-groep in en vormt een COOH-radicaal, de plek van  $OH^-$  wordt ingenomen door  $O_2$  dat vervolgens dat radicaal dehydrogeneert tot  $CO_2$ , waarna de resterende O door een volgende CO zou moeten worden meegenomen.

*bron: Nature*

Gebruik je een brandstofcel met waterstof dan is de aanwezigheid van koolstofmono-oxide in de waterstof een probleem. Dit probleem heb je niet als waterstof via elektrolyse gevormd wordt.

- 1 Leg aan de hand van een reactievergelijking uit dat bij waterstofproductie via elektrolyse het probleem van aanwezigheid van koolstofmono-oxide niet optreedt.

Bij waterstof die gemaakt is door vergassing van koolwaterstoffen ontstaat wel een probleem. De bekende omzetting van aardgas in synthesesgas laat dat zien. Methaan reageert met stoom tot een mengsel van koolstofmono-oxide, koolstofdioxide en waterstof.

- 2 Leg uit hoe je er voor kunt zorgen dat er veel koolstofdioxide en dus weinig koolstofmono-oxide ontstaat?

Er ontstaat zo naast waterstof 1% koolstofmono-oxide.

- 3 Laat via een berekening zien dat 1% koolstofmono-oxide een veel te hoog gehalte is om in een brandstofcel te gebruiken.

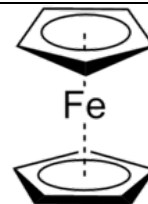
Onderzoekers hebben een methode bedacht om het CO- probleem op te lossen. Bij gebruik van de katalysator platina stellen ze het platinaoppervlak achtereenvolgens bloot aan ferroceen en aan zuurstof.

### Ferroceen

Ferroceen is een organometaalverbinding, waarbij het ijzeratoom is gecoördineerd tussen twee cyclopentadienyl-groepen:

De formule van ferroceen is  $Fe(C_5H_5)_2$ .

Het ijzerion is hierbij  $2+$  geladen dus het cyclopentadienyl is  $1-$  geladen.



- 4 Welke ionladingen kan het ijzerion hebben?
- 5 Leg uit hoe zuurstof als oxide-ion kan ontstaan.

Als nu het mengsel van waterstof en 1% koolstofmono-oxide in aanraking komt met deze katalysator, reageert eerst een klein deel van de waterstof met ijzeroxide tot ijzerhydroxide.

- 6 Leg uit dat deze reactie alleen kan plaatsvinden als het ijzerion van lading verandert.

7 Geef de reactievergelijking van deze redoxreactie.

De combinatie van platina en ijzerhydroxide zorgt ervoor dat het CO voor 100% omgezet wordt in CO<sub>2</sub>. Hierbij speelt ook zuurstof, O<sub>2</sub>, een rol.

8 Geef deze reactievergelijking.

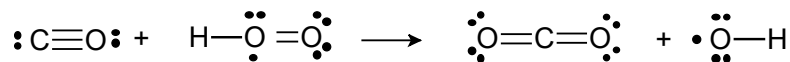
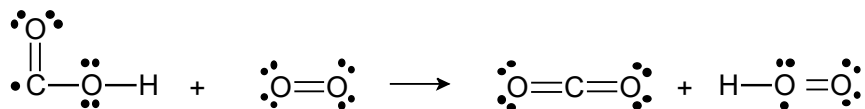
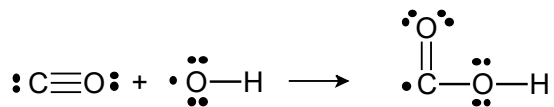
De onderzoekers hebben ook een mechanisme bedacht voor deze omzetting.

9 Geef het mechanisme dat beschreven staat in deelstappen weer. Gebruik Lewisstructuren.

10 Leg uit dat het OH-deeltje in dit mechanisme als katalysator werkzaam is.

### IJzerhydroxide spaart brandstofcel

- 1  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ . Er is geen koolstof aanwezig dus kan er ook geen CO ontstaan.
- 2 Je moet dan verhoudingsgewijs veel zuurstof in de vorm van stoom toevoegen waardoor meer zuurstof aanwezig is. Weinig stoom:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$ .  
Veel stoom:  $\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2$ .
- 3 50 ppm betekent 50 deeltjes per  $10^6$  deeltjes. 1% betekent 1 deeltje per 100 deeltjes, dus  $10^4$  deeltjes per  $10^6$  deeltjes.
- 4  $\text{Fe}^{2+}$  of  $\text{Fe}^{3+}$ .
- 5 Zuurstof kan elektronen opnemen van een ijzer(II)ion dat daardoor verandert in een ijzer(III)ion.
- 6 Het is een redoxreactie waarbij waterstof als reductor reageert.
- 7  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{OH})_2$ .
- 8  $2 \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$ .
- 9



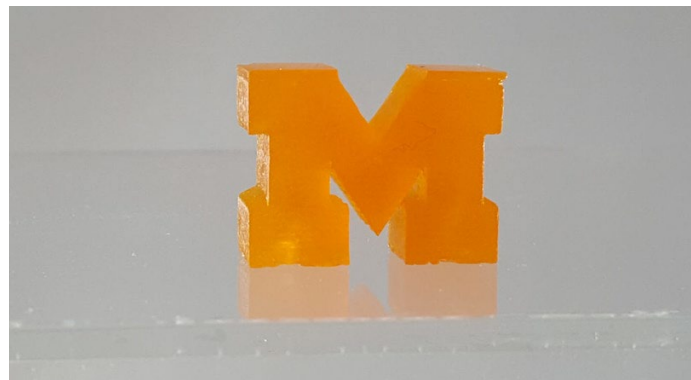
- 10 Het OH-deeltje wordt wel gebruikt maar niet verbruikt.

## VEEL SNELLER 3D PRINTEN MET LICHT

|                   |                                                                                              |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 6 v                                                                                          |
| Subdomein         | Processen en reacties; Reactiekinetiek                                                       |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                                   |
| Specificaties     | Polymeriseren,                                                                               |
| Trefwoorden       | Initiator versus inhibitor; golflengte licht, initiatie, radicalen, mesomere grensstructuren |
| Vaardigheidsvraag | Informatiebegripsvraag                                                                       |

[www.deingenieur.nl](http://www.deingenieur.nl), 14 januari 2019

## VEEL SNELLER 3D-PRINTEN MET LICHT



**Een 3D-print ontstaat in de regel laagje voor laagje. Onderzoekers aan de University of Michigan hebben een revolutionaire methode bedacht waarbij de print ogenschijnlijk in één keer ontstaat. De winst? Het gaat honderd keer sneller en het levert volgens de uitvinders een sterker product op.**

Bij de nieuwe methode worden complexe vormen in één continue beweging uit een vat vloeibare hars getild, en dus niet laagje voor laagje opgebouwd. Door de hars met uv-licht (ultraviolet) te bestralen worden precies die delen hard die hard moeten worden. In een filmpje dat de onderzoekers online zetten, is te zien hoe eenvoudig dat gaat.

Het geheim zit hem in de chemische samenstelling van de hars. Daaraan is een fotoinitiator toegevoegd die reageert op het licht en ervoor zorgt dat de hars snel uithardt. Maar daarnaast is er ook een stof toegevoegd die op een andere golflengte van het licht reageert, en die stolling juist tegengaat. Blootgesteld aan gerichte bestraling stolt de hars terwijl de vorm omhoog wordt getild zo exact in de gewenste vorm, in elk denkbaar patroon.

Volgens Mark Burns, hoogleraar chemische en biochemische technologie aan de University of Michigan, is de nieuw ontwikkelde, stereolithografische printmethode niet alleen honderd keer sneller dan de conventionele methode, maar levert dit ook sterkere producten op. De verbindingen tussen de laagjes waaruit traditionele 3D-prints worden opgebouwd, zijn vaak een zwakke plek, stelt Burns. Bovendien levert het vaak een onregelmatig oppervlak op. De producten die met de nieuwe printmethode worden gemaakt, zijn juist superglad en stevig.

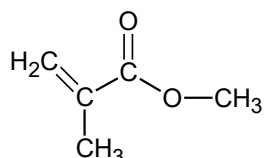
De onderzoeksgroep heeft haar bevindingen afgelopen week gepubliceerd in het blad *Science Advances*. Hoewel ze tot nu toe alleen kleine producten hebben geprint, verwachten de onderzoekers dat de methode ook goed zal werken bij grotere producten.

Ruim een jaar geleden introduceerden andere Amerikaanse ingenieurs al een methode voor het 3D-printen zonder laagjes.

Volgens het artikel zijn er twee voordelen aan het printen op deze nieuwe manier.

- 1 Noem deze twee voordelen.

De hars voor het printen wordt uit een monomeer gemaakt. Het monomeer dat vaak wordt gebruikt is methylmethacrylaat:



Structuurformule methylmethacrylaatomolecuul

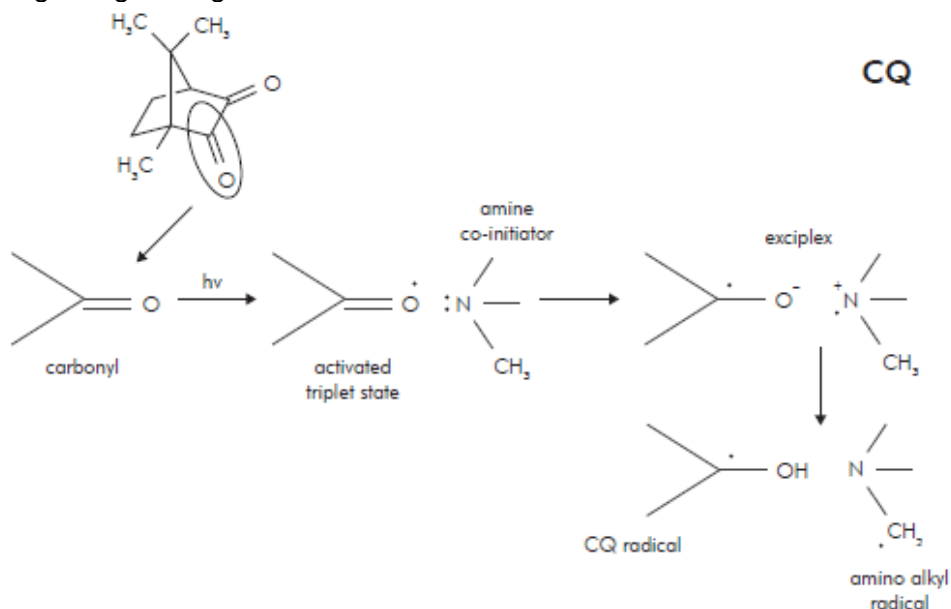
Methylmethacrylaat behoort tot twee homologe reeksen: de alkenen en de esters

- 2 Geef met behulp van een vergelijking aan hoe de ester methylmethacrylaat kan ontstaan uit een zuur en een alcohol.
- 3 Geef de systematische naam van methylmethacrylaat.

De polymerisatie van methylmethacrylaat verloopt via een radicaalmechanisme.

- 4 Teken de algemene formule van polymethylmethacrylaat.

Een foto-initiator creëert reactieve deeltjes als radicalen onder invloed van licht. De foto-initiator camphorquinone (CQ) vormt nogal langzaam radicalen. Daarom is een co-initiator toegevoegd. In figuur 1 staat het mechanisme beschreven.



Figuur 1 Mechanisme

Het omcirkelde deel in het CQ molecuul is het deel dat de initiatie van de polymerisatie opstart. Dat deel wordt in de tekening verder gebruikt.

Het deeltje waaronder activated triplet state staat is het beginradicaal.

- 5 Beredeneer waar het ongepaarde elektron vandaan komt.

Vervolgens gaan elektronen van plaats veranderen waardoor uiteindelijk radicalen worden gevormd die de polymerisatie opstarten.

- 6 Geef met kromme pijlen aan hoe de elektronen zich in beide deeltjes bewegen bij de verschillende reacties. Teken hierbij de Lewisstructuren.

Tip: Teken de belangrijke elektronenparen als aparte elektronen.

Je hebt bij het begin in de vorm van licht energie toegevoegd bij.

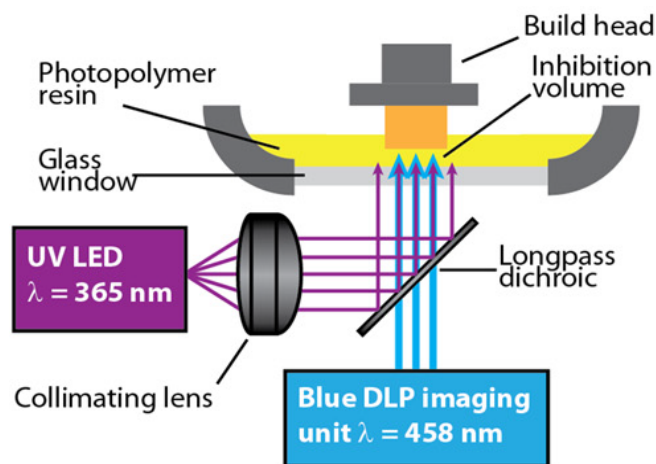
- 7 Leg uit of bij de vervolgstappen energie nodig zal zijn.

Het uiteindelijk gevormde radicaal  $R^\bullet$  reageert met het methylmethacrylaat door de dubbele  $C=C$  binding open te breken.

- 8 Teken deze reactie tussen het radicaal en een molecuul methylmethacrylaat

- 9 Leg uit of het uiteindelijk gevormde polymeer een thermoharder of een thermoplast is.

De opstelling is in figuur 2 weergegeven.



Figuur 2

Het licht wordt door de glazen plaat gestraald. Het te maken voorwerp wordt naar boven omhoog getrokken. De inhibitor vormt bij de gewenste golflengte heel snel veel radicalen die de polymerisatie stoppen door terminaties uit te voeren.

- 10 Wat is een terminatiereactie?  
11 Leg uit hoe het komt dat de polymerisatie veel langzamer gaat door de inhibitor radicalen, terwijl de initiator radicalen wel een polymerisatie geven.  
12 Leg uit wat de invloed is van de hoeveelheid inhibitor op de ketenlengte van het polymeer.  
13 Leg uit wat de invloed is van de tijdsduur van bestraling van de inhibitor op de ketenlengte.

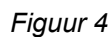
De inhibitor vormt radicalen zoals afgebeeld in figuur 3.



Deze radicalen vertonen mesomerie.

- 14 Teken twee andere grensstructuren van de hierboven afgebeelde grensstructuur van het radicaal.

In figuur 4 staan de absorptiespectra van de initiator en de inhibitor afgebeeld



De niet gestippelde lijn hoort bij CQ.

- 15 Leg uit bij waarom de initiatie plaatsvindt bij een golflengte van 465 nm en niet bij voorbeeld bij 425 nm.
- 16 Leg uit wat er gebeurt bij een golflengte van 365 nm.

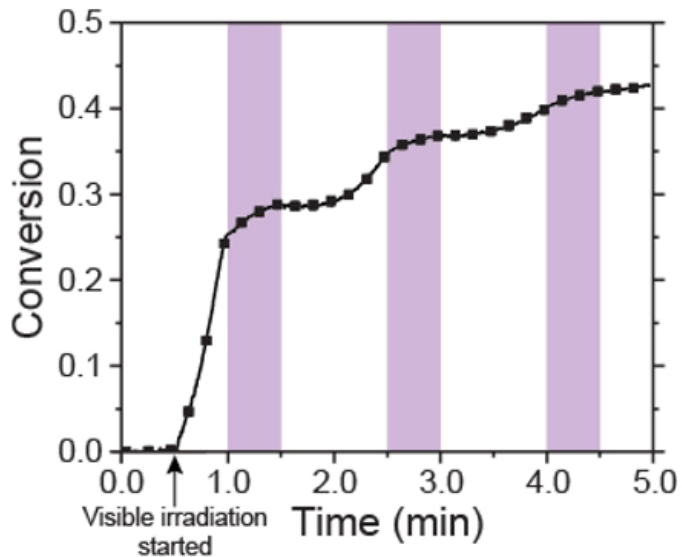
Bij licht geldt dat de energie bij een bepaalde golflengte berekend kan worden met de formule:  $E = h \cdot c / \lambda$ . Hierin is  $h$  de constante van Planck,  $c$  is de snelheid van het licht en  $\lambda$  is de golflengte.

Het vormen van radicalen kost energie.

- 17 Leg uit bij welke golflengte er meer energie nodig is om het radicaal te vormen.

De polymerisatiesnelheid hangt af van de verhouding tussen de intensiteit van de twee lichtbronnen.

In figuur 5 is de omzettingsgraad van het monomeer weergegeven tegen de tijd. De golflengte van de initiator zit in het zichtbare deel van het licht en van de inhibitor in het UV-deel van het licht.



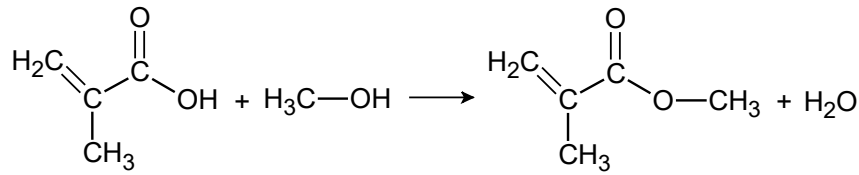
Figuur 5

- 18 Leg uit waaraan je kunt zien dat de polymerisatie een initiator nodig heeft om plaats te vinden.
- 19 Leg uit wat er gebeurt tijdens de tijden van 1,0 tot 1,5 minuut en van 2,5 tot 3,0 minuut.
- 20 Teken een diagram waarin je de omzettingsgraad uitzet tegen de tijd, wanneer met alleen een initiator wordt gewerkt.

Veel sneller 3d printen met licht

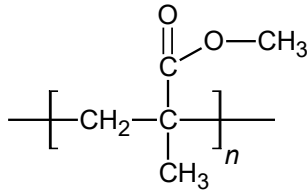
- 1 Er zijn geen zwakke plekken in het gemaakte object, het bestaat uit één stuk.  
Het oppervlak is glad.

2



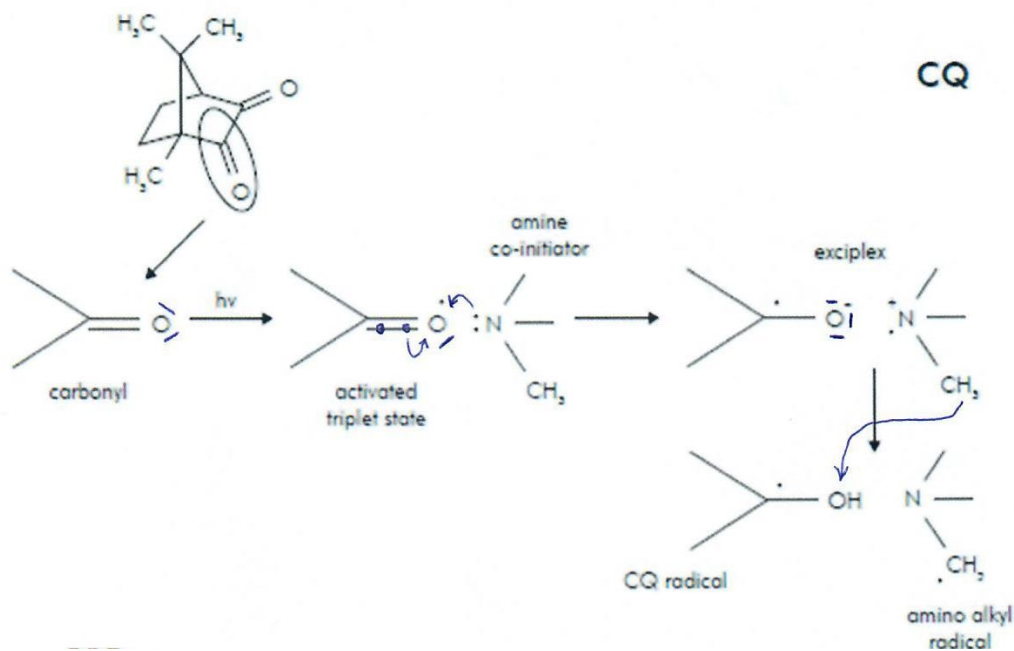
- 3 Methyl-2-methylprop-2-enoaat of de ester van methanol en 2-methylprop-2-eenzuur.

4



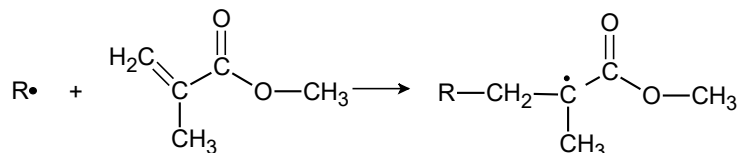
- 5 De bindingen zijn hetzelfde gebleven. Dan moet er van de vrije elektronenparen bij het O-atoom één elektron verdwenen zijn.

6



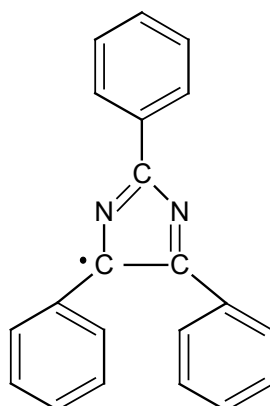
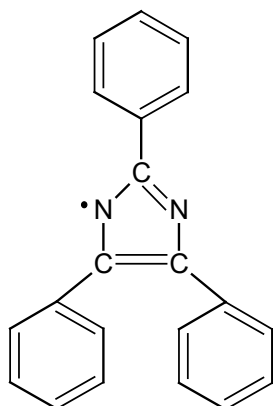
- 7 Nee, want radicalen zijn erg reactief. Het gaat om het verschuiven van elektronen.

8

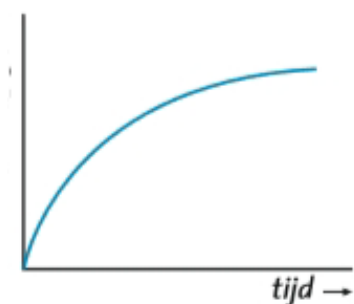


- 9 Het is een thermoplast. Het zijn ketenvormige moleculen. Vertakkingen zijn niet mogelijk.
- 10 Een terminatie is een reactie tussen twee radicalen, waardoor de kettingreactie stopt.
- 11 De inhibitor vormt heel snel heel veel radicalen, waardoor deze radicalen met bijna alle aanwezige radicalen reageren. Hierdoor blijven er helemaal geen radicalen meer over. De polymerisatie stopt bijna. Bij de initiator vormen zich veel langzamer radicalen, waardoor de radicalenketens de kans hebben om met monomeermoleculen te reageren.

- 12 Hoe meer inhibitor, hoe meer radicalen dus hoe meer terminaties, dus des te korter de gemiddelde ketenlengte.
- 13 Hoe langer bestraald, hoe meer inhibitor radicalen, dus hoe meer terminaties, dus des te korter de ketenlengte.
- 14 Er zijn vele mogelijkheden voor grensstructuren. Twee voorbeelden.



- 15 Bij 425 nm absorberen beide deeltjes, dan is het niet goed te sturen. Je wilt dat of de initiator of de inhibitor absorbeert.
- 16 Bij 365 nm absorbeert alleen de inhibitor. Dan vinden er dus veel terminatiereacties plaats en neemt de polymerisatiesnelheid af tot nul.
- 17 Bij een hogere golflengte hoort dus een kleinere energie. Dus het vormen van de inhibitorradicalen kost meer energie.
- 18 Voordat de bestraling startte was de snelheid van het polymerisatieproces nul.
- 19 Tussen 1,0 en 1,5 minuut werd er ook bestraald met een golflengte van 365 nm. Je ziet de snelheid van de polymerisatie afvlakken.
- 20



**Artikel:** <https://www.deingenieur.nl/artikel/veel-snelser-3d-printen-met-licht>

#### Literatuur

<http://advances.sciencemag.org/content/5/1/eaau8723>

<http://advances.sciencemag.org/content/suppl/2019/01/07/5.1.eaau8723.DC1>

## THERMODYNAMICA LEST DE DORST

|                   |                                                                                                   |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 5,6 v                                                                                             |
| Subdomein         | Chemie van het leven                                                                              |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                                        |
| Specificaties     | Afbraak, Voedingsstoffen                                                                          |
| Trefwoorden       | Glycolyse, melkzuur, fermentatie, aeroob, anaeroob, vergisting, energie, glucose, pyrodruivenzuur |
| Vaardigheidsvraag | Informatiebegripsvraag                                                                            |

[www.c2w.nl](http://www.c2w.nl), 8 januari 2019

### Thermodynamica lest de dorst

**Gistcellen produceren ethanol om hun metabolisme thermodynamisch onder controle te houden. En voor de lactaatproductie van kankercellen zou dat ook wel eens kunnen gelden, oppert de Groningse hoogleraar Matthias Heinemann in *Nature Metabolism*.**



Beide processen komen neer op energieverspilling. Ethanol kun je immers verder verbranden, en het glycolyseproces dat lactaat oplevert is ook niet de meest efficiënte manier om met suikers om te gaan. Dat tumoren het toch zo doen (het zogeheten Warbureffect) wordt wel toegeschreven aan zuurstofgebrek, maar keihard bewezen is dat nooit. En een houtsnijdende reden voor ethanolproductie heeft nog niemand kunnen verzinnen.

Heinemann en zijn promovendi Bastian Niebel en Simeon Leupold stellen nu dat je zulke reacties moet zien als een soort veiligheidsklep.

Ze ontwikkelden een computermodel met gegevens over 241 metabole processen (niet alleen chemische reacties, maar bijvoorbeeld ook transport van stoffen door membranen) en 156 afzonderlijke metabolieten waarvan bekend is dat ze voorkomen in zo'n gistcel. Naast de in zulke modellen gebruikelijke massabalansen namen ze voor het eerst ook alle Gibbs-energiebalansen mee.

Daar kwam uit dat in eerste instantie, geheel volgens verwachting, steeds meer Gibbs-energie vrij komt wanneer je de cel meer glucose voert. Er zit echter een maximum aan: op een gegeven moment vlakt de energiedissipatie af. En precies op datzelfde moment begint de cel ethanol te produceren in plaats dat hij de glucose helemaal afbreekt tot CO<sub>2</sub>.

De onderzoekers hebben ook zo'n model gemaakt voor de bacterie *E.coli*, die geen ethanol produceert maar wel beschikt over veel meer andere metabole opties dan een gistcel. Daar kwam hetzelfde uit: wat je de bacterie ook voert, op een gegeven moment vlakt de energiedissipatie af doordat hij overschakelt naar minder efficiënte voedselverwerking. De Groningers vermoeden dan ook dat het een mechanisme is dat in de natuur algemeen voorkomt - vandaar de suggestie om het Warbureffect ook eens vanuit deze invalshoek te bekijken.

bron: [phys.org](http://phys.org)

Cellen wekken energie op door de omzetting van suikers. Glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) kan volledig worden omgezet in koolstofdioxide en water. Er treedt echter niet altijd een volledige omzetting op, het kan ook anders. Uit glucose kunnen gistcellen ethanol ( $C_2H_6O$ ) produceren en kankercellen maken lactaat ofwel melkzuur ( $C_3H_6O_3$ ).

- 1 Geef de reactievergelijkingen van de drie processen weer met steeds glucose als beginstof. Noteer je antwoord als volgt:  
Volledige omzetting: .....  
Productie ethanol: .....  
Productie melkzuur: .....
- 2 Welk(e) van die drie reacties komt/komen neer op energieverspilling?

## Glycolyse

**Glycolyse** is een proces waarbij glucose, met behulp van enzymen, in de cellen van een organisme in tien stappen wordt afgebroken tot pyrodruivenzuur. Vier van de tien stappen zijn onomkeerbaar. Eén glucosemolecuul levert twee moleculen pyrodruivenzuur.

**Pyrodruivenzuur** is een organische verbinding met als brutoformule  $C_3H_4O_3$ . Pyrodruivenzuur kan verder verbrand (geoxideerd) worden in de citroenzuurcyclus of anaeroob omgezet worden in melkzuur of zoals bij veel gisten in ethanol en koolstofdioxide ( $CO_2$ ).

*Bron: Wikipedia*

Er wordt in de bovenstaande bron een viertal reacties besproken. Zie ook Binas tabel 68B en 68C.

- 3 Geef de reactievergelijking van het glycolyseproces.

Pyrodruivenzuur, zie Binas tabel 68B, kan aeroob omgezet worden in water en koolstofdioxide. Anaeroob in melkzuur of in ethanol en koolstofdioxide.

- 4 Wat wordt bedoeld met aeroob en anaeroob?
- 5 Geef de aerobe en anaerobe omzettingen van pyrodruivenzuur in reactievergelijkingen weer.

## Energiedissipatie

Onder **energiedissipatie** wordt verstaan de onvermijdelijke onomkeerbare processen die in de meeste realistische systemen optreden en die resulteren in een verlies van "nuttige" energie.

*Bron: Wikipedia*

- 6 Leg uit dat bij de glycolyse en de fermentatie van glucose energiedissipatie optreedt.
- 7 Leg uit of een tekort van zuurstof tot energiedissipatie kan leiden.

In je spieren kan bij zware belasting ook een tekort aan zuurstof optreden waarbij glucose omgezet wordt in melkzuur (verzuring van de spieren). In vraag 1 heb je de reactievergelijking van de verzuring opgesteld.

- 8 Bereken aan de hand van de verbrandingswarmten van glucose en melkzuur de reactie-energie van de verzuringsreactie.

De fermentatie van glucose is een exotherme reactie met  $\Delta E = -0,98 \cdot 10^5 \text{ J}$ .

9 Laat via een berekening zien wat hieruit volgt voor de vormingswarmte van glucose.

“*Thermodynamica lest de dorst*” is de titel van het artikel. Thermodynamica zegt ondermeer iets over energie en dus over het temperatuurverloop bij een reactie. Een cel beschermt zichzelf door zijn metabolisme aan te passen. De onderzoekers noemen het een veiligheidsklep.

10 Leg uit dat een cel zichzelf beschermt als het door toevoeging van steeds meer glucose overstapt naar een ander reactietype.

### *Thermodynamica lest de dorst*

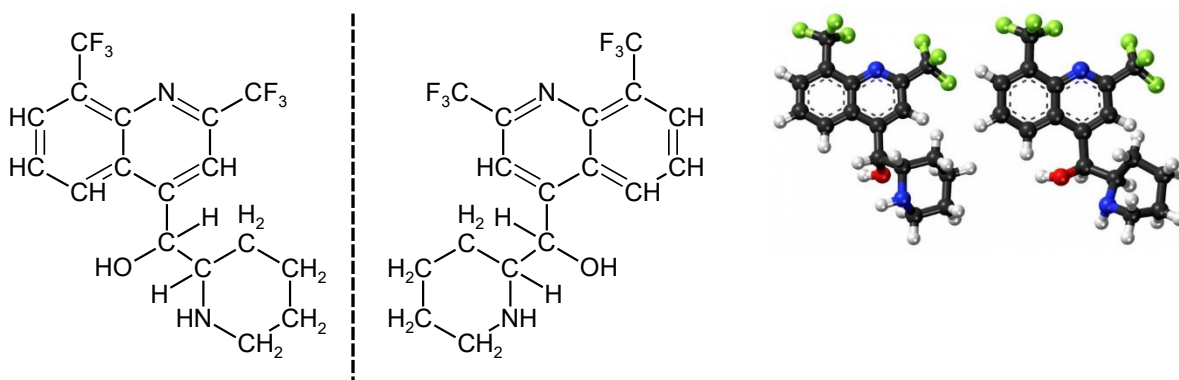
- 1 Volledige verbranding:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ .  
Vorming melkzuur:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$   
Fermentatie:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2 \text{CO}_2$ .
- 2 De glycolyse en de fermentatiereactie.
- 3  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2 \text{H}_2$ .
- 4 Aeroob: het zijn reacties met zuurstof als een van de beginstoffen. Anaeroob: het zijn reacties zonder dat er zuurstof bij betrokken is.
- 5 Aeroob:  $2 \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ .  
Anaeroob in melkzuur:  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ . Of anaeroob in ethanol en koolstofdioxide:  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + \text{CO}_2$ .
- 6 Er komt minder energie vrij omdat de gevormde producten nog verder verbrand kunnen worden (tot  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ ).
- 7 Ja, want er als er een tekort aan zuurstof optreedt, kan geen volledige verbranding tot koolstofdioxide en water plaatsvinden.
- 8  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ .  
Je kunt de reactie lezen als de verbrandingsreactie van glucose + tweemaal de omgekeerde verbrandingsreactie van melkzuur (Binas tabel 56):  
 $\Delta E = -28,16 \cdot 10^5 + 2 \times +13,64 \cdot 10^5 = -0,88 \cdot 10^5 \text{ J}$ .
- 9 De fermentatiereactie  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2 \text{CO}_2$  levert op:  
 $\Delta E = -0,98 \cdot 10^5 = E_{\text{ontledingswarmte glucose}} + 2 \times -2,78 \cdot 10^5 + 2 \times -3,935 \cdot 10^5 \text{ J}$ .  
Dus  $E_{\text{ontledingswarmte glucose}} = +12,45 \cdot 10^5 \text{ J}$  en dan  $E_{\text{vormingswarmte glucose}} = -12,45 \cdot 10^5 \text{ J}$ .
- 10 Als de cel de toegevoerde glucose steeds volledig zou verbranden dan zou de temperatuur zo hoog kunnen worden dat de cel hierdoor sterft. Door over te stappen op bijvoorbeeld fermentatie van glucose komt veel minder energie vrij en zal dus de temperatuur niet zo sterk meer stijgen en blijft dus de cel in leven.

## SPIEGELTRUC LAAT BIJWERKINGEN VERDWIJNEN

|                   |                                                                                                              |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 5,6 v                                                                                                        |
| Subdomein         | Bindingen, structuren en eigenschappen                                                                       |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                                                   |
| Specificaties     | Stereo-isomerie                                                                                              |
| Trefwoorden       | Mefloquine, spiegelbeeldisomeren, racemisch mengsel, draaiing gepolariseerd licht, R- en S-, Viedma-ripening |
| Vaardigheidsvraag | Informatiebegripsvraag                                                                                       |

[www.c2w.nl](http://www.c2w.nl), 12 december 2018

### Spiegeltruc laat bijwerkingen verdwijnen



Nijmeegse chemici hebben een simpele manier bedacht om het werkzame spiegelbeeld van mefloquine in zuivere vorm in handen te krijgen. Zo kun je de bijwerkingen van dit middel tegen malaria fors verminderen, claimen ze in *Angewandte Chemie*.

Het mefloquinemolecuul bevat twee stereocentra, bij de koolstofatomen 11 en 12. Er zijn dus vier stereo-isomeren mogelijk. Wat onder de merknaam Lariam wordt verkocht is een 'racemisch' mengsel (dus 1:1) van de twee varianten die werken tegen malaria: (+)-(11*S*, 12*R*) en (–)-(11*R*, 12*S*). Die eerste is het meest effectief terwijl de tweede de meeste bijwerkingen zoals slapeloosheid en depressies veroorzaakt, vanwege een verhoogde affiniteit voor adenosinereceptoren in de hersenen.

Probleem is alleen dat de huidige productieprocessen altijd zo'n mengsel opleveren. En dat er wel mogelijkheden zijn om de spiegelbeelden ('enantiomeren') te scheiden, maar dat je dan minstens de helft van je mefloquine moet weggooien wegens fout gespiegeld. De rest wordt zo te duur om nog tegen alternatieve malariamedicijnen op te concurreren.

De uitdaging is dus tweeledig: het mengsel scheiden én de foute helft spiegelen.

In principe kun je dit allebei tegelijk voor elkaar krijgen met '*Viedma ripening*', een proces waar Elias Vlieg en collega's al een aantal jaren aan werken. Dit werkt alleen wanneer de enantiomeren elk hun eigen, pure kristallen vormen. Door heftig te roeren laat je die kristallen een klein beetje oplossen in een oplosmiddel, waarin de spiegelbeelden in elkaar kunnen overgaan. Grotere kristallen groeien in de praktijk sneller dan kleine. Dus als een van beide kristalvormen in het begin een klein beetje in de meerderheid is, hou je aan het eind alleen die over.

Helaas belanden bij mefloquine (net als bij naar schatting 95 % van alle moleculen) beide enantiomeren door elkaar in het zelfde kristal. Bovendien is het spiegelen in het oplosmiddel een uitdaging omdat je dan al snel ook de overige twee stereo-isomeren weer terugkrijgt.

Vandaar dat promovendus Ton Engwerda probeerde om mefloquine chemisch subtiel te wijzigen, zodat het ene stereocentrum tijdelijk geen stereocentrum meer was en de twee enantiomeren, die het andere stereocentrum genereerde, wél afzonderlijk uitkristalliseerden. Na heel veel proberen lukte dat, in drie reactiestappen.

De resulterende kristallen losten echter te gemakkelijk op om Viedma ripening goed te laten werken. Dus bedachten ze in Nijmegen een aangepaste procedure met twee bekeerglazen in plaats van één. Het ene glas bevat het mengsel van spiegelbeeldkristallen, het andere alleen een paar kleine kristalletjes van het gewenste enantiomeer, als kiem. Tussen beide glazen pomp je het opgeloste mefloquinederivaat heen en weer, zodat die kiemen kunnen groeien.

De oogst uit dat tweede glas zet je chemisch weer om in mefloquine, dat dan voor 94 % uit het gewenste (+)-(11*S*, 12*R*)-enantiomeer blijkt te bestaan. . De foute kristallen die achterblijven in het eerste glas, laat je helemaal oplossen door het oplosmiddel te verwarmen. Dat levert opnieuw een 1:1-mengsel van beide enantiomeren op. Dat laat je weer uitkristalliseren en je begint opnieuw.

Het heeft Engwerda anderhalf jaar puzzelen gekost maar het bewijs is geleverd dat deze aanpak werkt. De auteurs hopen dat ze toepasbaar is bij een hele reeks andere geneesmiddelen die nu nog noodgedwongen worden geleverd als mengvorm.

*bron: Radboud Universiteit, Angewandte Chemie*

De stof mefloquine is werkzaam tegen malaria. Het mefloquinemolecuul bevat twee stereocentra, staat in het artikel.

- 1 Neem de structuur van het mefloquinemolecuul over en geef met \* de twee stereocentra aan.
- 2 Geef aan welke van de vier stereo-isomeren werkzaam zijn als medicijn tegen malaria.
- 3 Wat is het nadeel van één van de twee stereo-isomeren die als werkzaam molecuul tegen malaria toegepast wordt?
- 4 Hoeveel procent wordt er van de werkzame stof zonder bijwerkingen gevormd? Licht je antwoord toe.

Er wordt gesproken over een racemisch mengsel. Zo'n mengsel is moeilijk te scheiden.

- 5 Leg uit wanneer je een racemisch mengsel hebt.
- 6 Leg uit waarom scheiding van een racemisch mengsel zo moeilijk is.

Bij de productie van het medicijn zonder bijwerkingen is het nodig om het mengsel te scheiden én de foute helft te spiegelen. Je kunt beide bereiken door de zogenoemde Viedma ripening.

- 7 Beschrijf het proces van Viedma ripening.
- 8 Leg uit waardoor Viedma ripening niet lukt bij mefloquine.
- 9 Leg uit hoe promovendus Ton Engwerda dit probleem heeft weten op te lossen.

Om een van de stereocentra te laten verdwijnen werd een chemische omzetting uitgevoerd. Die chemische omzetting was de vorming van een ketogroep,  $\text{-C=O}$ .

10 Leg uit dat hierdoor één van de twee stereocentra verdwijnt.

**(+) en (–)**

De aanduiding (+) betekent dat de stof een rechtsdraaiende invloed op gepolariseerd licht heeft. De aanduiding (–) betekent dat de stof een linksdraaiende invloed heeft.

**R en S**

De aanduidingen R- en S- zijn gebaseerd op de [prioriteitsregels van Cahn, Ingold en Prelog](#). De letters zijn afkortingen van de Latijnse woorden *Rectus* (rechts) en *Sinister* (links).

Om vast te stellen of een enantiomeer R- of S- is, wordt aan elke groep die aan het asymmetrisch atoom verbonden is een prioriteit toegekend. Deze prioriteit is gebaseerd op het [atoomnummer](#) (eigenlijk [atoommassa](#), maar dat verschil is alleen bij [isotoopgelabelde](#) verbindingen belangrijk) van de atomen die aan het asymmetrisch atoom verbonden zijn. Als er meerdere gelijke atomen zijn, worden de atomen verderop in de functionele groep bepalend.

Vervolgens wordt in gedachten de groep met de laagste prioriteit naar achteren gedraaid, en een rondje gemaakt langs de overige groepen van hoge naar lage prioriteit. Als dit rondje rechtsom gaat, is de stof R, anders is de stof S.

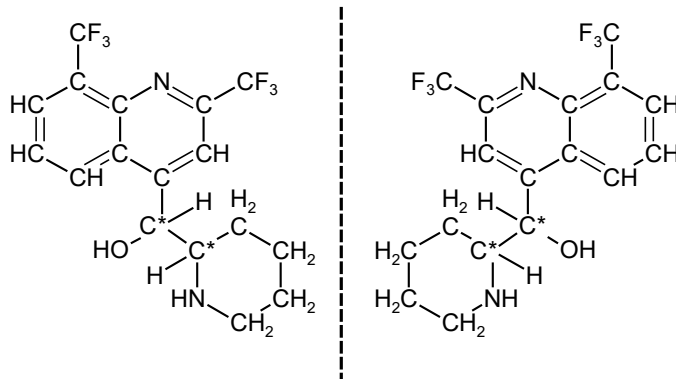
*Bron: Wikipedia*

Er zijn verschillende manieren om stereo-isomerie aan te geven in de naam. Het kan aangegeven worden als een experimentele waarde, maar ook als een afspraak van prioriteit van de vier groepen aan het asymmetrisch atoom.

- 11 Leg uit of de aanduiding R- in de naam altijd overeenkomt met (+) (en dus dat S- in de naam altijd overeenkomt met (–)).
- 12 Geef de vier stereo-isomeren van mefloquine met R en S aan.
- 13 Leg uit of je van de twee niet-werkzame stoffen kunt aangeven of het (+) of (–) is.
- 14 Leg uit of (+) en (–) een beschrijving op microniveau of op macroniveau is.
- 15 Leg uit of de aanduidingen R- en S- in de naam een beschrijving op microniveau of macroniveau is.

*Spiegeltruc laat bijwerkingen verdwijnen*

1



- 2 De twee spiegelbeeldisomeren (+)-(11*S*, 12*R*) en (-)-(11*R*, 12*S*).
- 3 Het levert bijwerkingen op zoals slapeloosheid en depressies.
- 4 Bij de productie is er geen voorkeur voor een van de vier stereo-isomeren dus zal er van elk 25% gevormd worden.
- 5 Je hebt een racemisch mengsel als je mengsel van elk van de twee spiegelbeeldisomeren 50% bevat.
- 6 Spiegelbeeldisomeren hebben dezelfde fysische eigenschappen dus is een scheiding heel lastig.
- 7 Dit werkt alleen wanneer de enantiomeren elk hun eigen, pure kristallen vormen. Door heftig te roeren laat je die kristallen een klein beetje oplossen in een oplosmiddel, waarin de spiegelbeelden in elkaar kunnen overgaan. Grotere kristallen groeien in de praktijk sneller dan kleine. Dus als een van beide kristalvormen in het begin een klein beetje in de meerderheid is, hou je aan het eind alleen die over.
- 8 Helaas belanden bij mefloquine beide enantiomeren door elkaar in het zelfde kristal.
- 9 Promovendus Ton Engwerda probeerde om mefloquine chemisch subtiel te wijzigen, zodat het ene stereocentrum tijdelijk geen stereocentrum meer was en de twee enantiomeren, die het andere stereocentrum genereerde, wél afzonderlijk uitkristalliseerden. Na heel veel proberen lukte dat, in drie reactiestappen.
- 10 Hierdoor bevat het C-atoom geen vier verschillende groepen meer.
- 11 Nee, de (+) en (-) zijn experimentele waardes terwijl de aanduiding R- en S-theoretische afspraken zijn over de prioriteit van de vier groepen aan het asymmetrische atoom.
- 12 (11*S*, 12*R*)-mefloquine; (11*R*, 12*S*)-mefloquine; (11*S*, 12*S*)-mefloquine; (11*R*, 12*R*)-mefloquine.
- 13 Nee, je weet niet wat de grootte van de draaiingshoek is van elk van de twee stereocentra op de totale draaiingshoek van gepolariseerd licht.
- 14 Het geeft een stofeigenschap aan, dus macroniveau.
- 15 Het geeft de prioriteit van de vier groepen aan het asymmetrische atoom in het molecuul aan, dus microniveau.

## HOE KAN ZOUT SNEEUW OP DE WEG SMELTEN?

|                   |                                                                                  |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 4 hv                                                                             |
| Subdomein         | Evenwichten                                                                      |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                       |
| Specificaties     | Evenwichtsvoorwaarde                                                             |
| Trefwoorden       | Zout, sneeuw, smelten, oplosbaarheid zout, polair, smeltpunt, ligging evenwicht, |
| Vaardigheidsvraag | Informatiebegripsvraag                                                           |

[www.wibnet.nl](http://www.wibnet.nl), 22 januari 2019

### Hoe kan zout sneeuw op de weg smelten?

**Spiegelgladde wegen zijn levensgevaarlijk. Maar met een simpele chemische verbinding kunnen de wegen ijsvrij blijven. Wij leggen uit hoe zout het ijs laat smelten.**

Zout verlaagt het vriespunt van water doordat het de watermoleculen bemoeilijkt om samen ijskristallen te vormen. Zout is een chemische verbinding van natrium en chloor.

Als zout in contact komt met water of ijs, worden de zoutkristallen opgelost en komen er positieve natriumionen en negatieve chloorionen vrij. Deze ionen mengen zich met de watermoleculen en zorgen ervoor dat die niet zo dicht bij elkaar kunnen komen dat er ijskristallen ontstaan, al ligt de temperatuur onder het vriespunt.

#### Zout verstoort evenwicht tussen ijs en water

In een mengsel van ijs en water rond het vriespunt heerst er een balans: er komen telkens nieuwe watermoleculen in contact met het ijs. Dan worden ze ingekapseld in de ijskristallen, waardoor die aangroeien. Tegelijk zijn er ook watermoleculen die de ijskristallen verlaten. In een evenwichtssituatie komen er evenveel watermoleculen bij de ijskristallen als er vertrekken.

Wanneer er zout wordt toegevoegd, worden de natrium- en chloorionen niet zonder meer opgenomen in de ijskristallen, maar verdelen ze zich over het omliggende water, waar ze de watermoleculen verdringen. Dat betekent dat er iets minder watermoleculen beschikbaar zijn om opgenomen te worden in de ijskristallen, terwijl het aantal moleculen dat de kristallen verlaat ongewijzigd blijft. Het gevolg is dat de ijskristallen meer water verliezen dan ze erbij krijgen en dat het ijs smelt.

Als we over “zout” spreken, bedoelen we meestal keukenzout. In het artikel beschrijft men zout als een chemische verbinding van natrium en chloor.

- 1 Geef de formule van de verbinding tussen natrium en chloor.
- 2 Geef de reactievergelijking voor het oplossen van deze stof in water.
- 3 Teken een natrium-ion omgeven door watermoleculen. Gebruik voor de watermoleculen ruimtelijke structuurformules.
- 4 Geef de naam van de binding tussen een natrium-ion en een watermolecuul.

In het artikel staat dat er een balans is tussen de watermoleculen en het ijs.

5 Geef dit evenwicht in een vergelijking weer.

In de beschrijving 'In het artikel staat dat er een balans is tussen watermoleculen en ijs' lopen micro en macro door elkaar.

6 Schrijf deze zin zodanig op, dat deze balans duidelijker wordt weergegeven. Gebruik één zin met micro begrippen en één zin met macrobegrippen.

Door de aanwezigheid van de natrium- en chloride-ionen wordt de balans tussen ijs en water verstoord.

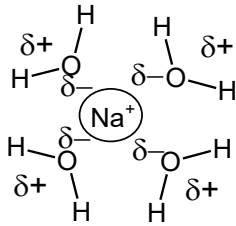
7 Leg uit welke reactie slechter kan verlopen.

8 Leg met behulp van de evenwichtsconstante water/ijs uit wat het effect op deze balans is van de aanwezigheid van deze ionen.

9 Leg uit welk effect de aanwezigheid van de ionen op het vriespunt van water heeft.

Hoe kan zout sneeuw op de weg smelten?

- 1  $\text{NaCl(s)}$
- 2  $\text{NaCl(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
- 3



- 4 Ion-dipoolbindingen
- 5  $\text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O(s)}$
- 6 Er heerst evenwicht tussen ijs en vloeibaar water. Er verlaten net zoveel watermoleculen het ijs als dat er bijkomen.
- 7 Er kunnen minder watermoleculen terecht komen in het ijs, omdat dit gestoord wordt door de ionen in het water.
- 8  $K = [\text{H}_2\text{O(l)}]$  Doordat er ionen in het water zitten, wordt  $[\text{H}_2\text{O(l)}]$  kleiner.  $K$  blijft bij gelijke temperatuur gelijk, dus moet  $[\text{H}_2\text{O(l)}]$  groter worden. Het gevolg is dat er meer ijs gaat smelten, waardoor de ionenconcentraties afnemen en  $[\text{H}_2\text{O(l)}]$  toeneemt.
- 9 Er smelt dus meer ijs op dan er aan ijs ontstaat. Dit betekent dat de temperatuur lager moet zijn om ijs te houden. Het smeltpunt/vriespunt is gedaald.

Artikel: <https://wibnet.nl/natuurkunde/natuurkundige-verschijnselen/hoe-kan-zout-sneeuw-op-de-weg-smelten>

## MIJN DROOM IS EEN GOEDE GEL VOOR ELKE CEL

|                   |                                                                              |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 5 hv, 6 v                                                                    |
| Subdomein         | Chemie van het leven                                                         |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                   |
| Specificaties     | Cel                                                                          |
| Trefwoorden       | Gel, cel, stamcel, H-bruggen, dipool, vanderwaalsbinding, squaramidemolecuul |
| Vaardigheidsvraag | Informatieselectievraag                                                      |

[NRC.nl](http://NRC.nl), 4 januari 2019

### ‘Mijn droom is een goede gel voor elke cel’

Scheikundige Roxanne KIELTYKA creëert een gel waarin levende cellen zich zó thuis voelen dat ze er weefsels in kan kweken.

Door Gemma Venhuizen



Wie het woord ‘squaramide’ opzoekt op Wikipedia, ziet een soort buitenaards wezen opgebouwd uit atomen. Twee ronde ogen op steeltjes (dat zijn de zuurstofatomen), een vierkant hoofd (opgebouwd uit vier koolstofatomen), een lijfje van stikstofatomen met armen en benen van waterstofatomen. Althans: dat ziet iemand zónder scheikundige achtergrond. Voor chemicus Roxanne KIELTYKA (38), universitair docent aan de Universiteit Leiden, zijn squaramides iets heel anders: onmisbare bouwblokken. Met de synthetische moleculen creëert ze in haar vakgroep een gel die lijkt op de ‘extracellulaire matrix’, het micromilieu dat onze lichaamscellen omhult. In die gel kan ze vervolgens levende cellen laten groeien, om daarmee uiteindelijk weefsels te kweken die kunnen worden gebruikt voor bijvoorbeeld onderzoek naar ziektes en medicijnen.

De jury prees de wijze waarop ze de ontwikkeling van nieuwe materialen combineert met biomedische toepassingen. „De ene dag ben ik in gesprek met onderzoekers van het Leids Universitair Medisch Centrum”, zegt KIELTYKA terwijl we door het Gorlaeus-laboratorium van de Universiteit Leiden lopen. „De andere dag sta ik hier in het laboratorium bij de zuurkast, waarin we met gevaarlijke stoffen kunnen werken, en bij dit ultrasone bad.” Ze wijst op een bassin waar net een forse badeend in zou passen.

#### Wat heeft een minibadkuip met vierkante moleculen te maken?

„In ons onderzoek hebben we als basisbouwsteen drie squaramides via koolstofatomen aan een centraal stikstofatoom gekoppeld, waardoor een soort schijf ontstaat. Die schijf is ook weer aan andere moleculen gekoppeld. Elke squaramide hebben we bijvoorbeeld voorzien van een lange ‘staart’ van acht of tien koolstofatomen. In water grijpen die staarten in elkaar, waardoor een proces ontstaat dat zelf-assemblage heet. Daarbij vormen de squaramideschijven uit zichzelf ketens en uiteindelijk zelfs een driedimensionaal netwerk. Dat netwerk is in staat water op te nemen doordat een deel van het molecuul waterminnend is, en op die manier vormt het een gel.

„Het interessante is dat die squaramideschijven dat stevige netwerk vormen onder invloed van sonificatie, dus door geluidstrillingen. Bij die sonificatie vullen we dit ultrasone bad met water en voegen er squaramideschijven aan toe. Als we er vervolgens geluid doorheen sturen, rangschikken de moleculen zich tot ketens en netwerken, zodat er vanzelf een gel ontstaat.”

**Waarin lijkt deze gel op de leefomgeving van onze eigen cellen?**

„De extracellulaire matrix rond onze cellen, de ECM, bestaat voor een groot deel uit water met lange vezelachtige eiwitten, zoals collageen. Die bootsen we na met de squaramideketens, en we voegen ook kunstmatige peptides toe aan de gel, vergelijkbaar met peptides in de ECM. Die kunnen de ontwikkeling van stamcellen aansturen en beïnvloeden welk celtypen eruit ontstaan. Hartspiercellen bijvoorbeeld. De gel heeft een zelfherstellend vermogen: als er beschadigingen ontstaan, bijvoorbeeld doordat wij er met een pipet in hebben geprikt om er cellen in te ‘zaaien’, dan repareert hij zichzelf weer. Onze gel moet net als de ECM een veilige omgeving aan cellen bieden. We kweken er nu met succes stamcellen in.”

**Waarin verschilt jullie methode van ‘gewone’ weefselkweek in het lab?**

„Bij die normale methode is het lastig om uit de stamcellen gedifferentieerde, volwassen functionerende cellen te verkrijgen – om echt levend weefsel te maken, kortom, dat je kunt gebruiken voor het modelleren van ziekten, voor het testen van medicijnen en celtherapie, waarbij je cellen injecteert in je patiënt. Wij willen de ECM zo nabootsen dat de stamcellen zich thuis voelen en die differentiatie en volgroeiing wel zullen plaatsvinden. We hebben bewezen dat stamcellen in onze gel blijven leven, en dat ze hun capaciteit om te differentiëren behouden. Nu willen we verder onderzoeken hoe we de gel zo kunnen optimaliseren dat de cellen ook uitgroeien tot volwassen cellen. We weten al dat de lengte van de koolstofstaarten aan de squaramiden heel nauw luistert. Zijn die te lang, dan lossen de moleculen niet meer op; zijn ze te kort, dan is het geheel te waterig en ontstaat er evenmin een gel.”

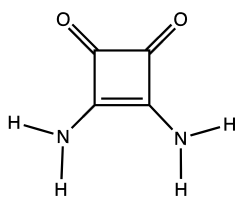
**Zoals bij haverhoutpap? Te weinig vlokken en het blijft vloeibaar, te veel en je lepel blijft rechtop staan...**

„Precies. Denk aan het sprookje van Goudlokje en de Drie Beren, daar moesten de omstandigheden ook precies goed zijn. Het optimale aantal koolstofatomen in elke staart blijkt 8 of 10 te zijn. Mijn droom is om een collectie van gels op te bouwen, elk geschikt voor een heel eigen celtype. Niet alleen voor regeneratieve geneeskunde, maar bijvoorbeeld ook om ziektes te simuleren of om de werking van medicijnen en gifstoffen in een gecontroleerde, levensechte setting te kunnen onderzoeken. Zo’n gel is dan een model van de natuurlijke leefomgeving van de cel.”

De droom van scheikundige Roxanne Kieltyka is “een goede gel voor elke cel”.

- 1 Om welke cellen gaat het haar hierbij vooral?
- 2 Wat is het voordeel van de gel die ze met haar onderzoeksgroep ontwikkeld heeft?

Onderzoekster Kieltyka gaat bij het maken van de gel uit van squaramidemoleculen. In het artikel staat de omschrijving van een squaramidemolecuul zoals iemand zonder scheikundige achtergrond het zou beschrijven. In figuur 1 staat de structuurformule van een squaramidemolecuul.

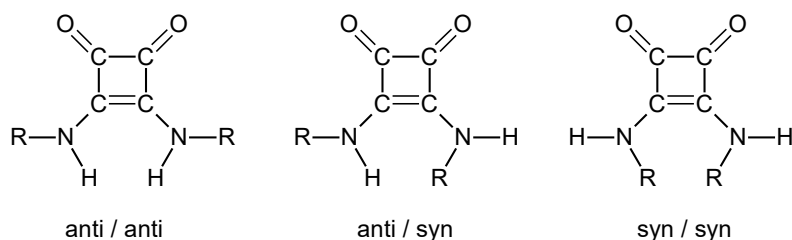


*Figuur 1 Structuurformule squaramidemolecuul*

Personen met een scheikundige achtergrond zullen de onderdelen van het squaramidemolecuul anders benoemen.

- 3 Neem de structuurformule over. Geef hierin de kenmerkende onderdelen/karakteristieke groepen aan en benoem ze.
- 4 Leg uit dat, behalve de waterstof atomen, de atomen van het squaramidemolecuul in één vlak liggen.

In een squaramidemolecuul kun je bij elke  $\text{NH}_2$  groep één waterstofatoom vervangen door een keten R. Er zijn dan drie ruimtelijke structuren mogelijk.



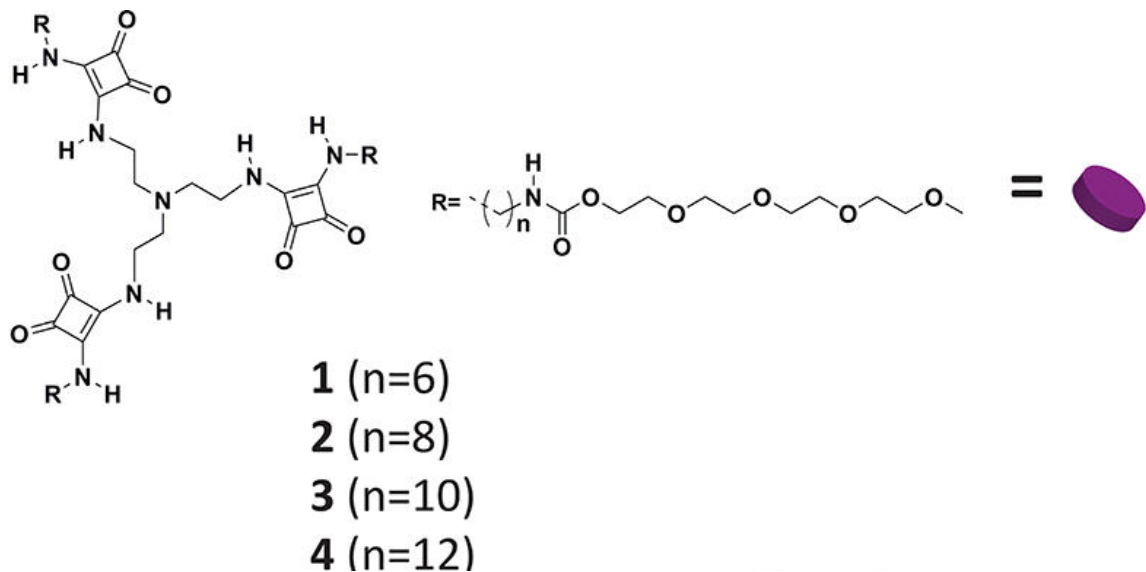
*Figuur 2*

- 5 Leg uit waardoor de structuurformule *syn/syn* minder makkelijk zal optreden als R een grotere groep is.
- 6 Leg uit waardoor de structuurformule *anti/syn* minder geschikt is voor zelfassemblage als de R-groep in de buurt van het N-atoom aan de ring een -OH-groep, een C=O of een NH-groep bevat.

### *Squaramideschijf*

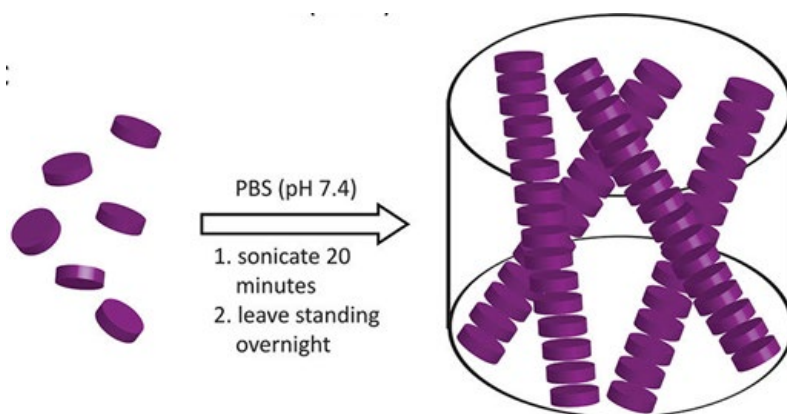
Het squaramidemolecuul kan een onderdeel zijn van een veel grotere groep: de squaramideschijf.

In het artikel staat omschreven hoe de squaramideschijf is opgebouwd. In figuur 3 staan de structuurformules van de verschillende onderdelen ervan weergegeven.



Figuur 3 Onderdelen squaramideschijf. Bron: Tong, 2018

De schijven met de “squaramide”moleculen stapelen zich vervolgens (figuur 4)



Figuur 4 Zelfassemblage Bron: Tong, 2018

Door sonificatie/geluidstrillingen vormen zich de ketens.

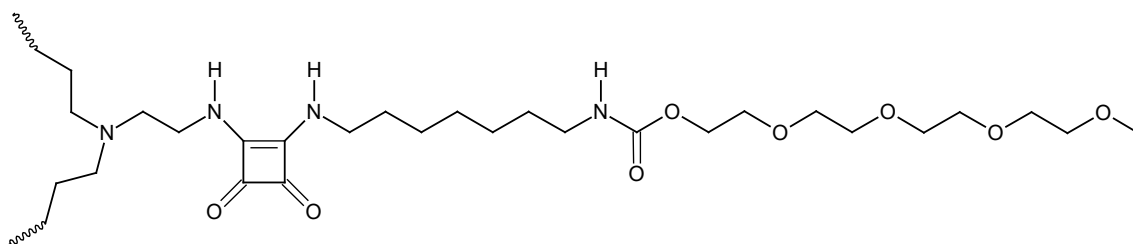
7 Waardoor zullen die trillingen zorgen dat de ketens gevormd kunnen worden?

#### Zelf-assemblage

Door zelf-assemblage stapelen de schijven op elkaar en vormen zo ‘ketens’. De zelf-assemblage is gebaseerd op bindingen die optreden tussen de schijven.

- 8 Leg uit welke binding(en) tussen de staarten R (zie figuur 3) van naast elkaar liggende schijven optreedt/optreden.
- 9 Leg uit welke binding(en) tussen het centrale deel (met de squaramidemoleculen, zie figuur 3) van naast elkaar liggende schijven optreedt.

In figuur 5 staat de structuurformule van één staart in de schijf afgebeeld



Figuur 5 Structuurformule staart

- 10 Geef in de bijlage van vraag 10 de bindingen aan die optreden tussen staarten in naast elkaar gelegen schijven. Je zult hiervoor de staart uit de naastliggende schijf zelf moeten tekenen.

#### Gel

“De gel heeft een zelf herstellend vermogen”.

- 11 Leg uit waardoor de gel een zelf herstellend vermogen heeft.

In het artikel vertelt Kieltyka dat er zelfs een driedimensionaal netwerk ontstaat dat in staat is water op te nemen doordat een deel van het molecuul waterminnend is, en het op die manier een gel vormt. De staarten (R, zie figuur 3) zijn het waterminnende deel.

- 12 Geef in een tekening weer hoe watermoleculen kunnen binden aan de staart. Gebruik hiervoor de bijlage van vraag 12. Teken minimaal drie watermoleculen.

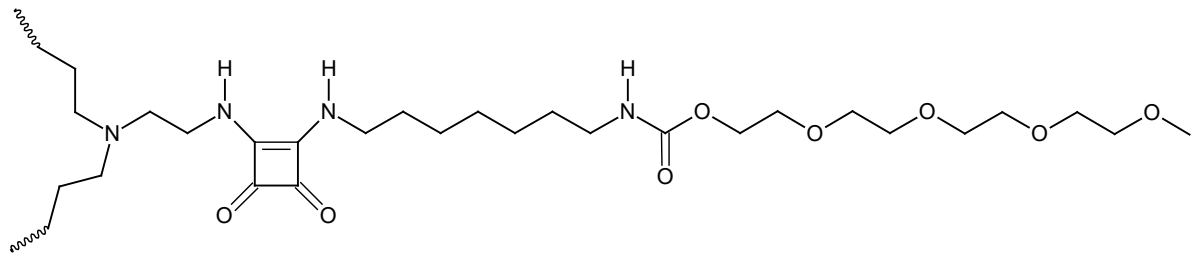
De onderzoekers weten al dat de lengte van de koolstofstaarten in de R groep van de squaramiden heel nauw luistert. Zijn die te lang (bijvoorbeeld  $n = 12$ ), dan lossen de moleculen niet meer op; zijn ze te kort (bijvoorbeeld  $n = 6$ ), dan is het geheel te waterig en ontstaat er evenmin een gel.

- 13 Leg uit dat een te lange koolstofstaart in de R groep zorgt dat het molecuul niet meer oplost in water.  
14 Leg uit waardoor het geheel te waterig wordt als de koolstofstaart in de R groep te kort wordt.

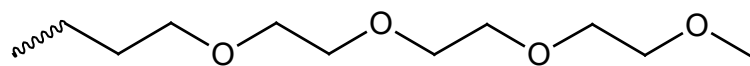
#### Toekomst

- 15 Wat is de volgende uitdaging voor Kieltyka en haar onderzoeksgroep?

Bijlage vraag 10

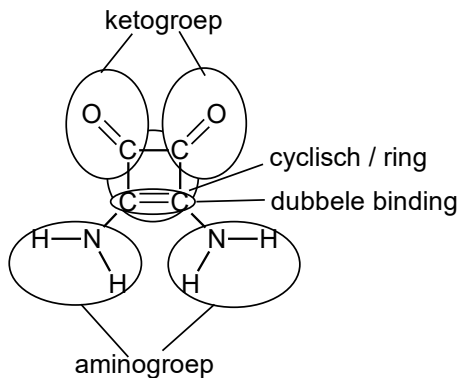


Bijlage vraag 12

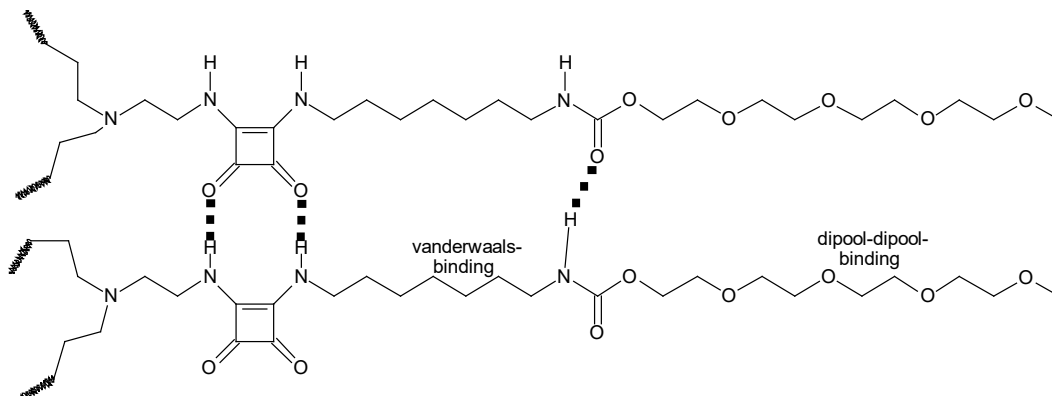


Mijn droom is een goede gel voor elke cel

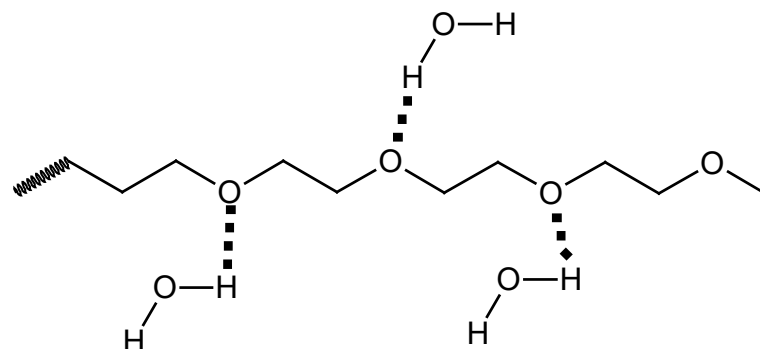
- 1 Stamcellen.
- 2 Dat de stamcellen er zich thuis voelen en dat er differentiatie kan plaats vinden.
- 3



- 4 Rond de C=O bindingen liggen de atomen in één vlak. Ook rond de dubbele binding liggen de atomen in één vlak. Rond het stikstofatoom (en het vrije elektronenpaar) liggen de atomen in een tetraëder.
- 5 Sterische/ruimtelijke hindering. De groepen zullen elkaar in de weg zitten.
- 6 Er kan dan tussen de twee "beentjes" waterstofbrugvorming optreden waardoor er minder bindingsmogelijkheden zijn voor naastliggende moleculen.
- 7 Door de trillingen kunnen de moleculen op de juiste manier naast elkaar komen liggen.
- 8 Tussen de apolaire koolwaterstof stukken: vanderwaalsbinding. Tussen de polaire polyether stukken dipool-dipoolbinding.
- 9 Waterstofbruggen tussen de C=O groepen en de NH-groepen.
- 10



- 11 De bindingen tussen de ketens in de gel zijn niet-covalent, die kunnen dus makkelijker los gaan en weer opnieuw gevormd worden.
- 12



- 13 Het hydrofobe deel van de staart is dan groot en overheerst het hydrofiele deel van de staart.

- 14 Relatief zijn er dan in de start erg veel plaatsen waar watermoleculen kunnen aanhechten.
- 15 De gel zo optimaliseren dat de cellen erin ook kunnen uitgroeien tot volwassen cellen.

**Artikel:** <https://www.nrc.nl/nieuws/2019/01/04/mijn-droom-is-een-goede-gel-voor-elke-cel-a3127956>

Zie ook: <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/stukjes-weefsel-kweken-is-nog-heel-lastig/>

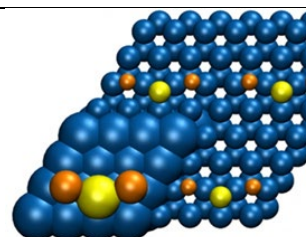
**Bron:** C. Tong e.a. (2018), Squaramide-Based Supramolecular Materials for Three-Dimensional Cell Culture of Human Induced Pluripotent Stem Cells and Their Derivatives, *Biomacromolecules*, 19(4), 1091-1099

## GEGARNEERD KOBALT VERMIJDT BROEIKASGAS

|                   |                                                                                      |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 5 hv                                                                                 |
| Subdomein         | Processen en reacties                                                                |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                           |
| Specificaties     | Organische reacties                                                                  |
| Trefwoorden       | Fischer-Tropschproces, katalysator, kobalt, nanodeeltje, monomeer, polymeer, carbide |
| Vaardigheidsvraag | Informatiebegripsvraag                                                               |

c2w.nl, 16 januari 2019

### Gegarneerd kobalt vermijdt broeikasgas



Garneer een kobaltkatalysator met natrium- en zwavelatomen, en hij zet aardgas om in bouwstenen voor kunststoffen zonder dat je koolstofdioxide krijgt als bijproduct. Dat maakt deze variant van het Fischer-Tropschproces een stuk aantrekkelijker, melden Krijn de Jong en zijn Utrechtse collega's in *Nature Communications*.

Bij dit inmiddels stekoude proces zet je koolwaterstoffen zoals olie, aardgas of biomassa eerst om in synthesegas, een mengsel van waterstof en koolstofmonoxide. Dat polymeriseer je tot andere koolwaterstoffen die beter geschikt zijn als vloeibare brandstof of chemische bouwsteen. IJzer en kobalt zijn hiervoor de vanouds meest gebruikte katalysatoren.

Het levert altijd een mengsel op van moleculen met een gemiddeld aantal koolstofatomen. Dat gemiddelde hangt af van de katalysator, de procescondities en de samenstelling van het synthesegas, die op zijn beurt wordt bepaald door de grondstoffen die de vergasser in gaan. Het exacte aantal C's per molecuul houdt zich aan de Anderson-Schulz-Flory-verdeling, in feite een vorm van kansberekening.

Wanneer je dus heel korte ketens wilt kweken als monomeren voor de kunststofindustrie, zoals etheen, propaan en butaan, zorgt die verdeling er voor dat je automatisch een hoeveelheid methaan krijgt als bijproduct. Dat is niet de bedoeling. Zeker niet nu methaan oftewel aardgas steeds vaker de stof is die je vergast; je hebt dan een hoop energie verbruikt om terug te komen op je uitgangspunt.

Door ijzer- of kobaltcarbides te gebruiken als katalysator, in plaats van de pure metalen, blijkt je de verdeling een eindje de gewenste kant op te kunnen buigen. Maar methaan heeft ook het probleem dat het synthesegas oplevert met relatief veel  $H_2$  en weinig  $CO$ . En de carbides blijken dan tevens de zogeheten water-gas-shiftreactie te katalyseren die een deel van het schaarse  $CO$  laat reageren met water, tot  $CO_2$  en nog meer  $H_2$ . Dat is ook niet de bedoeling.

In Utrecht heeft promovendus Jingxiu Xie (inmiddels postdoc bij BASF) nu proefondervindelijk bewezen dat je beide effecten tegelijk kunt tegengaan door wél puur metallisch kobalt te gebruiken, in de vorm van nanodeeltjes op mangaanoxide als drager. Daarbij moet je het kobaltoppervlak garneren met zowel natrium als zwavel. Je krijgt dan nog maar heel weinig methaan, en de  $CO_2$ -productie is verwaarloosbaar.

bron: Universiteit Utrecht

In het artikel wordt gesproken over het Fischer-Tropschproces waarin eerst bijvoorbeeld methaan met waterdamp omgezet wordt in synthegas: koolstofmono-oxide en waterstof.

1 Geef de reactievergelijking van deze omzetting.

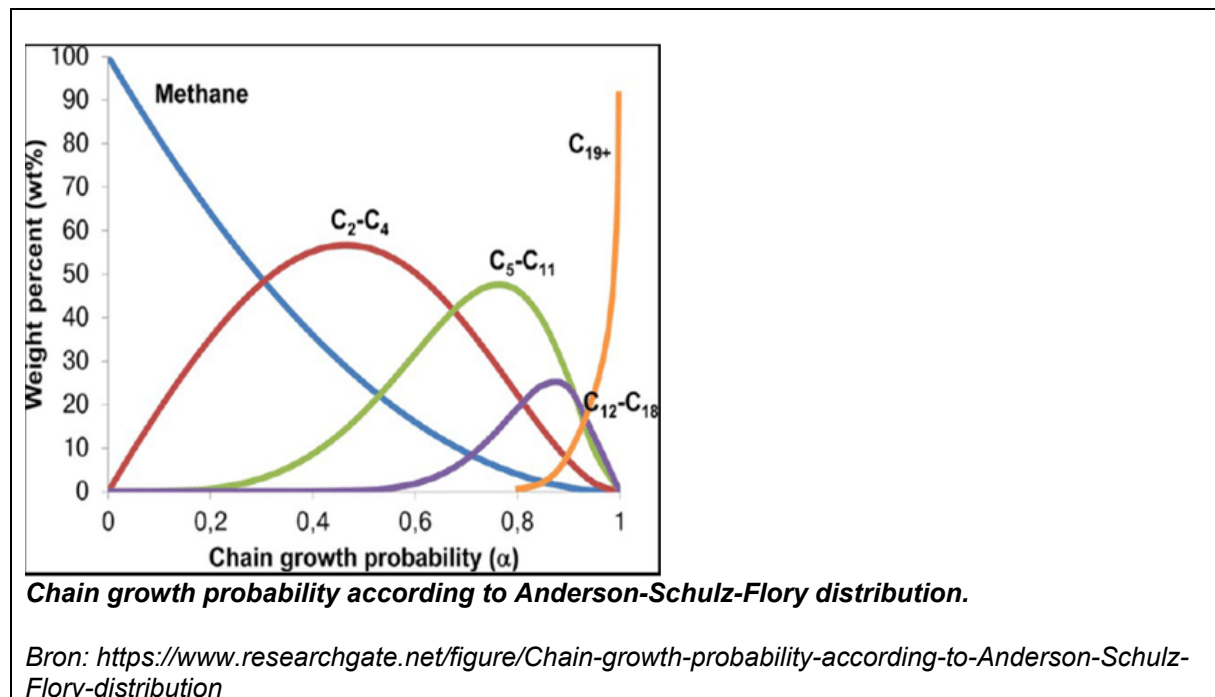
Het mengsel van CO en H<sub>2</sub> (synthegas) kan daarna omgezet worden in moleculen met een lange koolwaterstofketen. Stoffen met deze moleculen met lange koolwaterstofketens kunnen als dieselbrandstof worden gebruikt.

2 Geef de reactievergelijking waarbij synthegas omgezet wordt in bijvoorbeeld dodecaan, C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>.

Bij dit proces wordt gebruik gemaakt van katalysatoren.

3 Waarom gebruikt men katalysatoren?

De samenstelling van het mengsel van koolwaterstoffen dat ontstaat, houdt zich aan de Anderson-Schulz-Flory-verdeling.



Het artikel zegt dat je bij productie van korte koolwaterstofketens ook een aanzienlijke hoeveelheid methaan gevormd krijgt.

4 Leid dit af uit bovenstaande figuur.

5 Leg uit waarom men dit niet gewenst vindt.

“Korte ketens” die genoemd worden zijn etheen, propen en buteen.

6 Leg uit dat dit grondstoffen kunnen zijn voor de kunststoffenindustrie.

7 Geef de mogelijke isomeren met systematische naam van onvertakt buteen.

8 Teken een stuk uit het midden van de polypropenketen bestaande uit drie monomeereenheden.

Als in plaats van de zuivere metalen ijzer en kobalt als katalysator ijzer- en kobaltcarbides gebruikt worden, gaat de verdeling al een eind de goede kant op, zegt het artikel.

9 Wat wordt hier bedoeld met '*de goede kant*'?

Carbides zijn verbindingen van het  $C^{4-}$  ion met positieve metaalionen.

10 Geef de mogelijke formules met juiste naam van de carbides met ijzer(II)- en ijzer(III)ionen.

Het gebruik van methaan heeft als nadeel dat het bij het Fischer-Tropschproces relatief veel waterstof en weinig koolstofmono-oxide laat ontstaan.

11 Leg dit uit aan de hand van vergelijking van methaan en hexaan als grondstof voor het Fischer-Tropschproces.

Verder blijken metaalcarbides volgens het artikel de water-gas-shiftreactie te katalyseren.

12 Geef de reactievergelijking van de water-gas-shiftreactie.

13 Waarom is het optreden van die reactie nadelig voor het totale proces?

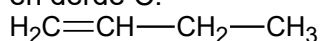
Onderzoeker Jingxiu Xie heeft een oplossing gevonden voor beide problemen. Hij gebruikte wel het metaal kobalt maar in de vorm van nanodeeltjes en op een drager van mangaanoxide. Hij "garneerde" het oppervlak met natrium en zwavel.

14 Wat versta je onder nanodeeltjes?

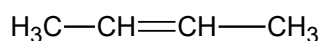
15 Wat was het resultaat van de aanpak van Jingxiu Xie?

*Gegarneerd kobalt vermijdt broeikasgas*

- 1  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$ .
- 2  $12 \text{CO} + 25 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{26} + 12 \text{H}_2\text{O}$ .
- 3 Katalysatoren laten de reactie onder mildere omstandigheden, dus goedkoper, verlopen en zorgen voor de vorming van de gewenste producten.
- 4 Korte C-ketens:  $\text{C}_2\text{-C}_4$ . Je kunt dan aflezen dat er dan ook aanzienlijke hoeveelheden methaan gevormd worden.
- 5 Je hebt juist methaan als grondstof gebruikt, niet om van methaan weer methaan te maken.
- 6 Alkenen kunnen door openspringen van de dubbele binding aan elkaar gekoppeld worden waarbij polymeren ontstaan.
- 7 Onvertakt buteen; dubbele binding tussen de eerste en de tweede C of tussen tweede en derde C:

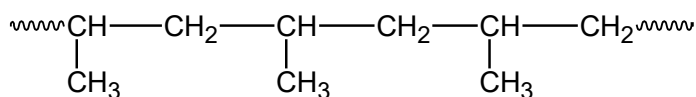
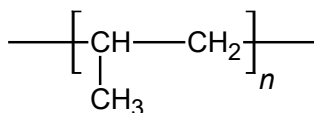


but-1-een



but-2-een

8



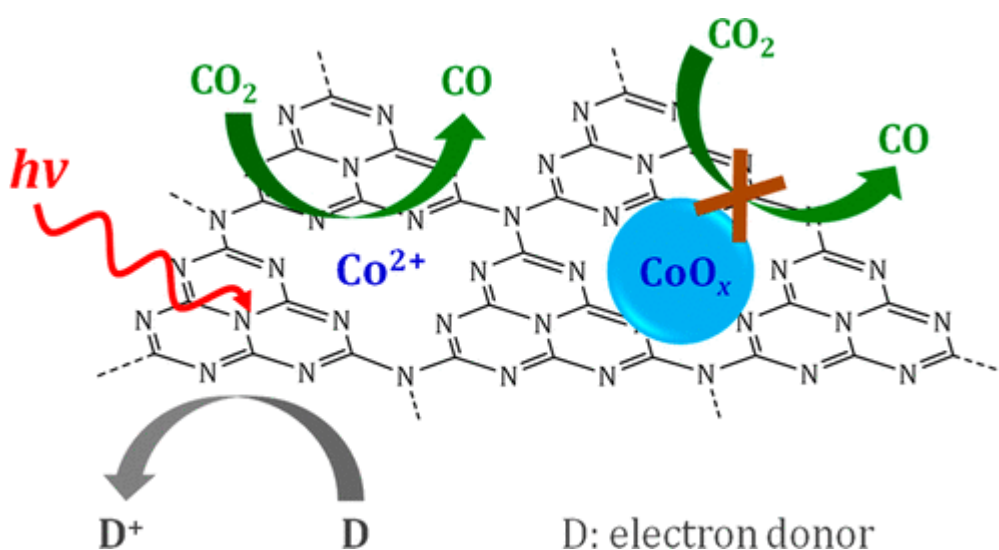
- 9 Dat er verhoudingsgewijs meer alkeen en dus minder methaan ontstaat.
- 10  $\text{Fe}_2\text{C}$ , ijzer(II)carbide, en  $\text{Fe}_4\text{C}_3$ , ijzer(III)carbide.
- 11 Methaan:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$ . Hexaan:  $\text{C}_6\text{H}_{14} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{CO} + 13 \text{H}_2$ .  
Verhouding bij methaan is  $\text{CO} : \text{H}_2 = 1 : 3 = 6 : 18$  en verhouding bij hexaan is  $\text{CO} : \text{H}_2 = 6 : 13$ .
- 12  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ .
- 13 Er ontstaat zo meer waterstof terwijl je juist minder waterstof wilt laten vormen en liefst geen  $\text{CO}_2$ .
- 14 Nano: orde van grootte van  $10^{-9}$  m.
- 15 Dat er nog maar heel weinig methaan werd gevormd en de productie van  $\text{CO}_2$  verwaarloosbaar was.

## KALE KOBALTKAT KNIPT KOOLSTOFDIOXIDE

|                   |                                                                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 5 v                                                                                             |
| Subdomein         | Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties                                   |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                                      |
| Specificaties     | VSEPR, Lewisstructuur; Redox                                                                    |
| Trefwoorden       | Verhoudingsformule, koolstofnitride, katalysator, halfreacties, kobaltion, CO <sub>2</sub> , CO |
| Vaardigheidsvraag | Informatiebegripsvraag                                                                          |

ww.c2w.nl, 6 december 2018

### Kale kobaltkat knipt koolstofdioxide



Met zonlicht en één los kobaltion als katalysator kun je CO<sub>2</sub> selectief omzetten in CO. Chemisch gezien kan het nauwelijks simpeler.

De truc is dat je je kobaltionen op een oppervlak van grafitisch koolstofnitride (C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) legt. De afbeelding laat zien hoe de ionen in de ‘gaten’ van die structuur komen te liggen en geheel door stikstof worden omringd.

Dat C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> is een halfgeleider die voldoende heeft aan fotonen uit zichtbaar licht om elektronen vrij te maken. Die kunnen dan via Co<sup>2+</sup> worden gepompt in CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer boven de katalysator, teneinde dat te reduceren. De inbedding van de kobaltionen voorkomt vermoedelijk dat ze daarbij massaal reageren tot kobaltoxide, wat ze permanent zou inactiveren.

Om de elektronenvoorraad aan te vullen is wel een passende donor nodig; bij de lab-opstelling is daar een tijdelijke voorziening voor bedacht.

bron: DoE/Brookhaven National Laboratory

Kan het eenvoudiger? Met zonlicht en één los kobaltion kun je CO<sub>2</sub> omzetten in CO. Het zonlicht maakt de benodigde elektronen vrij uit het oppervlak van de halfgeleider C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>.

- 1 Leg aan de hand van de structuurformule van  $C_3N_4$  uit dat er gemakkelijk elektronen vrijgemaakt kunnen worden.

De ruimtelijke structuur van  $C_3N_4$  is vrijwel vlak.

- 2 Leg uit waarom de ruimtelijke structuur van  $C_3N_4$  vrijwel vlak is.
- 3 Leg uit dat de formule  $C_3N_4$  een verhoudingsformule weergeeft.
- 4 Leg uit dat de getekende structuur de verhoudingsformule  $C_3N_4$  oplevert.

Een “vrijwel vlakke structuur” betekent dat de structuur niet overal vlak is.

- 5 Welk deel van de structuurformule van  $C_3N_4$  is niet vlak? Licht je antwoord toe.

De vrijwel vlakke structuur zorgt er voor dat de  $CO_2$ -moleculen het kobaltion goed kunnen naderen.

- 6 Licht toe waardoor de vrijwel vlakke structuur de nadering door  $CO_2$ -moleculen goed laat verlopen.

Voor de omzetting van  $CO_2$  zijn elektronen nodig. Deze elektronen worden via  $Co^{2+}$  doorgegeven aan  $CO_2$ .

- 7 Geef de vergelijkingen van de halfreacties die het kobaltion daarbij doorloopt.
- 8 Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van  $CO_2$  in  $CO$ .
- 9 Leg uit dat  $Co^{2+}$  als katalysator gezien kan worden.

Er moet wel een elektronendonor aanwezig zijn.

- 10 Geef de vergelijking van de halfreactie van de donor D weer.

De inbedding van het  $Co^{2+}$ -ion in holtes van  $(C_3N_4)_n$  voorkomt waarschijnlijk de vorming van kobaltoxide, dat in de tekening als  $CoO_x$  weergegeven wordt.

- 11 Leg aan de hand van Binas tabel 40A uit dat kobaltoxide niet de volledig juiste naam is.
- 12 Geef de mogelijke formules van kobaltoxide weer.
- 13 Leg uit waardoor de inbedding van  $Co^{2+}$  voorkomt dat er kobaltoxide ontstaat.

Het geheel kun je beschouwen als een elektrochemische cel.

- 14 Licht dit toe.

Een bijzondere titel kan uitnodigen tot lezen. De titel van het artikel is een mooi voorbeeld van een alliteratie.

- 15 Licht dit toe.

*Kale kobaltkat knipt koolstofdioxide*

- 1 De structuur bevat zesringen met drie dubbele bindingen. Uit deze dubbele bindingen kunnen vrij eenvoudig elektronen vrij gemaakt worden.
- 2 Bij alle koolstofatomen en bij vrijwel alle stikstofatomen heb je een drie-omringing, dus een vlakke structuur.
- 3 Er zijn in de getekende structuur van koolstofnitride veel meer C-atomen en N-atomen dan dat  $C_3N_4$  aangeeft.
- 4 Elke zesring heeft 3 N-atomen en 3 C-atomen. Verder zit er gemiddeld aan elke zesring ook nog 1 N-atoom extra. Dat levert de verhoudingsformule  $C_3N_4$  op.
- 5 De omringing bij de N-atomen met drie enkele bindingen is niet vlak; 3 bindende en 1 niet-bindend elektronenpaar levert een 4-omringing, dus tetraëder op.
- 6 Het  $CO_2$ -molecuul wordt bij nadering van het kobaltion niet gehinderd door uitstekende groepen.
- 7 Als eerste neemt het kobaltion elektronen op:  $Co^{2+} + 2 e^- \rightarrow Co$ . Daarna staat het kobaltatoom die twee elektronen weer af:  $Co \rightarrow Co^{2+} + 2 e^-$ .
- 8  $CO_2 + 2 e^- \rightarrow CO + O^{2-}$ .
- 9 Het kobaltion wordt wel gebruikt maar niet verbruikt terwijl het de reactie voldoende snel laat verlopen.
- 10  $D \rightarrow D^+ + e^-$ .
- 11 Het kobaltion kan twee ladingen hebben, nl  $2+$  of  $3+$ . Er moet dus een Romeins cijfer worden gebruikt: kobalt(II)ion.
- 12 Kobalt(II)oxide:  $CoO$ . Kobalt(III)oxide:  $Co_2O_3$ .
- 13 De ruimte in  $(C_3N_4)_n$  is wel groot genoeg om kobaltionen in te bedden maar niet groot genoeg om kobaltoxidedeeltjes in te bedden.
- 14 Bij een elektrochemische cel heb je een oxidator en een reductor die op afstand met elkaar reageren. Dat is hier ook het geval.
- 15 Alliteratie betekent dat de eerste klinkers of medeklinkers van twee of meer beklemdoende woorden hetzelfde zijn: Kale Kobaltkat Knipt Koolstofdioxide.

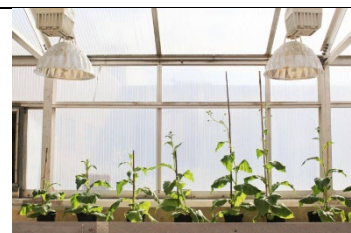
## HOE JE EEN EFFICIËNTERE PLANT BOUWT

|                   |                                                                                                                         |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klas              | 5,6 v                                                                                                                   |
| Subdomein         | Processen en reacties                                                                                                   |
| Vaardigheid       | Informatie                                                                                                              |
| Specificaties     | Organische reacties                                                                                                     |
| Trefwoorden       | Fotosynthese, Rubisco, C3-plant, enzym, fotorespiratie, 3-fosfoglyceraat, 2-fosfoglycolaat, DNA, genetische modificatie |
| Vaardigheidsvraag | Informatiebegripsvraag                                                                                                  |

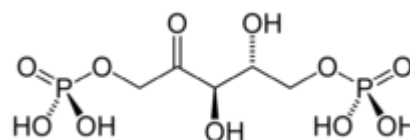
c2w.nl, 7 januari 2019

### Hoe je een efficiëntere plant bouwt

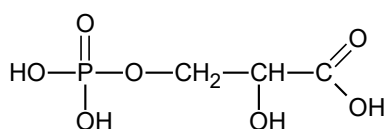
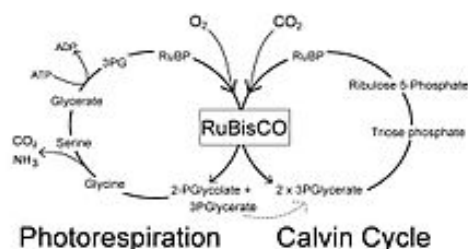
Met een aantal extra genen kun je een weeffoutje in de natuurlijke fotosynthese omzeilen zodat planten tientallen procenten meer biomassa gaan aanmaken. Het verhaal draait om het enzym ribulose-1,5-bisfosfaat carboxylase/oxygenase, afgekort Rubisco, dat bij zogeheten C3-planten CO<sub>2</sub> laat reageren met ribulose 1,5-bisfosfaat als eerste stap van de omzetting in suikers.



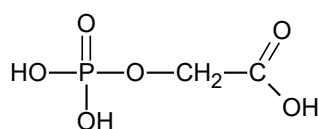
Een van de weeffoutjes in Rubisco is dat het niet erg selectief is. In plaats van CO<sub>2</sub> kan het ook O<sub>2</sub> invangen en dat met ribulose 1,5-bisfosfaat laten reageren. Omdat de O<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer vele malen hoger is, gaat het in de praktijk een op de vier of vijf keer mis.



In plaats van twee 3-fosfoglyceraatmoleculen (PGA) levert deze 'fotorespiratie' één PGA en één 2-fosfoglycolaat op. Dat laatste molecuul remt enkele andere processen binnen de fotosynthese. De plant kan het wel weer afbreken, maar daar gaat een substantieel deel aan op van de energie die de fotosynthese oplevert.



3-fosfoglyceraat



2-fosfoglycolaat

Voor natuurlijke groeiprocessen werkt Rubisco perfect en pogingen om het te verbeteren via genetische modificatie hebben tot nu toe heel weinig succes gehad. Paul South, Donald Ort en collega's van de University of Illinois besloten daarom om Rubisco ongemoeid te laten en in plaats daarvan een verbeterd metabolisme voor de recycling van 2-fosfoglycolaat in te bouwen in de chloroplasten. Als modelorganisme diende de tabaksplant, simpelweg omdat daar relatief gemakkelijk mee valt te werken.

Ze probeerden drie combinaties van genen uit, onder meer afkomstig uit *E.coli*, de zandraket en de pompoen, en met de beste daarvan knutselden ze verder. Uiteindelijk leverde het tabaksplanten op die 40 % meer biomassa aanmaken dan normaal.

bron: *Science, University of Illinois*

Het artikel gaat over de opbrengst aan biomassa/suikers bij het natuurlijke fotosyntheseproces.

1 Geef de reactievergelijking van het fotosyntheseproces.

Er wordt gesproken over 'een weeffoutje in de natuurlijke fotosynthese'.

2 Welk weeffoutje wordt bedoeld?

Het enzym met de afkorting Rubisco heeft als volledige naam ribulose-1,5-bisfosfaat carboxylase/oxygenase.

3 Bij welke twee reacties is het enzym werkzaam?

4 Leg uit waarom de kans groot is dat de reactie met zuurstof optreedt.

5 Wat is het nadeel als het enzym zuurstof laat reageren?

### Verschillende fotosynthesevormen

Planten die in de Calvinicyclus direct CO<sub>2</sub> onttrekken aan de lucht worden C3 planten genoemd. Zij worden C3 planten genoemd omdat het eerste organische molecuul drie koolstofatomen (3-fosfoglyceraat ook wel 3-PGA genoemd) bevat. Ongeveer 95% van de planten biomassa is afkomstig van C3 planten.

Een probleem voor C3 planten is dat zij hun huidmondjes sluiten tijdens droog en warm weer om zo waterverlies te reduceren. Deze omstandigheden zorgen ervoor dat zuurstof, geproduceerd tijdens de lichtreacties van de fotosynthese, ophoopt in de planten en zo fotorespiratie veroorzaakt.

Bron: <https://cma-science.nl>

Er wordt gesproken over C3-planten.

6 Verklaar de naam C3-plant.

Er wordt ook gesproken over fotorespiratie.

7 Verklaar de naam fotorespiratie.

De aanpak die men doorgevoerd heeft om de fotosynthese efficiënter uit te voeren was niet genetische modificatie maar een verbetering van de recycling van het ongewenste 2-fosfoglycolaat.

8 Wat versta je onder genetische modificatie?

9 Welk molecuul zal waarschijnlijk ontstaan bij de recycling? Licht je antwoord toe.

De structuurformules van 3-fosfoglyceraat en 2-fosfoglycolaat zijn niet helemaal juist weergegeven. De uitgang -aat duidt op de aanwezigheid van het zuurrestion.

10 Geef de structuurformules van beide zuurrestionen weer.

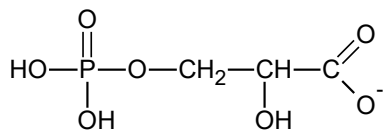
11 Leg uit wanneer de genoemde zuren als negatief ion voorkomen.

In 3-fosfoglyceraat en 2-fosfoglycolaat is de negatieve lading hoger dan de verwachte 1-.

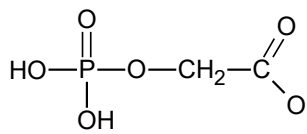
12 Licht dit toe.

*Hoe je een efficiëntere plant bouwt*

- 1  $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
- 2 Het proces is niet erg selectief: in plaats van koolstofdioxide kan het ook zuurstof invangen en laten reageren.
- 3 De omzetting van ribulose 1,5-bisfosfaat in twee PGA-moleculen (carboxylase) en de omzetting van ribulose 1,5-bisfosfaat in één PGA-molecuul en één 2-fosfoglycolaatmolecuul (oxylase).
- 4 De concentratie van zuurstof in de atmosfeer is veel hoger dan de concentratie van koolstofdioxide.
- 5 Er ontstaat dan 2-fosfoglycolaat dat enkele processen remt in de fotosynthese.
- 6 Het eerste organische molecuul dat gevormd wordt, bevat drie koolstofatomen.
- 7 Fotorespiratie omdat een deel van de energie die vrijkomt bij de fotosynthese gebruikt wordt om 2-fosfoglycolaat af te breken.
- 8 Het aanpassen van het DNA van een stof.
- 9 Recycling betekent dat het waarschijnlijk omgezet wordt in PGA.
- 10



3-fosfoglyceraat



2-fosfoglycolaat

- 11 Als negatief ion in basisch milieu.
- 12 De fosfaatgroep kun je beschouwen als een fosforzuur met zijketen. Ook fosforzuur zal dus als negatief ion voorkomen in basisch milieu.