

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΗΣ
ΞΥΛΕΙΑΣ ΜΕ «ΜΗΔΕΝΙΚΗ» ΕΚΛΥΣΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΥΔΗΣ**

Ε. Αθανασιάδου, Ε. Μαρκεσίνη
CHIMAR HELLAS A.E., Σοφούλη 88, 55131 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έκλυση φορμαλδεΐδης από τα προϊόντα σύνθετης ξυλείας, όπως είναι οι μοριοσανίδες, ινοσανίδες, τα αντικολλητά (κοντραπλακέ), τα οποία χρησιμοποιούνται στην κατασκευή επίπλων και κτιρίων, αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εστίες αέριας ρύπανσης των εσωτερικών χώρων (κατοικιών, γραφείων και άλλων χώρων εργασίας). Η εκλυόμενη φορμαλδεΐδη προέρχεται όχι μόνο από τα συγκολλητικά συστήματα που εφαρμόζονται κατά τη διαδικασία παραγωγής προϊόντων ξυλοσανίδας, τα οποία βασίζονται σε πολυμερικές ρητίνες φορμαλδεΐδης, αλλά και από το ίδιο το ξύλο. Εξαιτίας των ερεθισμών που προκαλεί η φορμαλδεΐδη στον ανθρώπινο οργανισμό και της πιθανότητας εμφάνισης μορφών καρκίνου που συνδέονται με το αναπνευστικό σύστημα, τα επιτρεπτά όρια τόσο της εκπομπής φορμαλδεΐδης από σύνθετα προϊόντα ξύλου όσο και παρουσίας της στην ατμόσφαιρα εργασιακών και οικιακών χώρων μειώθηκαν δραστικά στις τελευταίες δύο δεκαετίες του 2^{ου} αιώνα.

Η πρόσφατη κατάταξη της φορμαλδεΐδης ανάμεσα στις αναγνωρισμένες καρκινογόνες ουσίες, αναμένεται να επιφέρει περαιτέρω μείωση των επιτρεπτών ορίων εκπομπής και έκθεσης και θα αποτελέσει ένα ακόμα σημείο πίεσης για τις βιομηχανίες ρητινών φορμαλδεΐδης σε σχέση με ανταγωνιστικά συστήματα συγκόλλησης. Σε ανταπόκριση της ανάγκης των καταναλωτών για ασφαλή προϊόντα και της απαίτησης να ικανοποιηθούν οι αντίστοιχες αυστηρές νομοθετικές ρυθμίσεις, η CHIMAR HELLAS AE, ανέπτυξε καινοτόμες τεχνολογίες συγκολλητικών ρητινών που επιτρέπουν την παραγωγή προϊόντων με «μηδενική» έκλυση φορμαλδεΐδης (έκλυση στα επίπεδα του φυσικού ξύλου) ενώ διατηρούν ικανοποιητική συγκολλητική δράση.

Η CHIMAR HELLAS αποτελεί παγκόσμιο πρωτοπόρο στην έρευνα, ανάπτυξη και διάθεση τεχνολογίας αιχμής για ρητινικά συστήματα και χημικά πρόσθετα που εφαρμόζονται στην παραγωγή σύνθετων ξυλοσανίδων, σεβόμενα την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η νέα γενιά ρητινών που επιτρέπουν «μηδενική» έκλυση φορμαλδεΐδης, είναι αποτέλεσμα πολυετών ερευνητικών μελετών και δοκιμασίας σε συνθήκες εργαστηριακής και βιομηχανικής κλίμακας.

Η παρούσα εργασία εκθέτει τα πλεονεκτήματα των προτεινόμενων ρητινικών συστημάτων ενώ παράλληλα γίνεται αναφορά στα ισχύοντα πρότυπα και τις νομοθετικές ρυθμίσεις που καθορίζουν τα όρια εκπομπών και έκθεσης σε φορμαλδεΐδη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα σύνθετα (συγκολλημένα) προϊόντα ξύλου με κύριους εκπροσώπους τις μοριοσανίδες (νοβοπάν), ινοσανίδες μέσης πυκνότητας (MDF), τα αντικολλητά (κοντραπλακέ), τις σανίδες με προσανατολισμένα ξυλοτεμαχίδια (OSB) κ.ά. αποτελούν βασικά υλικά κατασκευής επίπλων και άλλων ξύλινων κατασκευών εσωτερικού χώρου (π.χ. πατώματα). Επιπρόσθετα,

σε μερικές χώρες του εξωτερικού (ΗΠΑ, Καναδάς, Σκανδιναβικές χώρες) τα προϊόντα αυτά χρησιμοποιούνται και σε εξωτερικές χρήσεις (π.χ. στέγες, προκατασκευασμένα σπίτια).

Για την παραγωγή των προϊόντων σύνθετης ξυλείας χρησιμοποιούνται τεμάχια, λωρίδες, ίνες ή φύλλα ξύλου, τα οποία συγκολλούνται μεταξύ τους με θερμοσκληρυνόμενες ρητίνες που βασίζονται στη φορμαλδεΰδη (κυρίως αμινοπλάστες, δηλ. ρητίνες ουρίας-φορμαλδεΰδης ή μελαμίνης-ουρίας-φορμαλδεΰδης). Συγκεκριμένα, οι ρητίνες ουρίας-φορμαλδεΰδης συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα της υψηλής δραστηριότητας, βέλτιστης συμπεριφοράς κατά την παραγωγή των σανίδων και εξαιρετικά χαμηλού κόστους. Ωστόσο έχουν την τάση να υδρολύονται εύκολα, γι αυτό και δε συνιστώνται για προϊόντα εξωτερικής χρήσης, και αυτή τους η ιδιότητα σε συνδυασμό με την ύπαρξη ελεύθερης φορμαλδεΰδης που δεν έχει αντιδράσει, συντελούν στο πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΰδης τόσο κατά την παραγωγή των σανίδων, όσο και κατά τη διάρκεια χρησιμοποίησής τους ως τελικών προϊόντων. Η τελευταία περίπτωση έκλυσης διαρκεί μακρύ χρονικό διάστημα λόγω της συνεχιζόμενης υδρόλυσης της πολυμερισμένης ρητίνης. Άλλοι παράγοντες που συντελούν στην έκλυση φορμαλδεΰδης από τα προϊόντα σύνθετης ξυλείας αποτελούν οι συνθήκες παραγωγής τους, το είδος του ξύλου, καθώς και οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας στο χώρο όπου αυτά βρίσκονται.

Το πρόβλημα της εκπομπής φορμαλδεΰδης από σύνθετα προϊόντα ξύλου όσον αφορά στην ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων έγινε αισθητό γύρω στη δεκαετία του 1970 όταν λόγω της ενεργειακής κρίσης οι κατοικίες σφραγίσθηκαν και είχαν φτωχό εξαερισμό, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η συγκέντρωση των αέριων ρύπων. Τότε άρχισαν να αναπτύσσονται μέθοδοι για την επακριβή μέτρηση της εκπομπής φορμαλδεΰδης από ξυλοσανίδες και να θεσπίζονται αντίστοιχες νομοθεσίες με όρια εκπομπών. Οι βιομηχανίες ρητινών αντέδρασαν προσαρμόζοντας την παραγωγή τους σε προϊόντα που πρόσδιδαν χαμηλή έκλυση και είχαν σημαντικά διαφορετική σύνθεση σε σχέση με τους προκατόχους τους. Επίσης ανταγωνιστικά συγκολλητικά συστήματα προτάθηκαν όπως ρητίνες φαινόλης-φορμαλδεΰδης ή πολυμερείς ισοκυανικές ενώσεις.

ΦΟΡΜΑΛΔΕΨΔΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Η φορμαλδεΰδη είναι μια ουσία που συναντάται ευρέως στη φύση τόσο στον άνθρωπο όσο και στα φυτά. Χρησιμοποιείται επίσης στην παραγωγή άλλων χημικών προϊόντων και υλικών (π.χ. βαφές, υφάσματα, φάρμακα). Στις κατοικίες εκτός από τα έπιπλα που περιέχουν σύνθετα προϊόντα ξύλου, τη φορμαλδεΰδη εκλύουν βερνίκια, μονωτικά υλικά, ταπετσαρίες κ.ά. Τέλος η φορμαλδεΰδη περιέχεται στα αέρια καύσης ακόμα και στον καπνό του τσιγάρου.

Εξαιτίας της έντονης οσμής της, η φορμαλδεΰδη ανιχνεύεται εύκολα και η έκθεση σε υψηλή συγκέντρωση μπορεί να αποφευχθεί. Όταν η συγκέντρωσή της στον αέρα ξεπεράσει τα 0,1 ppm, εμφανίζεται αίσθηση καψίματος στα μάτια, στη μύτη και το λαιμό, δάκρυσμα, βήχας και πονοκέφαλος. Αυτές οι ενοχλήσεις εξαφανίζονται με έκθεση σε καθαρό αέρα. Σε μερικούς ανθρώπους μπορούν να εμφανισθούν και αλλεργικά συμπτώματα. Σημειώνεται ότι η φορμαλδεΰδη δεν συσσωρεύεται ούτε στο περιβάλλον ούτε στον ανθρώπινο οργανισμό, γιατί γρήγορα οξειδώνεται ή βιοδιασπάται.

Υποστηρίζεται ότι οι συνέπειες είναι πιο σοβαρές όταν υπάρχει μακρόχρονη έκθεση. Συγκεκριμένα, μελέτες που εμφανίσθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980, υποδείκνυαν την ύπαρξη καρκινογόνου δράσης σε τρωκτικά που εκτέθηκαν σε υψηλές συγκεντρώσεις φορμαλδεΰδης. Μέχρι πρόσφατα, η φορμαλδεΰδη κατατασσόταν στις ουσίες που «πιθανόν είναι καρκινογόνες για τον άνθρωπο» (κατηγορία 2Α, Διεθνές Ινστιτούτο Έρευνας για τον Καρκίνο, Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας). Τον Ιούνιο του 2004, επιστημονικές επιτροπές του ΔΙΕΚ αποφάσισαν την επαναταξινόμηση της φορμαλδεΰδης στις «αναγνωρισμένες καρκινογόνες ουσίες». Ωστόσο, οι μελέτες στις οποίες στηρίχθηκαν έδειχναν περιορισμένη

καρκινογόνο δράση και βασίζονταν σε δεδομένα έκθεσης των εργατών βιομηχανίας κατά τις δεκαετίες 1930-1970, όπου η τεχνολογία ήταν εντελώς διαφορετική. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η φορμαλδεΐδη ταξινομείται στην κατηγορία 3 - «περιορισμένη μαρτυρία για καρκινογόνο δράση». Στον Πίνακα 1 δίνονται τα ισχύοντα ανώτατα επιτρεπτά όρια έκθεσης σε φορμαλδεΐδη σε διάφορες χώρες, για τους χώρους κατοικίας και εργασίας. Όπως φαίνεται, σε κάθε χώρα ισχύουν διαφορετικά όρια ακόμα και μέσα στην ΕΕ.

Πίνακας 1. Ανώτατα επιτρεπτά όρια έκθεσης σε φορμαλδεΐδη στην κατοικία και εργασία ανά χώρα.

ΧΩΡΑ	ΚΑΤΟΙΚΙΑ	ΕΡΓΑΣΙΑ
	Φορμαλδεΐδη σε ppm	Φορμαλδεΐδη σε ppm
Δανία	0,12	0,3
Φιλανδία	0,12	0,3
Νορβηγία	0,10	0,5
Σουηδία	0,10	0,5
Αυστρία	0,10	0,3
Γερμανία	0,10	0,3
Ελβετία	0,10	0,5
Μ. Βρετανία	καμία ρύθμιση	2,0
Βέλγιο	καμία ρύθμιση	0,3
Ολλανδία	0,10	0,12
Γαλλία	καμία ρύθμιση	0,5
Ισπανία	καμία ρύθμιση	0,3
Ιταλία	0,30	καμία ρύθμιση
Ελλάδα	καμία ρύθμιση	2,0
Αυστραλία	0,10	1,0
Καναδάς	0,10	0,3-2,0
Η.Π.Α	0,10	0,75
ΠΟΥ	0,10	-

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΚΚΛΥΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ ΑΠΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μεθόδων και προτύπων για τη μέτρηση της φορμαλδεΐδης που εκλύεται από τα προϊόντα σύνθετης ξυλείας, πράγμα που δημιουργεί συχνά σύγχυση τόσο στους νομοθέτες όσο και στους καταναλωτές και το προσωπικό της βιομηχανίας. Γι αυτό είναι πολύ σημαντικό όταν αναφέρεται το επίπεδο της φορμαλδεΐδης ενός προϊόντος να παρατίθεται και η μέθοδος και οι συνθήκες μέτρησής του. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα όρια έκλυσης φορμαλδεΐδης για μορισανίδες ανά τον κόσμο.

Πίνακας 2. Ανώτατα επιτρεπτά όρια έκλυσης φορμαλδεΐδης από μορισανίδες ανά χώρα.

Χώρα	Πρότυπο	Μέθοδος	Κατηγορία	Τιμή
Ευρώπη	hEN 13986	Chamber prEN 7171-1 Perforator EN 120	E1	≤0,1ppm ≤8mg/100g
			E2	>0,1ppm >8 - ≤30mg/100g
Αυστραλία	AS/NZS 1859.1 & 2	Desiccator AS/NZS 4266.16 Perforator EN 120	E1	≤1,5mg/L ≤8mg/100g
			E2	>1,5 - ≤5,4mg/L >8 - ≤30mg/100g
Β. Αμερική	ANSI A208.1 & 2	Large chamber ASTM E1333		≤0,3ppm
Ιαπωνία	JIS A 5908, 5905	Desiccator JIS R 3503	F**	≤1,5mg/L
			F***/E0	≤0,5mg/L
			F****/SE0	≤0,3mg/L

Για τη μείωση της έκλυσης φορμαλδεΐδης από σύνθετες ξυλοσανίδες ακολουθήθηκαν δύο κυρίως στρατηγικές: α) συγκολλητικά συστήματα με μικρή περιεκτικότητα εκλύομενης φορμαλδεΐδης (αμινοπλάστες με χαμηλό μοριακό λόγο φορμαλδεΐδης/ουρίας ή φορμαλδεΐδης/αμινοομάδων, αμινοπλάστες σε συνδυασμό με δεσμευτικές ουσίες φορμαλδεΐδης, φαινοπλάστες ή πολυμερείς ισοκυανικές ενώσεις), β) περιορισμός της έκλυσης με μετέπειτα κατεργασία των σανίδων ή χρήση ειδικών επικαλύψεων (παρεμπόδιση της διαφυγής της φορμαλδεΐδης). Η μείωση του μοριακού λόγου της ρητίνης παρόλο που επιφέρει σημαντική μείωση της έκλυσης φορμαλδεΐδης, οδηγεί ταυτόχρονα και σε μειωμένη απόδοση συγκόλλησης. Η χρήση διαφορετικών τύπων ρητινών οδηγεί σε αύξηση του κόστους παραγωγής. Αμφισβητείται ακόμη κατά πόσο τα αντιπροτεινόμενα πολυμερή είναι ασφαλή για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Η CHIMAR, πρωτοπόρος στο χώρο της έρευνας και ανάπτυξης ρητινών και χημικών ουσιών που εφαρμόζονται στην παραγωγή σύνθετων ξυλοσανίδων, ακολουθώντας μια πορεία εργαστηριακών πειραμάτων και δοκιμών μεγάλης κλίμακας κατέληξε στις ακόλουθες προσεγγίσεις για την επίλυση του προβλήματος της φορμαλδεΐδης:

- Καινοτομικά συγκολλητικά συστήματα που αποτελούνται από ρητίνη μελαμίνης-ουρίας-φορμαλδεΐδης (υψηλής περιεκτικότητας σε μελαμίνη) σε συνδυασμό με ειδικό καταλύτη-πρόσθετο, η συνεργιστική δράση των οποίων οδηγεί στην επίτευξη των επιθυμητών ιδιοτήτων σανίδων (υψηλές μηχανικές ιδιότητες, αντοχή σε υγρασία και χαμηλή έκλυση φορμαλδεΐδης).
- Ρητίνες ουρίας-μελαμίνης-φορμαλδεΐδης (χαμηλής περιεκτικότητας σε μελαμίνη), οι οποίες παρασκευάζονται με ειδικό τρόπο έτσι ώστε να γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση της μελαμίνης για την παραγωγή σανίδων με εξαιρετικά χαμηλή έκλυση φορμαλδεΐδης (Super E0).
- Ρητίνες από φυσικά προϊόντα (π.χ. σόγια, τανίνη, άμυλο, λιγνίνη) που συνδυάζουν ταυτόχρονα τη χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών με την υψηλή απόδοση συγκόλλησης και μειωμένης έκλυσης φορμαλδεΐδης.

Τα παραπάνω προσφέρονται με μειωμένο κόστος προς όφελος των βιομηχανιών ρητινών, σανίδων και τελικών χρηστών-καταναλωτών. Στον Πίνακα 3 δίνονται οι ιδιότητες βιομηχανικών μοριοσανίδων που προέκυψαν από ρητινικό σύστημα της πρώτης παραπάνω κατηγορίας σε σύγκριση με εκείνες από συμβατικές ρητίνες. Η εκλύομενη φορμαλδεΐδη είναι στα επίπεδα του φυσικού ξύλου (<2mg/100g σανίδας).

Πίνακας 3. Βιομηχανική δοκιμή για την παραγωγή σανίδων με «μηδενική» έκλυση φορμαλδεΐδης.

Ιδιότητα	Σανίδες από συμβατική ρητίνη	Σανίδες με ρητίνη CHIMAR
Ποκνότητα, Kg/m ³	674	670
Αντοχή σε εφελκυσμό, N/mm ²	0,72	0,7
Αντοχή σε κάμψη, N/mm ²	20,2	20,3
24ωρη διόγκωση πάχους λόγω πρόσληψης υγρασίας, %	13,8	13,7
Φορμαλδεΐδη, mg/100g σανίδας	7,5	1,9

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Dunky M., Challenges with formaldehyde based adhesives, Proceedings Conference COST E34, Innovations in Wood Adhesives. HSB, Biel, Switzerland (2004), p. 115.
- [2] Athanassiadou, E., Formaldehyde free aminoplastic bonded composites, Proceedings 5th International Conference on Environmental Pollution, Aristotelian University, Thessaloniki, Greece (2000), p. 770.