

Effecten van totale laboratoriumautomatisering: consequenties voor organisatie en analist

P.C.M. BARTELS¹ en M. SCHOORL²

Laboratoriumautomatisering omvat de combinatie van analyzers in een ICT interface in combinatie met bepaalde pre-analytische en post-analytische activiteiten. De historische ontwikkeling van automatisering in de klinische chemie illustreert de wijze waarop technologie en innovatie op het terrein van analyse methoden en instrumentele technieken elkaar over en weer faciliteren (1).

In het begin van de 20e eeuw waren de analysemethoden gebaseerd op bewerkelijke technieken uit de gravimetrie, volumetrie of manometrie. De resultaten waren meestal semikwantitatief. De introductie van de fotocolorimeter ter vervanging van de manuele vergelijking van de kleurintensiteit met een standaardreeks was een mijlpaal in de ontwikkeling van meettechnieken. De vlamfotometer kwam in de plaats van de tijdrovende, onnauwkeurige gravimetrische methode voor de bepaling van natrium en kalium in serum.

Bij veel analyseprocedures was voorbereiding van het monster, meestal onteiwitting, een essentiële stap. Omzeilen van deze stap zou in enkele gevallen resulteren in ongewenste neveneffecten.

In de afgelopen 50 jaar heeft *total laboratory automation* (TLA) een fascinerende vlucht genomen. Met behulp van TLA is een efficiënte oplossing gerealiseerd voor de sterke stijging van de vraag naar analyses in combinatie met een aanzienlijke reductie van de doorlooptijd voor de afhandeling van een analyse-aanvraag.

TLA-systemen zijn beschikbaar voor klinische biochemie, hematologie, endocrinologie, serologie en urineonderzoek. De systemen zijn in staat om buizen te identificeren, te sorteren, te doppen of ontdoppen en te transporteren naar een centrifuge, monsterverdeling of gekoeld opslagstation. Laboratoriumanalyzers met computers voor besturing en TLA hebben geresulteerd in volautomatische productielijnen die bediend, beheerd en gecontroleerd worden door procesoperators en (bio)medische technologen.

Op basis van een beknopt overzicht (*helicopter view*) van de historische ontwikkeling van analysemethoden in combinatie met de artificiële intelligentie van *state of the art* technologie wordt de impact van TLA geëva-

lueerd op de ontwikkeling van een laboratoriumorganisatie, meer in het bijzonder op inzichten omtrent het management van processen alsmede de consequentie voor aanpak van sociale innovatie. In het kader van HRM wordt aandacht besteed aan consequenties ten aanzien van de functie ontwikkeling en de wenselijk geachte *update* van competentieprofielen van (bio) medische analisten.

Fasering van TLA

Laboratoriumautomatisering omvat de voortschrijdende ontwikkeling van een intelligent concept ten behoeve van besturing van een gecombineerd systeem van robots, computers, liquid handling en overige technologieën (2). De technologische ontwikkelingsfasen in de loop van de tijd kan in hoofdlijnen als volgt worden gerubriceerd:

1965-1970

Multichannel chemistry analyser. De *Autoanalyzer* was het eerste analyser concept dat was gebaseerd op het zogenaamde *continuous flow* principe waarbij verscheidene analysestappen werden uitgevoerd zonder menselijke interactie (3). Serummonsters en standaarden gaan, gesegmenteerd door luchtbellens, door de analysestroom. Tijdens de circulatie van het monster worden reagentia toegevoegd. Verscheidene fysische bewerkingen en chemische reacties kunnen successievelijk worden uitgevoerd. Verwijdering van eiwitten gebeurt met behulp van dialyse, dat een succesbepalende factor is voor automatisering met behulp van *continuous flow*. Na verwijdering van de luchtbellens wordt de kleurintensiteit analoog geregistreerd in de *detector flow cell* van het begin tot het eind in het betreffende segment. Tussen monstersegmenten met hoge en lage concentraties kan contaminatie optreden. Drift wordt o.a. veroorzaakt door temperatuurvariatie en verandering in het slangensysteem. Per analyse is een afzonderlijk reactie kanaal beschikbaar; een *multichannel analyser* impliceert een constructie met meerdere analysekanalen.

Besturing gebeurt met behulp van een computersysteem. *Multichannel analyzers* behoorden tot de categorie niet-selectieve *batch* analyzers. In de eindfase van het ontwikkeltraject werden 20 analyses simultaan uitgevoerd. De capaciteit van een dergelijk systeem bedroeg 150 monsters per uur. Het integrale assortiment analyses werd voor ieder monster gericht, selectief aanvragen behoorde niet tot de mogelijkheden. De *SMAC (Sequential Multiple Analyzer with Computer)* markeerde in 1974 een mijlpaal in de ontwikkeling van de Autoanalyzer productielijn.

Namens de Historische Commissie van de NVKC, lectoraat Kwaliteit en innovatie¹; Laboratorium voor Klinische Chemie, Hematologie & Immunologie, Medisch Centrum Alkmaar²

E-mail: p.bartels@mca.nl

In 1968 werd de zogenaamde *centrifugaal fast analyzer* geïntroduceerd. Het analyser concept resulteerde in de ontwikkeling van de CentrifChem (Union Carbide), *GEMSAEC* (Electro-Nucleonics) en *Aminco Rotochem* (American Instrument Company). Een belangrijke doelstelling van automatisering is om in een zo hoog mogelijk tempo zoveel mogelijk analyses correct uit te voeren. Een kortere analysetijd wordt gerealiseerd met behulp van katalyse door middel van enzymatische reacties en kinetische methoden. Toevoeging van *surfactants* maakt onteiwitten overbodig. Een bichromatische of polychromatische detectiemethode van het reactieverloop biedt de mogelijkheid voor een automatische correctie van een monsterblanco.

1970-1980

De introductie van LIS (*Laboratory Information System*) resulteerde in een verdergaande ontwikkeling van automatisering en rapportage van resultaten via computersystemen.

Patient oriented analyse systemen, zoals *DuPont ACA*, impliceerden een doorbraak voor de snelle verwerking van *cito* aanvragen.

De introductie van de *radioimmunoassay* methode was een mijlpaal. De analysemethode maakte het mogelijk om analyse componenten in *ultra* lage concentraties te bepalen.

1980-1997

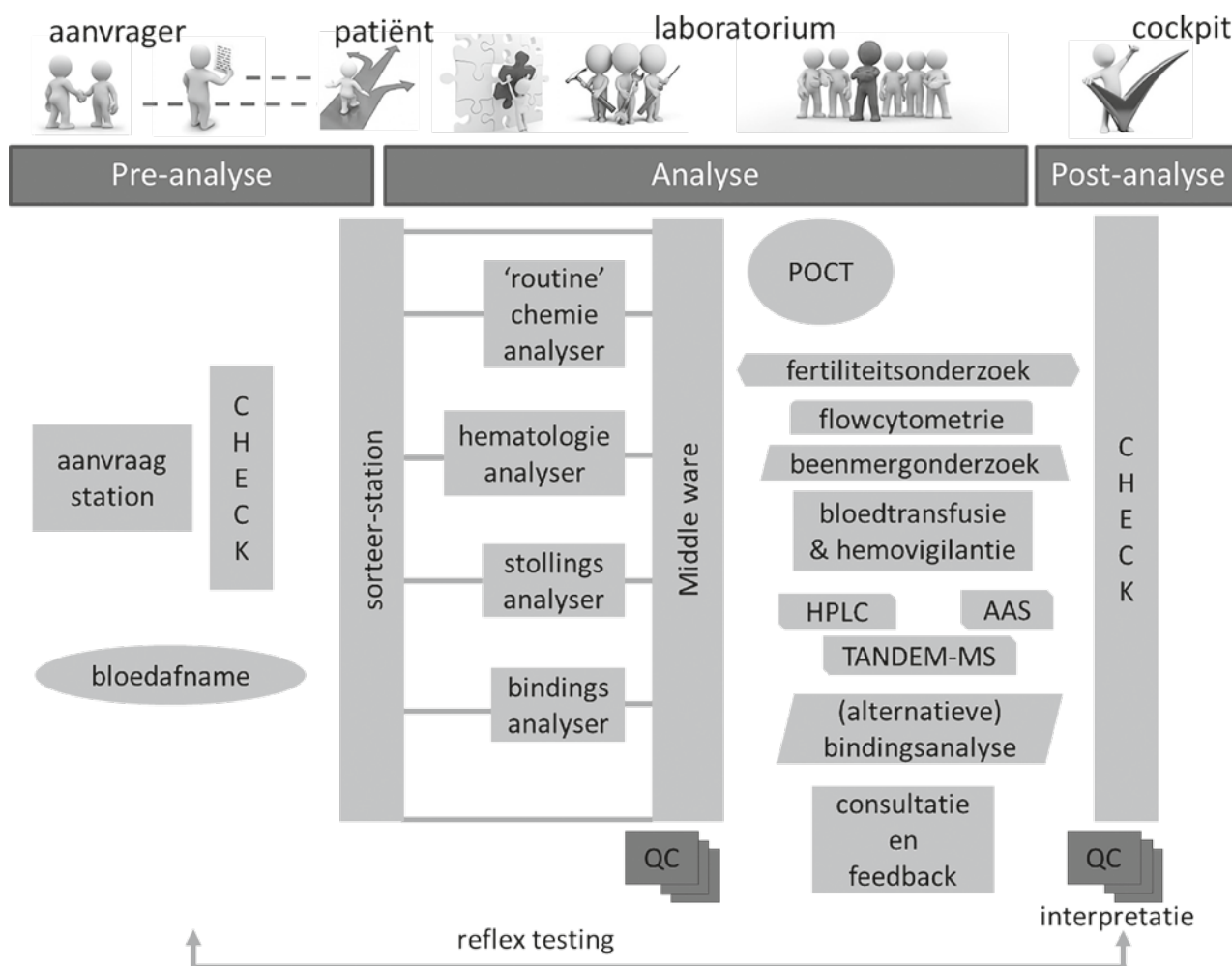
Aanvraagprofielen: reductie van “*multichannel*” analyseprofielen van 15 naar 8 parameters. In deze periode deden *random access analyzers* hun intrede.

1998-2008

Japane ziekenhuizen vormden de bakermat voor robotisering en de applicatie van *conveyor transport belt* systemen. Vanwege de kosten was installatie uitsluitend rendabel in grootschalige laboratoriumsettings. *Workflow mapping* (routine en interactie van monsterstromen, informatie en interactie) wordt beschouwd als een nuttige exercitie om *bottle necks* in de organisatie in kaart te brengen en de beoogde effecten van verschillende opties voor *re-engineering* van de *workflow* inzichtelijk te maken (4).

Informatietechnologie wordt beschouwd als een succesbepalende factor bij automatisering. Interfaces en communicatie tussen het laboratoriuminformatiesysteem, het automatiseringssysteem en de analyzers zijn nodig voor efficiënte besturing van processen (5).

Automatisering van de pre- en post-analytische fase impliceert nieuwe opties voor evaluatie van een analyse-aanvraag. 30% van de analyses vallen overigens buiten het TLA-concept.



Figuur 1. Globaal overzicht van een laboratoriumsetting voor totale laboratoriumautomatisering

2009 - heden

'Track'- en ICT *middleware* applicaties t.b.v. multi-locatie concepten. Specifieke apparatuur voor verschillende groepen routinebepalingen wordt vervangen door één netwerksysteem met connectie en interactie tussen verscheidene analyzers via een lopende band (*track*). (Figuur 1) Een laboratoriummedewerker plaatst de bloedbuizen *at random* in het systeem. De kleur van de dop en de barcode geven aan welke onderzoeken nodig zijn. De doorlooptijd wordt met ca. 20% gereduceerd. De tijdwinst impliceert een groot voordeel voor de patiënt en behandelaar, aangezien het behandelbeleid door de aanvragend arts snel kan worden ingezet. De IT configuraties in laboratoria tonen grote verschillen. Ongeveer de helft van de laboratoria beschikt over een *track* systeem. Men beschikt over *middleware* met specifieke functionaliteiten voor apparatuur en interactie met het LIS. *Middleware* verschaft functionaliteiten die aanvankelijk uitsluitend tot het LIS waren beperkt. Naast het LIS en *middleware* zijn er diverse separate applicaties, bijvoorbeeld voor kwaliteitsbewaking en POCT (6). Regionalisering resulteert in gecompliceerde monsterstromen met meer *tracks* en preanalytische werkstations.

POCT

Point of care testing (POCT) behoort tegenwoordig tot het snelst groeiende segment van laboratoriumtesten. Het thema POCT wordt in het historisch overzicht vermeld aangezien de ontwikkeling een trendbreuk impliceert in de voortschrijdende centralisering c.q. schaalvergroting van laboratoria in de afgelopen jaren (7). POCT omvat de uitvoering van een analytische test door een *professional* of een niet-medisch geschoold persoon in een omgeving anders dan een centraal (ziekenhuis)laboratorium. Het analyseresultaat is onmiddellijk beschikbaar ten behoeve van snelle diagnostiek en therapie interventie. Onder het POCT domein vallen niet-instrumentele analyses, zoals strip-testen, kleine '*hand-held*' apparatuur, zoals glucosemeters en *desk-top* apparatuur, die soms gebruikt wordt in kleinere laboratoria. Het assortiment testen dat beschikbaar is middels POCT is minder uitgebreid dan het analysepakket van een basis ziekenhuislaboratorium maar het benadert inmiddels de breedte van het assortiment testen dat een klein laboratorium aanbiedt. Met het verplaatsen van laboratoriumtesten naar locaties buiten de muren van het laboratorium ontstaan problemen met name op het gebied van de borging van kwaliteit. De gesignaleerde problemen hebben tot de aanbeveling geleid dat POCT testen uitsluitend uitgevoerd worden onder regie van een laboratorium. De analyseaanvragen voor diagnostiek en therapie vertonen een sterke stijging. In de klinische praktijk worden in toenemende mate richtlijnen geïmplementeerd voor medische behandeling. De behandelaar wenst op het juiste moment relevante informatie. Enkelvoudige patiënt gerelateerde gegevens worden geïntegreerd tot klinisch bruikbare informatie. Automatische facilitering door evaluatie en klinische interpretatie van analyseresultaten impliceert belangrijke dienstverlening aan de medisch specialist (8).

Management van processen

Laboratoria hebben een autonome positie op het terrein van IT beheer. Technisch applicatiebeheer, bijvoorbeeld installeren van nieuwe versies van software applicaties gebeurt in samenwerking met de leverancier. Voor functioneel applicatiebeheer is bijzondere expertise vereist. Voor kennis van laboratoriumprocessen wordt een analistenopleiding wenselijk geacht. Inrichting en vrijgifte van software applicaties vereist een informatica achtergrond. In laboratoria is innovatie aan de orde van de dag. Aanpassing van de organisatie aan gewijzigde omstandigheden en ontwikkeling van kennis en nieuwe inzichten zijn belangrijke thema's voor opleiding en *training on-the-job*.

Kwaliteit en innovatie

Technologische ontwikkelingen in combinatie met procesmanagement zijn drijfveren voor herinrichting van de organisatie en een systematische aanpak bij verbetering van de bedrijfsvoering. In laboratoria benut men veelal meerdere management modellen (ISO15189, INK, BSC, Lean 6 Sigma) als instrument voor verbetering en borging van kwaliteit. Verbetering van processen, competentie van medewerkers, periodieke controle van apparatuur en innovatie van methoden, richtlijnen voor registratie en documentatie, interne en externe audits, kwaliteitsborging op basis van toepassing van de PDCA-cyclus en applicatie van *evidence based* richtlijnen zijn belangrijke uitgangspunten voor de wijze waarop een laboratoriumorganisatie inhoud geeft aan het fenomeen 'kwaliteitsverbetering'. Toepassing van richtlijnen en de registratie van *updates*, het registreren van dienstverlenende activiteiten als bewijs van consequente naleving van productie-specificaties en het vastleggen van gegevens ten behoeve van de in- en externe rapportage zijn werkzaamheden die onderdeel vormen van het huidige takenpakket van analytische medewerkers. Validatie en vrijgifte van software applicaties op het specifieke terrein van automatisering, meer in het bijzonder ICT, vereist bijzondere expertise. Afstemming met de leverancier van apparatuur en software applicaties is van essentieel belang. Samenwerking c.q. afstemming met andere gebruikers is eveneens noodzakelijk, zodat men niet hetzelfde wiel op iedere locatie hoeft uit te vinden. De borging gaat gepaard met procedures voor de verwerking van een enorme hoeveelheid gegevens, die overigens slechts een beperkte waarde toevoegen aan stimulering van de effectiviteit van de keten van laboratoriumprocessen. Met toepassing van het zogenaamde *lean-werken* managementsysteem wordt de doelmatigheid vergroot (9).

Schaalvergroting

Random Access Analyzers en een toenemende verfijning van de ICT infrastructuur bieden mogelijkheden voor verdergaande samenwerking van verschillende laboratoriumdisciplines. Met het oog op kostenreductie vindt samenwerking reeds op grote schaal plaats. Zo is het niet ongebruikelijk dat bijvoorbeeld klinisch chemisch onderzoek, de analyse van bloedspiegels van pharmaca en virologie bepalingen op één

analysestation wordt uitgevoerd. De 2e-lijns autorisatie van analyseresultaten geschiedt door vakdeskundigen van meerdere disciplines (klinische chemie, apotheek, medische microbiologie).

Samenwerking van laboratoria kan resulteren in de vorming van een virtueel laboratorium. In het management model van een *virtueel* laboratorium concept worden uitslagen geproduceerd door een andere laboratoriumorganisatie, de resultaten worden gerapporteerd alsof zij afkomstig zijn van één laboratorium. Een belangrijke voorwaarde waaraan een virtueel laboratorium moet voldoen, is dat op alle locaties vergelijkbare resultaten geproduceerd worden die leiden tot een zelfde klinische interpretatie. Onderlinge kalibratie en afstelling van meetkanalen van apparatuur evenals formulering c.q. vaststelling van tolerantie criteria voor goedkeuring van de resultaten van kwaliteitscontrolemonsters en patiëntenmonsters zijn noodzakelijk. Dergelijke processen vereisen in toenemende mate kritische aandacht. Ontwikkelingen op het terrein van de compatibiliteit van apparatuur, *middle ware* applicaties en ziekenhuisinformatie-systemen zijn belangrijke randvoorwaarden.

Risicomanagement

Met behulp van automatisering wordt een gigantische tijdsparing gerealiseerd in combinatie met een aanzienlijke verbetering van kwaliteit vanwege de eliminatie van fouten ten gevolge van menselijke interacties (7).

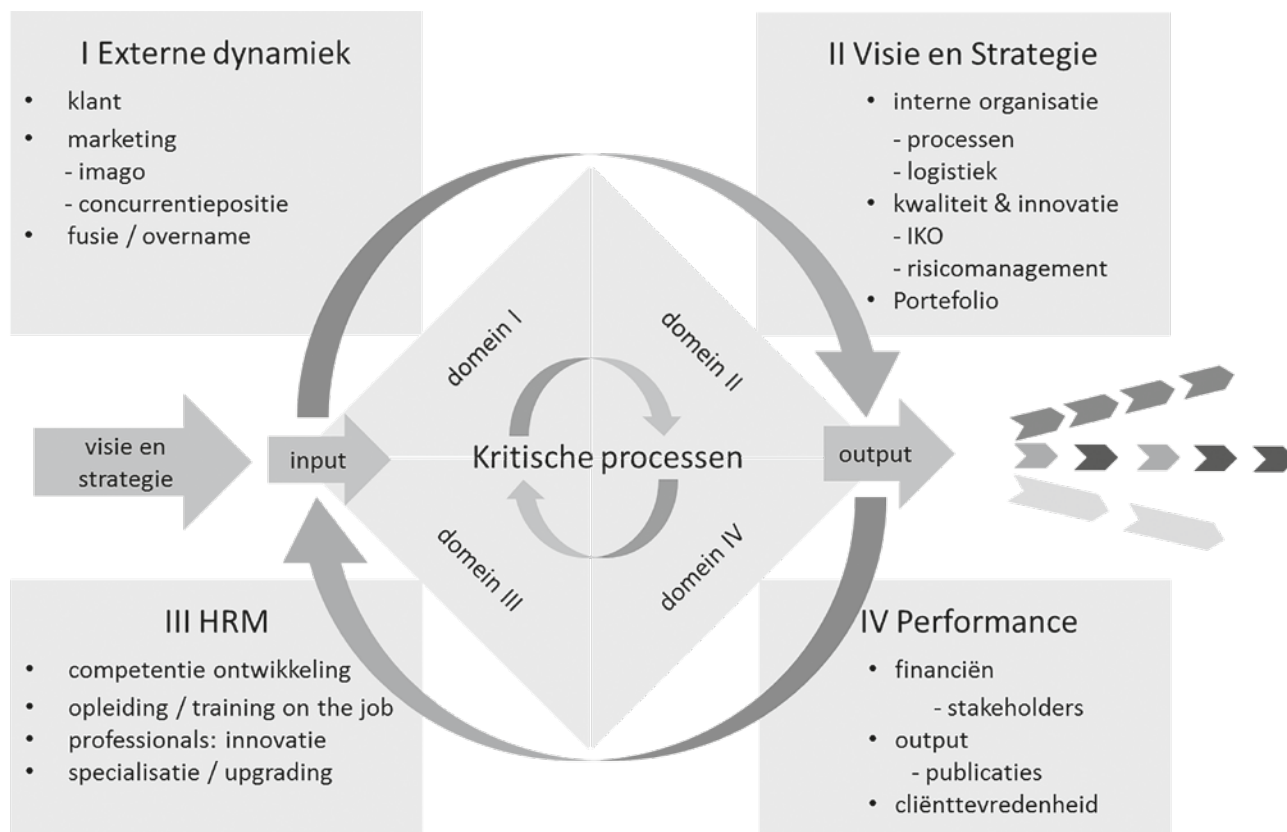
Voor kritische evaluatie en preventie van risico's kan gebruik worden gemaakt van een raamwerk, dat

geënt is op de principes van het *business process management model* (BPM) en het *enterprise risk model* (ERM). (10)(Figuur 2)

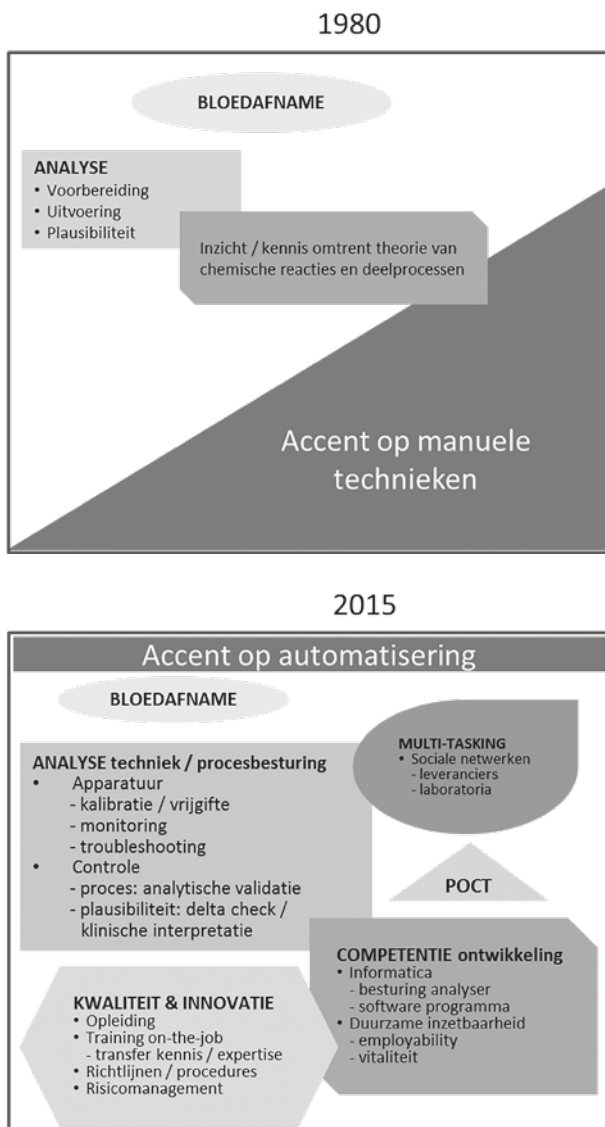
Door de jaren heen zijn laboratoria steeds meer afhankelijk geworden van ICT applicaties en automatiseringssystemen. Overschrijdingen van de doorlooptijden van analyses worden meestal bepaald door het niet 'in de lucht zijn' van laboratoriumapparatuur-gebonden software applicaties en koppelingssystemen voor verwerking van resultaten. Het laboratoriummanagement is proactief en brengt prospectief operationele en financiële risico's in kaart en treft vervolgens preventieve of repressieve maatregelen om de kans op uitval en vervolgschade te reduceren. Zo wordt bijvoorbeeld door preventief onderhoud, *cloud computing* en *cloud datastorage* de *downtime* van kritische apparatuur geminimaliseerd en wordt de beschikbaarheid van vitale analysers en ICT-systemen gewaarborgd. Bij uitval van ICT systemen is een noodprocedure van toepassing. Met een herstart termijn van drie uur dient men in de risicostratificatie rekening te houden.

Competenties

Inzicht in analysemethoden en *troubleshooting* van apparatuur en informatica vereist *specifieke* kennis bij analytische medewerkers op het gebied van biochemie, analytische chemie, immunologie, hematologie, fysische chemie, anorganische chemie en elektronica. Automatisering resulteert in een verminderde behoefte aan menskracht. De reductie van de personele capaciteit wordt in laboratoria ingezet om in de toenemende vraag naar complexe en snelle diagnostiek te voorzien.



Figuur 2. Raamwerk voor kritische evaluatie van proces- en risicomanagement.



Figuur 3. Ontwikkeling van activiteiten in het takenpakket van de medisch analist anno 1980 (boven) en 2015 (onder)

De toename in diversiteit van het assortiment laboratoriumtesten heeft als gevolg dat analisten innovatieve expertise niet meer over de volle breedte kunnen beheersen. (Figuur 3) Dientengevolge ontstaat in toenemende mate behoefte aan specialisatie.

Na automatisering van routine-analyses werden administratief georiënteerde computersystemen voor aanvraagverwerking in gebruik genomen. Analisten hebben te maken met een grote verscheidenheid aan systemen. De toenemende complexiteit en uitbreiding van het assortiment van IT applicaties stelt hoge eisen aan analisten en IT-beheerders. Men wordt in toenemende mate geconfronteerd met architectonische beslissingen, zoals keuzes voor configuratie (6).

De implementatie van laboratorium analyse- en computersystemen werd indertijd beschouwd als een negatief signaal dat het 'einde' van het beroep medisch analist aankondigt. Niets bleek echter minder waar: het beroep medisch analist kreeg nieuwe impulsen en het beroep werd ook voor mannen aantrekkelijk. Aanpassingen in het beroepsprofiel en het niveau van de

kernkwalificaties van de MBO- en HBO-opleidingen en het aanleren en verwerven van nieuwe competenties door training *on-the-job* hebben ertoe geleid dat analist en computer inmiddels als een hecht team in goede harmonie constructief samenwerken (Tabel 1).

Het eenvoudige laboratoriumwerk is geautomatiseerd. Voor interpretatie en klinische validatie van grote reeksen analysesresultaten is bij voorkeur een medewerker met expertise op HBO-niveau vereist.

Om tegemoet te komen aan de vraag van het beroepenveld inzake verandering van accenten in de opleiding tot biomedisch analist hebben opleidingsinstituten in samenwerking met het werkveld enige jaren gelede nieuwe beroepscompetentieprofielen ontwikkeld. De essenties en de kenmerkende onderdelen van het beroep biomedisch analist zijn getypeerd met behulp van een inventarisatie van kerntaken en kwalificaties. (Tabel 1) Zo behoren bij de functie analist klinische chemie de kerntaken: bereidt analyses voor, voert basisanalyses uit, beoordeelt meetwaarden en rapporteert, onderhoudt werkomgeving en apparatuur, ondersteunt methoden ontwikkeling, neemt bloed af en neemt patiëntenmateriaal in ontvangst en voert specifieke hematologische, immunologische en chemische analyses uit. Het kwalificatieprofiel bevat naast competenties met bijbehorende kennisniveaus voor een beginnend beroepsbeoefenaar, ook competenties gericht op kennisverdieping, kennisverbreding, mentaliteit en attitude voor een analist met enige jaren werkervaring.

Vaardigheden

Analytisch inzicht, overzicht en vermogen om diverse werkzaamheden te organiseren, oplettendheid en affiniteit om met mensen om te gaan zijn belangrijke pijlers voor de analist bij de uitoefening van zijn taken. De snelle ontwikkelingen op het gebied van informatica, robotisering en schaalverandering zijn illustratief voor de innovatieve wijze waarop de klinische chemie in de volle breedte wordt uitgeoefend. Flexibiliteit en bereidheid tot veranderen is een vereiste. Bij de uitvoering van routineonderzoek komt het accent steeds meer te liggen op 'proces-besturing'. De besturing van analyse apparatuur gebeurt met behulp van *dedicated* computersystemen. In het activiteitenprofiel van de analist is een duidelijke shift waarneembaar: van analist naar *key-operator* en *lab-practitioner*. Een procesoperator is verantwoordelijk voor borging van het productieproces. Voor de voortgang en de bewaking van het analyseproces zijn uitgebreide voorschriften en regels voor kwaliteitsborging beschikbaar. Storingen en onvolkomenheden in het proces worden gesignaleerd. Om storingen te kunnen verhelpen dient de procesoperator te beschikken over expertise op het terrein van *trouble shooting* en een brede basiskennis. Om 'zorg op maat' te verlenen is een cliëntgerichte benadering jegens de aanvrager en de patiënt noodzakelijk. POCT applicaties zoals beschikbaar voor glucose, antistollingstherapie en bloedgasen, worden dicht bij de patiënt toegepast of testen worden door de patiënt verricht. De laboratoriummedewerker vervult de rol van coach in de hoedanigheid van kwaliteit- en procesbewaker.

Tabel 1. Verschuivingen van competenties en het bijbehorend niveau van kernkwalificaties in het beroepsprofiel van een beginnend biomedisch analist in de periode 2000-2015. Opvallend is de obligate verandering in de competentie *ontwikkelen*.

Competentie	2000 - 2010	2015 - 2025
1. Ontwikkelen Kernkwalificaties: <ul style="list-style-type: none"> • Brede professionalisering • Multidisciplinaire integratie • Transfer en brede inzetbaarheid <ul style="list-style-type: none"> • Creativiteit en complexiteit in handelen 	Niet van toepassing	Niveau 2: <ul style="list-style-type: none"> • Oplossen • Analyseren
2. Beheren / coördineren Kernkwalificaties: <ul style="list-style-type: none"> • Brede professionalisering • Multidisciplinaire integratie • Transfer en brede inzetbaarheid <ul style="list-style-type: none"> • Methodisch en reflectief denken en handelen • Sociaal communicatieve bekwaamheid 	Niveau 1: <ul style="list-style-type: none"> • Uitvoeren • In opdracht van 	Niveau 2: <ul style="list-style-type: none"> • Oplossen • Analyseren
3. Instrueren / begeleiden / doceren / coachen Kernkwalificaties <ul style="list-style-type: none"> • Brede professionalisering • Multidisciplinaire integratie • Transfer en brede inzetbaarheid <ul style="list-style-type: none"> • Sociaal communicatieve bekwaamheid 	Niveau 1: <ul style="list-style-type: none"> • Uitvoeren • In opdracht van 	Niveau 2: <ul style="list-style-type: none"> • Oplossen • Analyseren

Innovatieve trends in de laboratoriumdiagnostiek en de informatica accentueren de behoefte van het werkveld aan stimulering van de vraag naar een opleidingsaanbod voor individuele ontplooiing. Flexibiliteit en de ontwikkeling van innovatief vermogen dienen te worden bevorderd door een passend aanbod van opleidingsfaciliteiten voor zelfevaluatie, oriëntatie inzake loopbaanperspectief en training van persoonlijke vaardigheden (11).

Kosten en baten

Er is slechts een beperkte hoeveelheid publicaties beschikbaar omtrent het thema reductie van kosten en kwaliteitsverbetering ten gevolge van een toenemende mate van automatisering van analyses (laboratoriumrobotisering) en administratieve gegevensverwerking met behulp van informatica (7, 12). Toename van het productievolume in combinatie met verhoging van efficiency resulteert in aanzienlijke besparingen. In de periode 2000 - 2015 is de productie per analytisch medewerker per fte verdubbeld (*eigen waarneming*). Analisten leveren in steeds kortere tijd resultaten van een uniforme analytische kwaliteit als gevolg van implementatie van software applicaties en automatisering van handmatige stappen en administratieve werkprocessen (Figuur 1). De hoeveelheid formulieren in het laboratorium en in de archieven is sterk gereduceerd met als voordeel een aanzienlijke verbetering in de herleidbaarheid en archivering van gegevens.

Conclusies en aanbevelingen

Voor professionals in het laboratorium betreft de innovatie van geautomatiseerde analyse-apparatuur een niet te stuiten progressie van de ontwikkeling van

applicaties op het terrein van *off-the-shelf* technologie. De actuele uitdaging voor innovatie op het terrein van automatisering impliceert naar onze mening de ontwikkeling van nieuwe strategieën voor voorlichting aan patiënten, faciliteiten voor screening, diagnostiek, follow up van therapie en preventie. De benodigde applicaties voor dataverwerking betreffen zowel individuele patiënten als meta-analyse van resultaten voor verschillende categorieën patiënten.

Bij applicatie van de ISO15189 richtlijn is management van risico's een belangrijk aandachtspunt; dit geldt met name voor ICT-applicaties. Overzicht van verschillende activiteiten in een keten en inzicht in de onderlinge samenhang van afzonderlijke processen in een keten en monitoring van de kwaliteit van prestaties is noodzakelijk voor de borging van kwaliteit, inzicht in de kritische stappen en een systematische aanpak van innovatie- en verbeteractiviteiten (13, 14).

Laboratoriumautomatisering vervult een sleutelrol bij ondersteuning van processen, interpretatie van resultaten en borging van kwaliteit. Slim gebruik van automatisering bevordert de kwaliteit, levert tijdswinst op en resulteert in financiële besparingen. In de toekomst worden aanzienlijke vorderingen verwacht op het terrein van de logistiek van diagnostiek (maatwerk) en *disease management*. De samenstelling en interpretatie van analyse profielen en uitbreiding van faciliteiten ten behoeve van reflexdiagnostiek zijn actuele aandachtspunten. Neurale netwerken kunnen hierbij faciliteren. Verruiming van de expertise op het terrein van bio-informatica wordt aanbevolen om snelle voortgang te boeken. Het assortiment van opleiding en nascholing is adequaat en in staat om de ontwikkeling te faciliteren.

Literatuur

1. Bonini P. Automation in clinical chemistry: current successes and trends for the future. *Pure Appl Chem*. 1982; 54: 2017-2030.
2. Olsen K. The first 110 years of Laboratory automation. *J Lab Autom*. 2012; 20: 1-12.
3. Armbruster DA, Overcash R, Reves J. Clinical chemistry laboratory automation in the 21st century-Amat victoria curam (Victory loves careful preparation). *Clin Biochem Rev*. 2014; 35: 143-153.
4. Hawker CD. Laboratory automation: total and subtotal. *Clin Lab Med*. 2007; 27: 749-770.
5. Hawker CD, Schlank MR. Development of standards for laboratory automation. *Clin Chem*. 2000; 46: 746-750.
6. Davids R, Borgts R. Landschapsarchitectuur in lab-IT. *Ned Tijdschr Klin Chem Labgeneesk*. 2015; 40: 34-36.
7. Zaninotto M, Plebani M. The hospital central laboratory: automation, integration and clinical usefulness. *Clin Chem Lab Med*. 2010; 48: 911-917.
8. Van Berkel M, Wasylewicz A, Kreeftenberg HG, Boer A-K. GASTON, de elektronische ondersteuning voor zorgprofessionals. *Ned Tijdschr Klin Chem Labgeneesk*. 2015; 40: 26-29.
9. Schoorl M, Winkel M, Oomes J, Bartels PCM. Meerwaarde van 10-20 jaar CCKL-accreditatie. *Analyse*. 2012; 67: 311-313.
10. Oomes J, Bartels PCM. Interactie van proces- en risicomanagement resulteert in meerwaarde voor laboratoria. *Ned Tijdschr Klin Chem Labgeneesk*. 2014; 39: 39-42.
11. Bartels PCM, ten Boekel E, Schoorl M. Laboratoriumopleidingen in dynamisch perspectief. *Ned Tijdschr Klin Chem Labgeneesk*. 2012; 37: 188-191.
12. Sarkozi L, Simon E, Ramanathan L. The effects of TLA on the management of a clinical chemical laboratory. Retrospective analysis of 36 years. *Clin Chim Acta*. 2003; 329: 89-94.
13. Holland LL, Smith LJ, Blick KE. Total laboratory automation can help eliminate the laboratory as a factor in emergency department length of stay. *Am J Clin Pathol*. 2006; 125: 765-770.
14. Yang T, Wang TK, Li VC, Su CL. The optimization of total laboratory automation by simulation of a pull strategy. *J Med Syst*. 2015; 39: 162.